

ENERGIE APÉRO LUZERN Veranstaltung 4 2021

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

Vergleich von Lüftungssystemen im Wohnungsbau

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

Alex Primas

Senior Wissenschaftlicher Mitarbeiter

T direkt +41 41 349 39 44

alex.primas@hslu.ch

Luzern, 21.06.2021

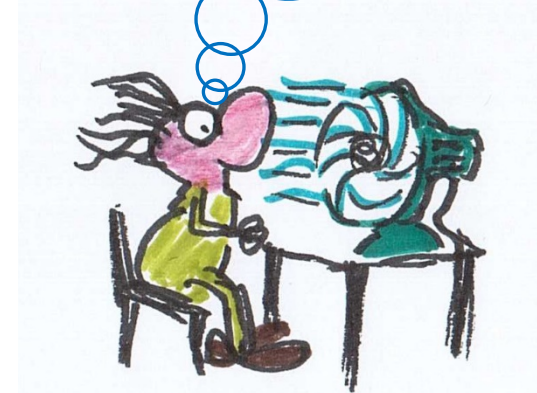
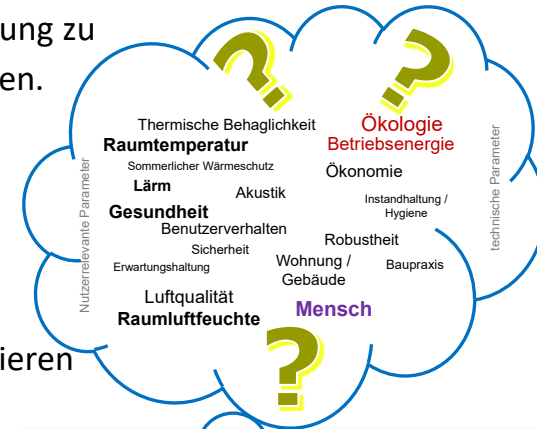
Inhalt des Referats

- Projekthintergrund
- Untersuchte Lüftungskonzepte
- Kriterien / Bewertungsparameter
- Kurze Vorstellung der Resultate und Planungshinweise je Lüftungskonzepte
- Zusammenfassende Bewertung über alle Lüftungskonzepte und Fazit.

Projekthintergrund

- Der Anspruch ein geeignetes Lüftungskonzept für einen Neubau oder eine Sanierung zu finden ist abhängig von diversen Einflussfaktoren, welche beachtet werden müssen.
- Ziel ist es, die **wesentliche Einflussfaktoren** für verschiedene Lüftungskonzepte aufzuzeigen, die in der Planung beim Neubau oder der Sanierung beachtet werden müssen, damit die gestellten Anforderungen erfüllt werden.
- Auch ist für zukünftige Planungen wichtig die wesentlichen Hebel (z.B. auch für Weiterentwicklungen) bzw. Stolpersteine zu kennen und wo möglich zu quantifizieren

Oft Bedarf es bei der Wahl des Lüftungskonzeptes eine Abwägung verschiedener, teilweise gegenläufiger Faktoren
(z.B. technische Faktoren versus Nutzerrelevante Faktoren).



Projektziele

- Vergleichende Bewertung von typischen Lüftungskonzepten für Wohngebäude bezüglich Betriebsenergie, Ökobilanz, Kosten sowie Behaglichkeitsparameter (thermisch, RLQ, Schall)
- Es werden 5 unterschiedliche Lüftungskonzepte analysiert. Neben der klassischen Komfortlüftung werden auch Konzepte mit Einzelraumgeräten oder Abluftanlagen mit ALD einbezogen. Zum Vergleich wird eine «SIA-konforme» Fensterlüftung mit Badabluft betrachtet.
- Die Lüftungskonzepte sollen, soweit dies möglich ist, eine vergleichbare Raumluftqualität aufweisen und eine normgerechte Feuchteabfuhr sicherstellen.
- Unterschiede in Parametern zu Luftqualität oder anderen Aspekten wie Schallschutz oder thermische Behaglichkeit werden berücksichtigt und qualitativ in die Bewertung einbezogen.
- Die grossen Hebel und wesentlichen Stolpersteine in der Planung und Realisierung sollen für zukünftige Planungen aufgezeigt werden können.

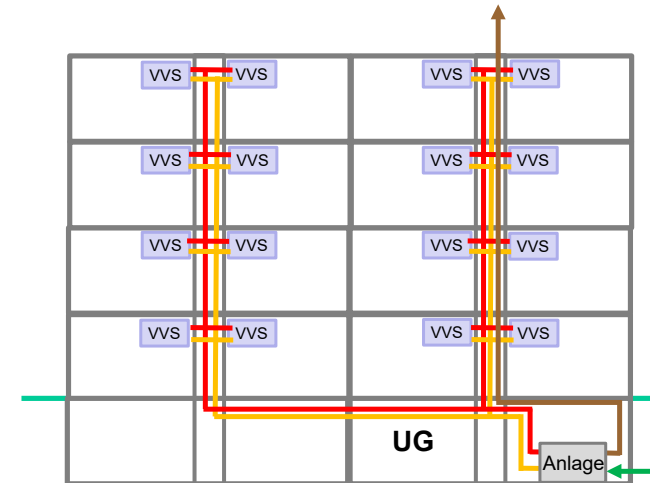
Untersuchte Lüftungskonzepte

Code	LK1	LK2	LK3	LK4	LK5
	<p>Schema (Basissystem)</p> <p>Grundriss (Basissystem)</p>	<p>Basissystem</p> <p>Systemvariante</p>	<p>Schema (Basissystem)</p> <p>Grundriss (Basissystem)</p>	<p>Schema (Basissystem)</p> <p>Grundriss (Basissystem)</p>	<p>Schema (Basissystem)</p> <p>Grundriss (Basissystem)</p>
Bezeichnung	Einfache Lüftungsanlage Mehrwohnungsanlage	Einfache Lüftungsanlage Einzelwohnungsanlage	Einzelraumlüftungsgerät kombiniert mit Abluftanlage für Nassräume	Abluftanlage mit Abluft-Wärmepumpe für WW Mehrwohnungsanlage	Fensterlüftung kombiniert mit Abluftanlage pro Nassraum
Verteilung	Kaskade	Kaskade	Einzelraum / Badabluft Kaskade	Kaskade	Badabluft als Kaskade
Steuerung / Regelung	Handschalter pro Wohnung mit 2 Stufen (über KWL-Box)	Handschalter mit 3 Stufen	Handschalter je Gerät, 3 Stufen Badabluft Ein/Aus (über Licht)	Dauerbetrieb	Manuelle Fensterlüftung Badabluft Ein/Aus (über Licht)
Küchenabluft	Umluft	Umluft	Umluft	Umluft	Abluft
Systemvarianten	Verbundlüftung / ohne Kaskade Standort Lüftungsgerät Varianten Luftverteilung	Verbundlüftung / ohne Kaskade Standort Lüftungsgerät Varianten Luftverteilung	Gerät mit Nebenanschluss (keine sep. Badabluft); Badabluft mit Dauerbetrieb	System mit Feuchteregelung AWN für WW und Heizung Anlage je Wohnung ohne AWN	Nutzungsvarianten der Fensterlüftung; Fensterlüftung mit Spaltlüfter

Festlegungen in der Studie

- Für alle Lüftungskonzept wird von einer technisch guter Auslegung und Ausführung der Anlage ausgegangen (Einsatz effizienter Geräte)
- Basisgebäude: Neubau mit sechzehn 3.5-Zimmer Wohnungen (je Wohnung 90m² Wohnfläche, 115 m² Energiebezugsfläche).
- Sensitivitätsanalyse: Mit Systemvarianten (Variation bezüglich dem Konzept der Leitungsführung, dem Gerätestandort, dem Konzept der Luftverteilung in der Wohnung sowie der Geräteeigenschaften) wird eine Bandbreite der quantitativen Werte bestimmt

Basisgebäude Mehrwohnungsanlage (LK1)



Einflussfaktoren / Kriterien	Hauptbewertungspunkt	Bewertungsart
Technische Parameter		
Betriebsenergie Strom	Strom für Anlage inkl. Enteisierung / KWL-Box etc.; [kWh/(m ² a)]	quantitativ
Betriebsenergie Wärme	Wärmeverluste (WRG, Verrohrung, Enteisierung); [kWh/(m ² a)]	quantitativ
Ökologie *)	Ökobilanz der Materialien; Wert als "Indikator"/(m ² a)	quantitativ
Ökonomie / Erstellung	Investitionskosten inkl. Anteile H, E, MSRL und baul. [CHF/m ²]	quantitativ
Ökonomie / Instandhaltung	Unterhaltskosten (Wartung, Reinigung, Filterw.) [CHF/(m ² a)]	quantitativ
Raumbedarf Schächte	Für Schächte inkl. Schachtwand [m ³ /m ²]	quantitativ
Raumbedarf, total **)	Für Geräte (Lüftungszentralen) und Schächte [m ³ /m ²]	quantitativ
Nutzerrelevante Parameter		
Akustik, Geräteschall	Anlagegeräusche	qualitativ / Anforderungen
Akustik, Schallschutz	Schalldämmung gegen Aussenlärm	qualitativ / Anforderungen
Raumluftqualität	Raumluftqualität ***), Geruchsübertragung zwischen Wohnungen	qualitativ / z.T. quantitativ
Raumluftfeuchte	Hohe / niedrige Raumluftfeuchte	qualitativ / z.T. quantitativ
Thermische Behaglichkeit	Raumluftgeschwindigkeit bzw. Zugluft, Zulufttemperatur ****)	qualitativ
Gesundheit ***)	Luftschadstoffe (Feinstaub, Pollen); Feuchtigkeitsprobleme	qualitativ / Anforderungen
Robustheit / Benutzerverhalten	Benutzerverhalten (offene Fenster / Türen), Wind, Wartung *****)	qualitativ (Einflüsse)

*) Untersuchte Indikatoren: Graue Energie, gesamte Primärenergie, Treibhausgasemissionen, Umweltbelastungspunkte (UBP 2013)

***) Raumbedarf für Geräte (nach SIA 382/1 bei zentralen Anlagen; in Wohnung inkl. Revisionszugang), kein Raumbedarf bei Dachaufstellung)

****) RAL-Klassen; Indikator CO₂; VOC, PM, starker Zusammenhang mit Punkt "Gesundheit" (in Bewertung Zusammengefasst)

*****) z.B. bei Fensterlüftung werden dafür zwingende Benutzereingriffe vorausgesetzt (mit entsprechender Wirkung)

*****) Abhängigkeit von Aussenbedingungen, Benutzereingriffen sowie sachgerechter, regelmässiger Wartung und Instandhaltung.

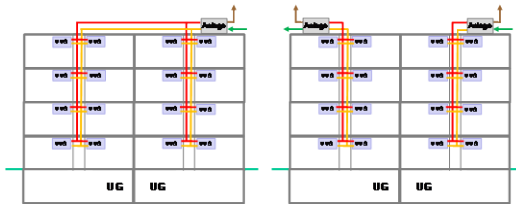
Komfortlüftungsanlage, Mehrwohnungsanlage (LK 1)

Untersuchte Fragen:

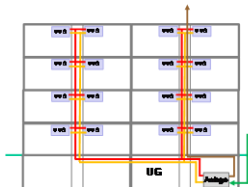
- Platzierung der Lüftungsgeräte
- Standort AUL Fassung
- Steuerung / Regelung
- WRG
- Verteilkonzept in Wohnung
- Materialisierung Luftverteilung in Wohnung

Platzierung der Lüftungsgeräte

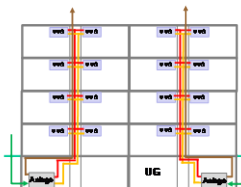
Variante 1



Variante 3

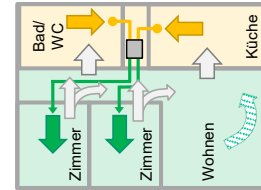


Variante 4

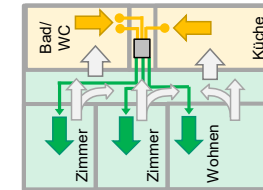


Verteilkonzept in Wohnung

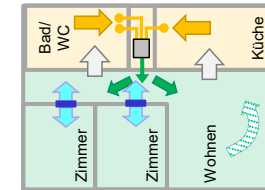
Variante 1:
Kaskade



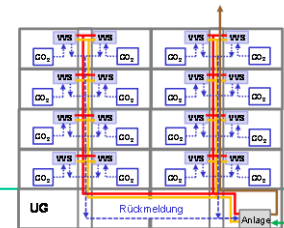
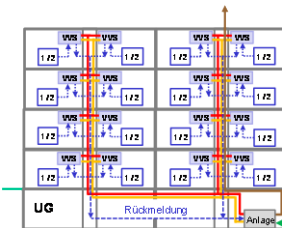
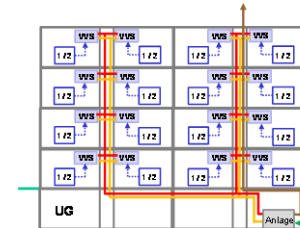
Variante 2:
ohne Kaskade



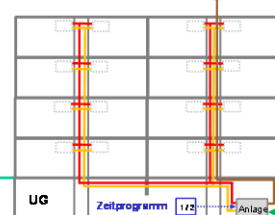
Variante 3:
aktive Überströmer



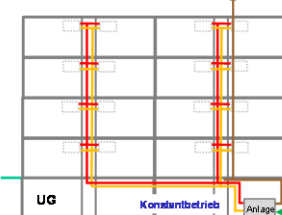
Steuerung / Regelung



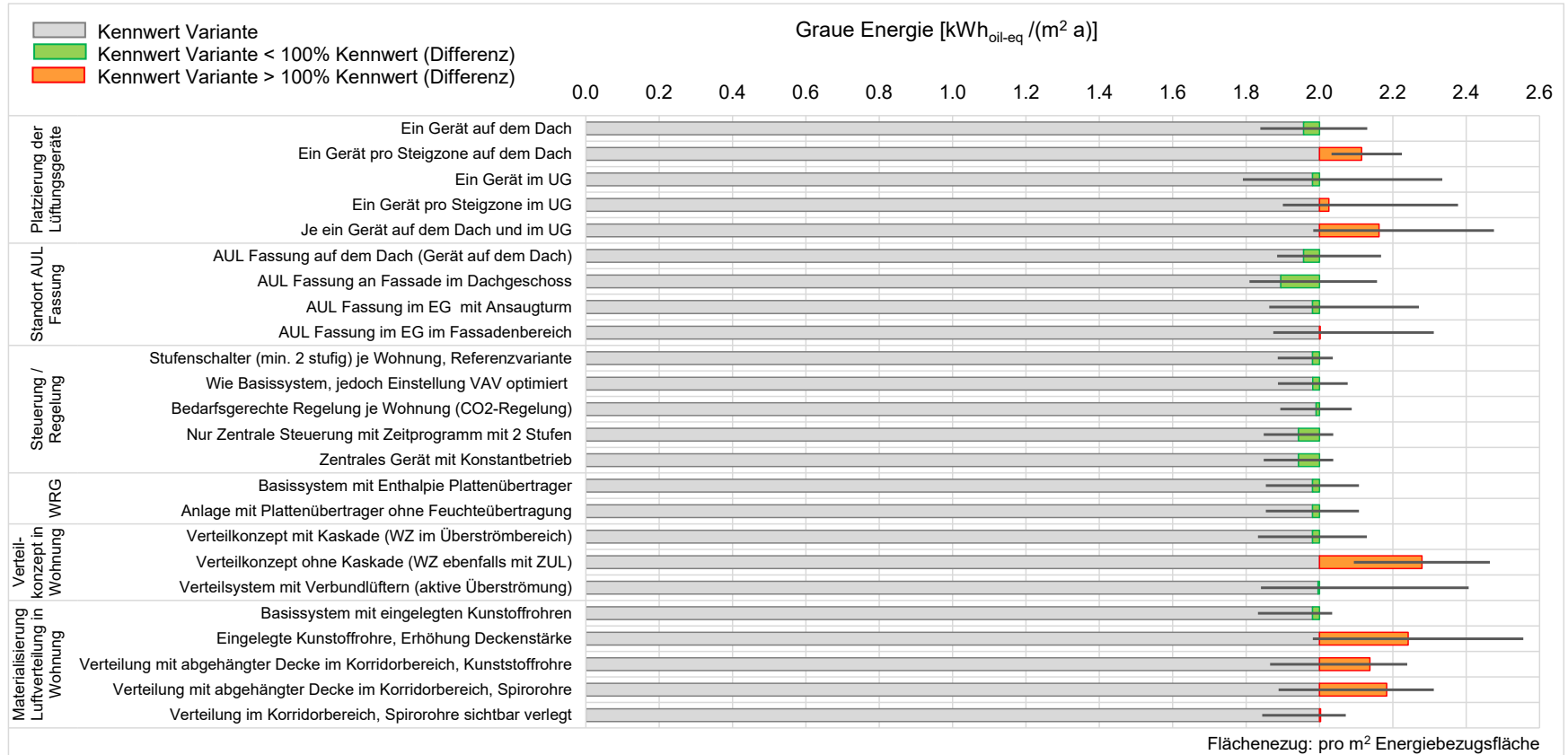
Variante 4



Variante 5

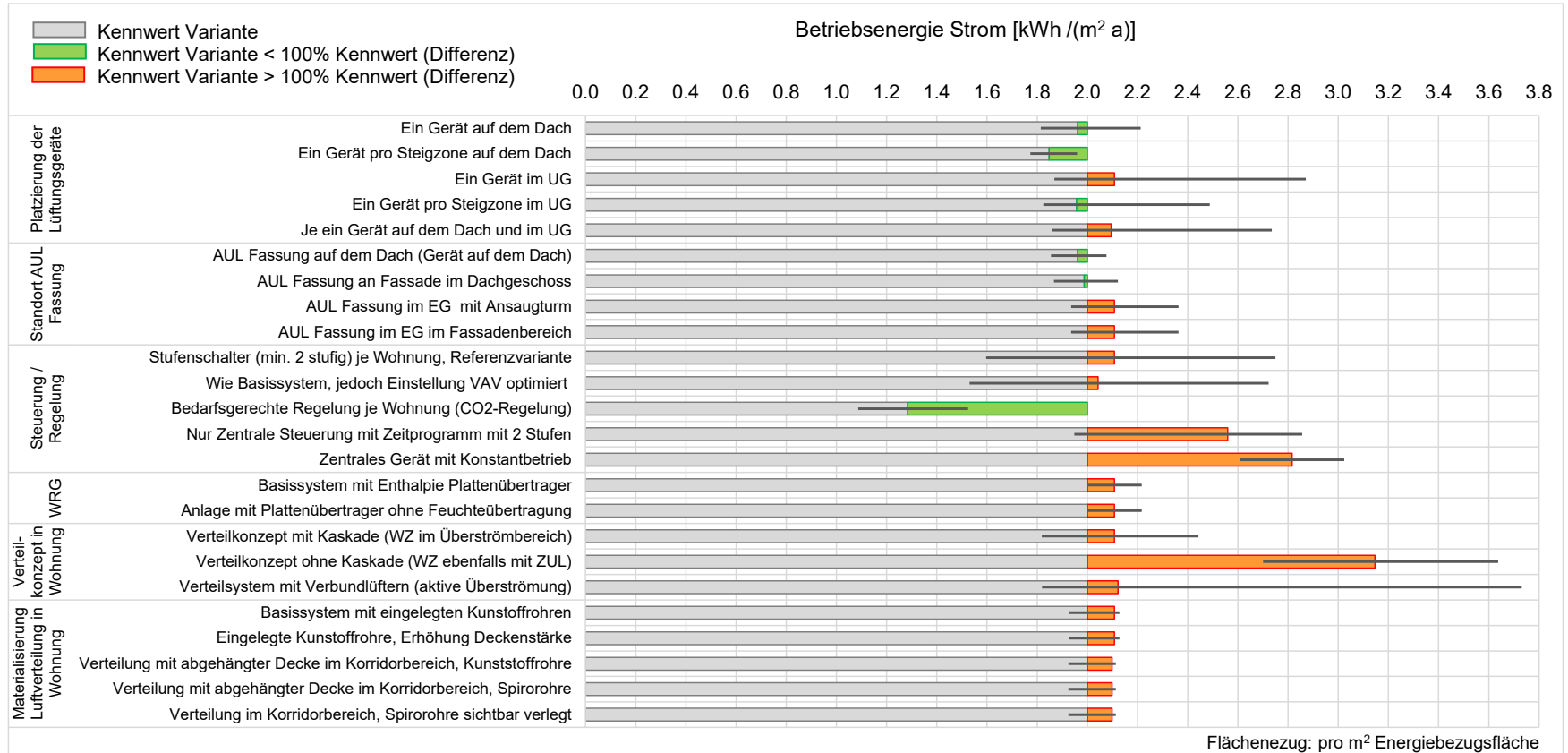


KWL, Mehrwohnungsanlage (LK 1), Resultat Graue Energie



Flächenzug: pro m² Energiebezugsfläche

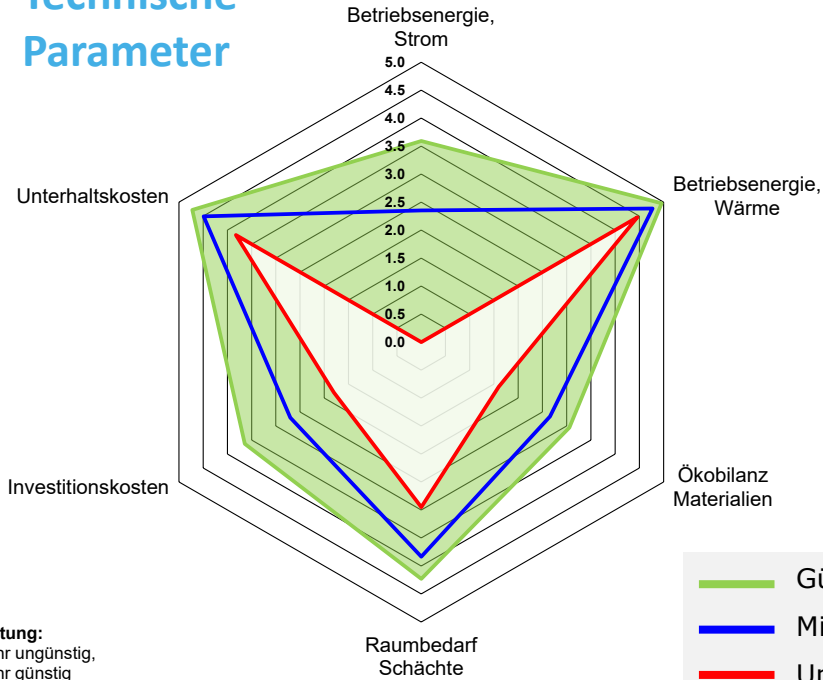
KWL, Mehrwohnungsanlage (LK 1), Resultat Betriebsenergie Strom



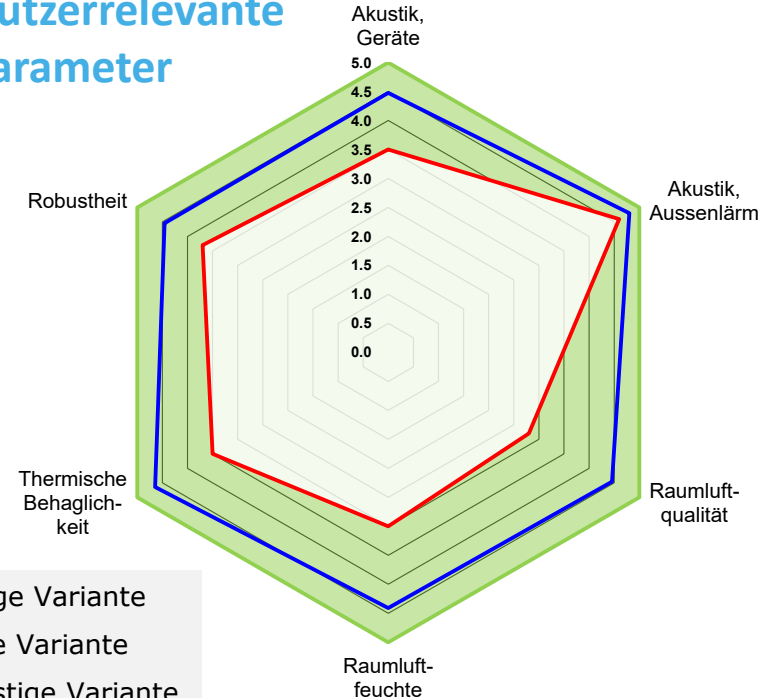
Flächenezug: pro m² Energiebezugsfläche

Bewertung Komfortlüftungsanlage, Mehrwohnungsanlage (LK 1)

Technische Parameter



Nutzerrelevante Parameter



Bewertung:
 0 = sehr ungünstig,
 5 = sehr günstig

Hinweis: In der Bewertung ist **0** die ungünstigste Bewertung und **5** die günstigste Bewertung einer Variante (über alle fünf 5 LK).

Komfortlüftungsanlage, Mehrwohnungsanlage (LK 1)

Ein gutes Anlagenkonzept für eine Mehrwohnungsanlage verfügt über folgende Eigenschaften:

- Konzept mit Kaskadenlüftung (Wohnzimmer im Durchströmbereich)
- Bedarfsgerechte Luftmengenregelung jeder Wohnung (CO₂-geregelt + Stufenschalter)
- Einsatz eines hocheffizienten Lüftungsgerätes mit Feuchterückgewinnung
- Verteilkonzept der Sammelleitungen mit minimierten Verteilleitungslängen mit möglichst rundem Querschnitt
- Verteilung innerhalb der Wohnung mit kurzen Wegen (Luftauslass bei Zimmertüren)

Luftverteilkonzept:

Wenn immer möglich soll ein Konzept mit Kaskadenlüftung umgesetzt werden.

- geringere Gesamtluftmenge und damit geringerer Betriebsenergiebedarf (Wärme und Strom),
- geringere Kosten und einen günstigen Einfluss auf Raumluftfeuchte im Winter bei vergleichbarer Luftqualität

Druckverluste:

Für eine hohe Effizienz beim Stromverbrauch ist neben der Bedarfsregelung der Anlage folgendes wichtig:

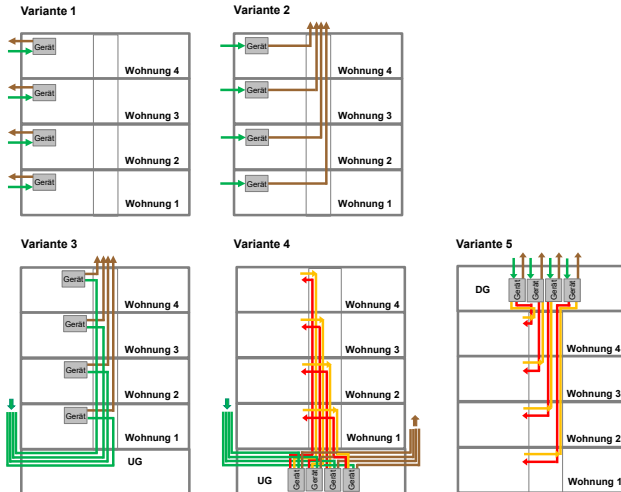
- Verteilung kurz, möglichst gerade und mit Rohren auszuführen.
- Sorgfältige Gerätewahl mit tiefen geräteinternen Druckverlusten.

Komfortlüftungsanlage, Einzelwohnungsanlage (LK 2)

Untersuchte Fragen:

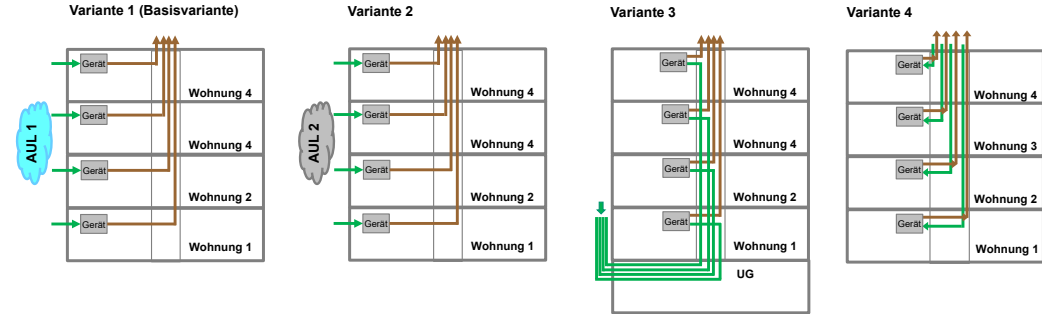
- Platzierung der Lüftungsgeräte
- Standort AUL Fassung
- Steuerung / Regelung
- WRG
- Verteilkonzept in Wohnung
- Materialisierung Luftverteilung in Wohnung

Platzierung der Lüftungsgeräte

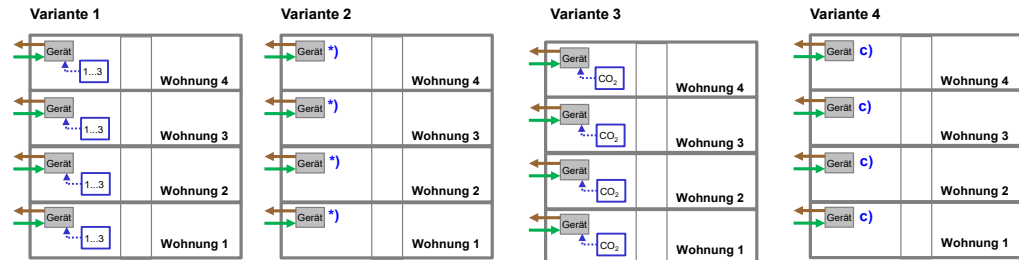


Folie 13, 14.06.2021

Standort AUL Fassung



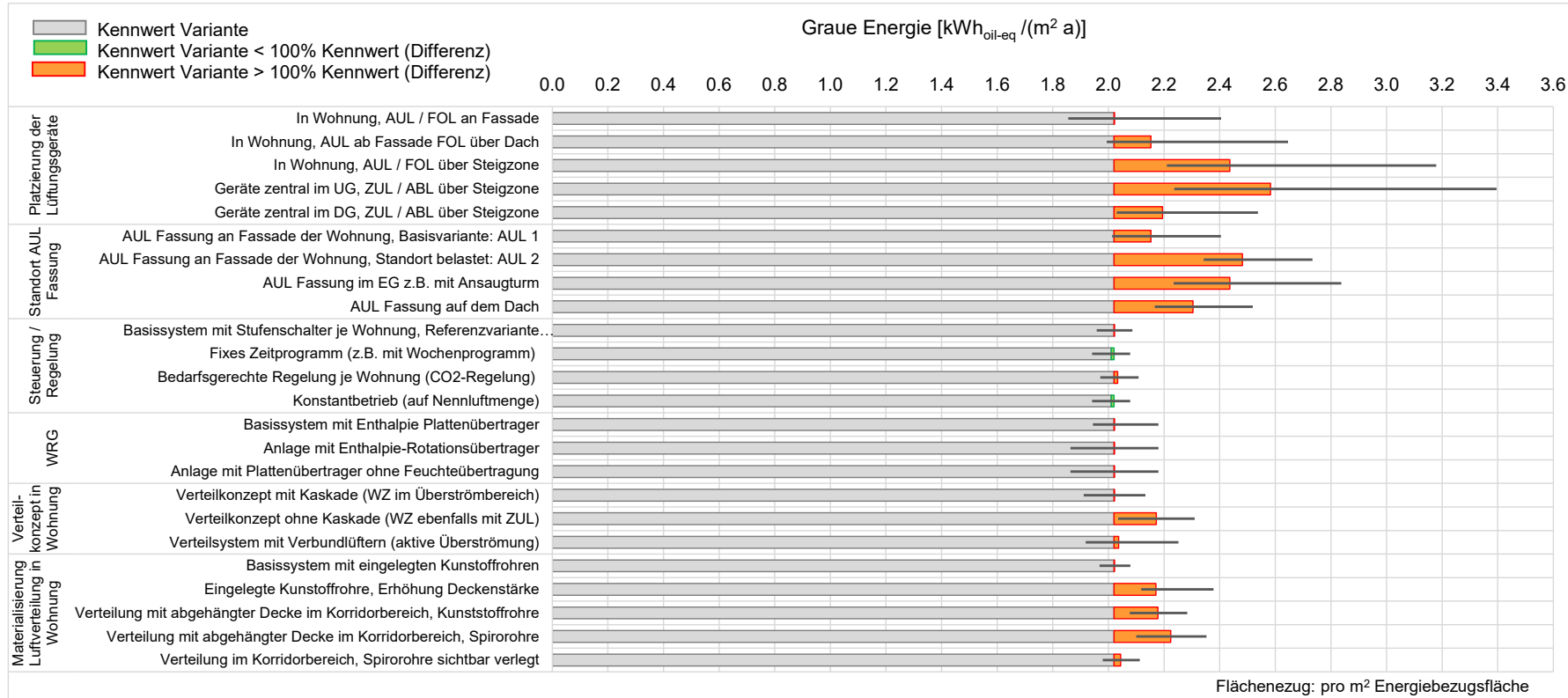
Steuerung / Regelung



*) Zeitprogramm (im Gerät programmiert ohne separates Bediengerät)

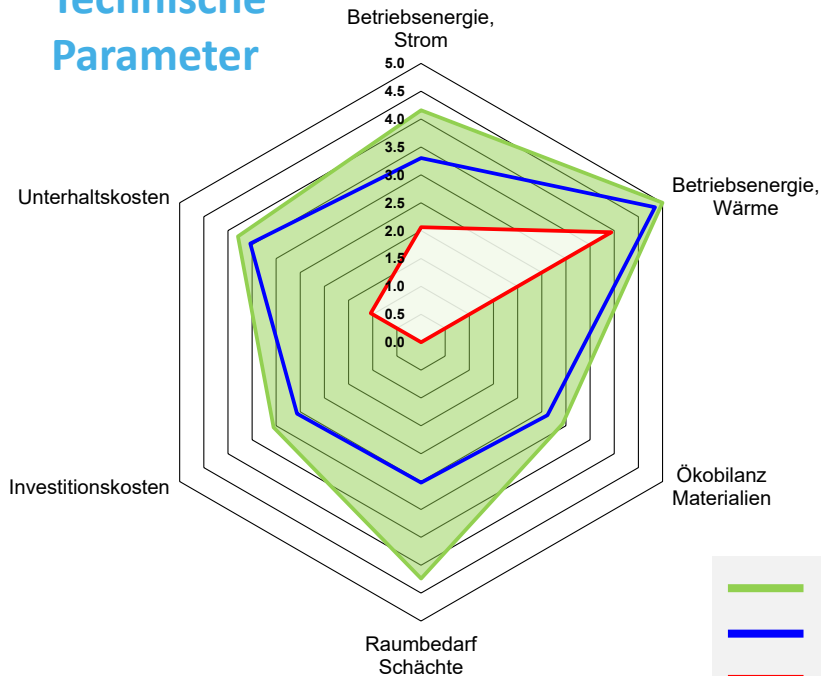
c) konstanter Gerätebetrieb (bei Nennluftmenge; ohne Bediengerät)

KWL, Einzelwohnungsanlage (LK 2), Bewertung Graue Energie

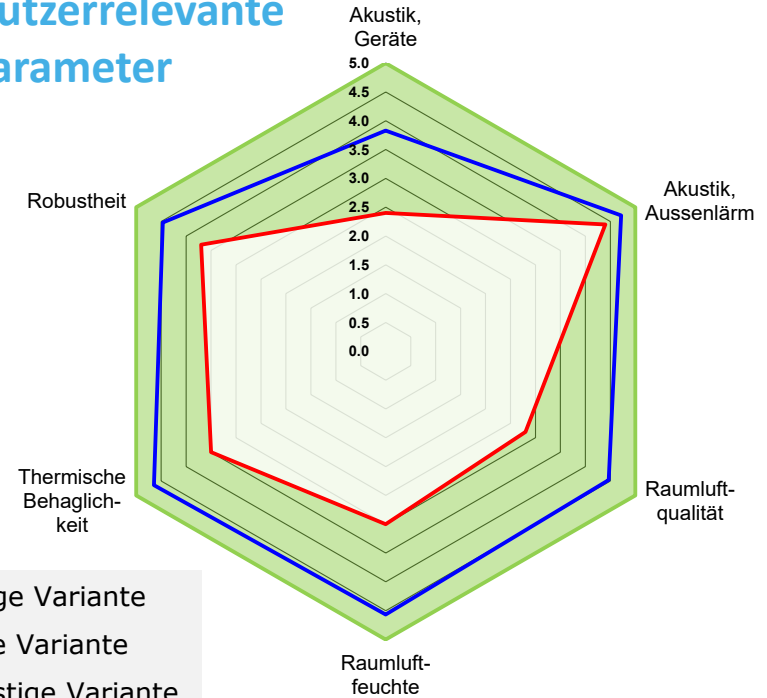


Bewertung Komfortlüftungsanlage, Einzelwohnungsanlage (LK 2)

Technische Parameter



Nutzerrelevante Parameter



- Günstige Variante
- Mittlere Variante
- Ungünstige Variante

Hinweis: In der Bewertung ist **0** die ungünstigste Bewertung und **5** die günstigste Bewertung einer Variante (über alle fünf 5 LK).

Komfortlüftungsanlage, Einzelwohnungsanlage (LK 2)

Ein gutes Anlagenkonzept für eine Einzelwohnungsanlage verfügt über folgende Eigenschaften:

- Konzept mit Kaskadenlüftung (Wohnzimmer im Durchströmbereich)
- Bedarfsgerechte Luftmengenregelung der Wohnungsgeräte (CO₂-geregelt + Stufenschalter)
- Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ gemäss EU-VO Nr. 1254/2014 mit Feuchterückgewinnung
- Bei Geräteaufstellung in Wohnung Gerät mit tiefer Gehäuseabstrahlung einsetzen (LWA Klasse 1 oder besser)
- Standortkonzept für Geräte mit minimierten Verteilleitungslängen v.A. für Aussen- und Fortluft
- Verteilung mit runden Querschnitten; innerhalb Wohnung mit kurzen Wegen (Luftauslass bei Zimmertüren)

Luftverteilkonzept:

Wie bei Mehrwohnungsanlage soll wenn immer möglich ein Konzept mit Kaskadenlüftung umgesetzt werden.

Gerätestandort:

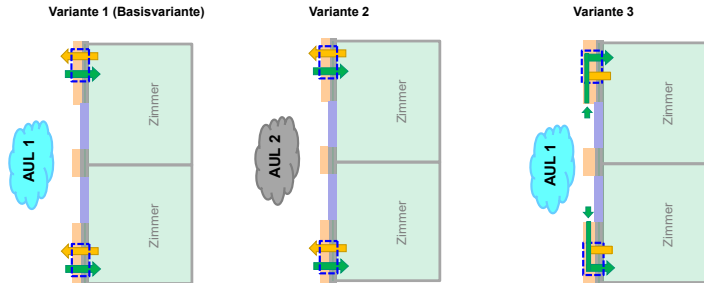
- zentraler Gerätestand-ort im Dachbereich (z.B. bei vorhandenem Dachboden).
- Bei Gerätestandort in der Wohnung ist Aussenluftfassung eine Erschwernis (Geruchsbelastung, Wärmeverluste)
- Zentraler Gerätestandort im Dachbereich ist insgesamt günstig (zentrale Wartung möglich, AUL/FOL kurz)
- Zentrale Gerätestandort im UG insgesamt oft ungünstig (lange Leitungslängen d.H. Druckverlust, Materialbedarf)

Einzelraumanlage mit Badabluft (LK 3)

Untersuchte Fragen:

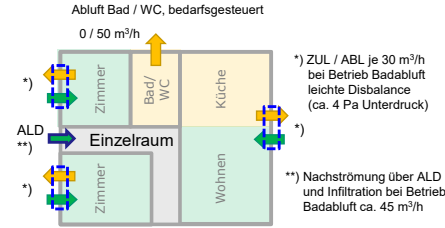
- Konzeptvarianten
- Standort AUL Fassung
- Steuerung / Regelung
- WRG

Standort AUL Fassung

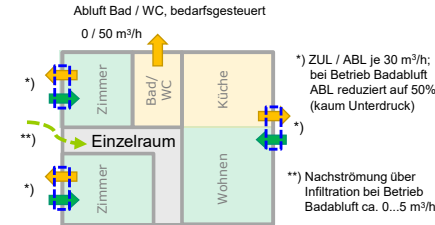


Konzeptvarianten

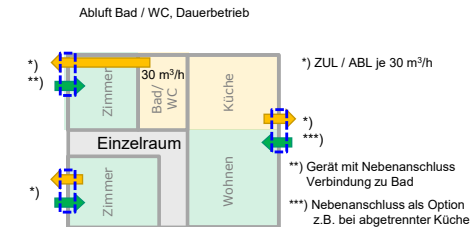
Variante 1



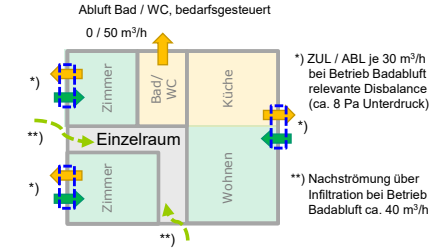
Variante 3



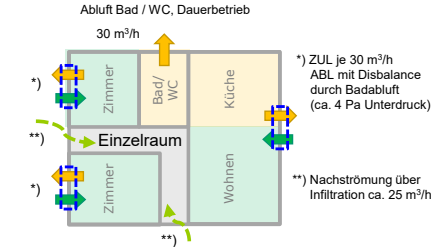
Variante 5



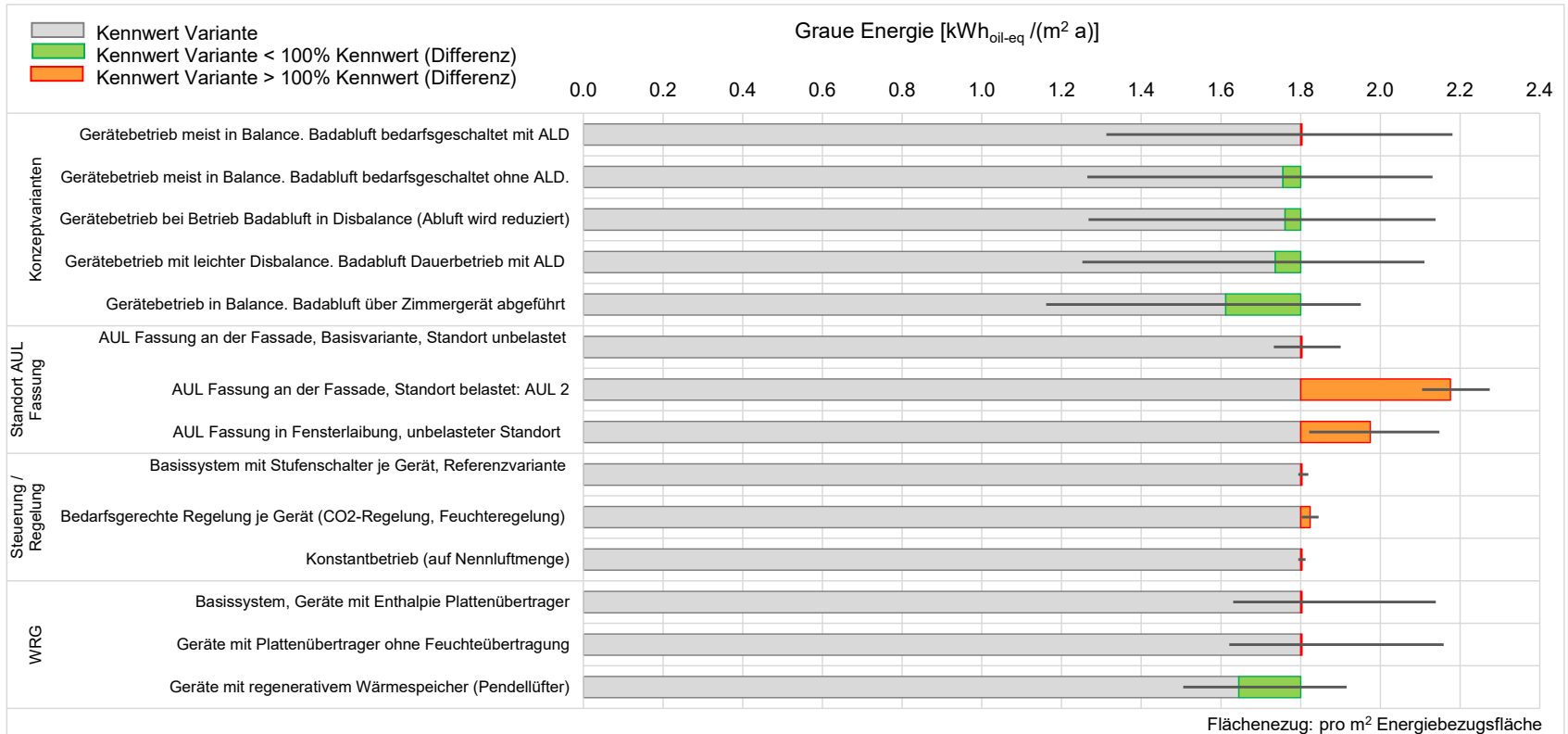
Variante 2



Variante 4

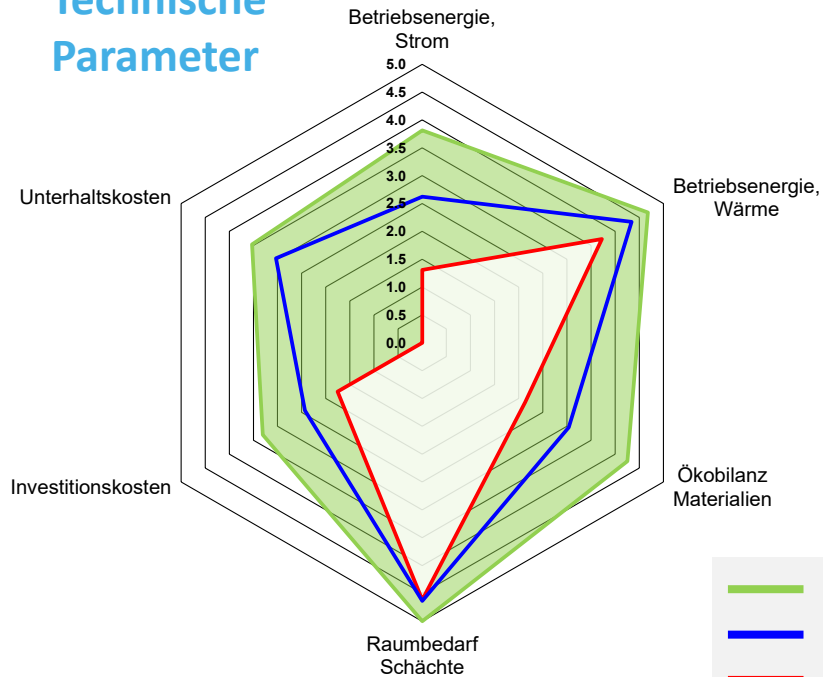


Einzelraumanlage mit Badabluft (LK 3), Bewertung Graue Energie

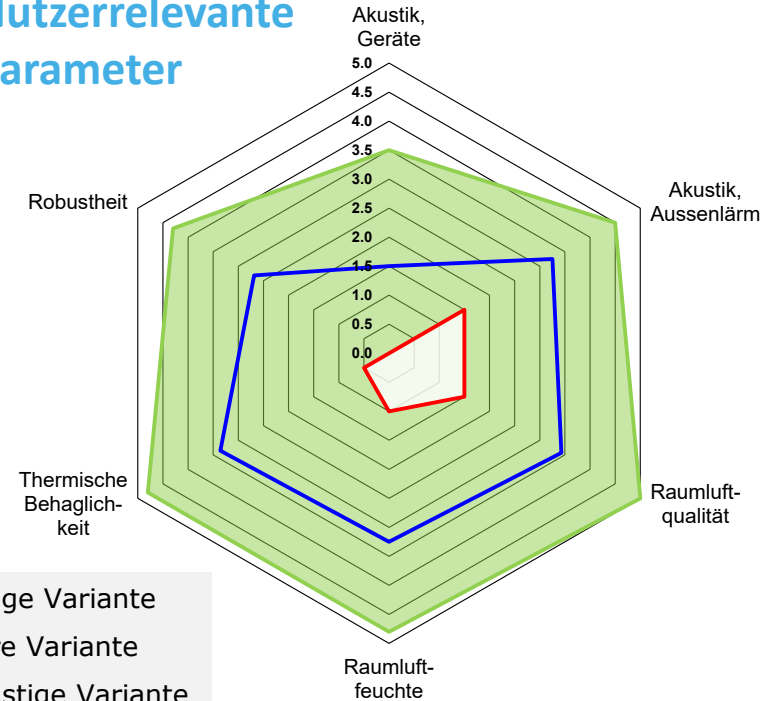


Bewertung Einzelraumanlage mit Badabluft (LK 3)

Technische Parameter



Nutzerrelevante Parameter



Hinweis: In der Bewertung ist **0** die ungünstigste Bewertung und **5** die günstigste Bewertung einer Variante (über alle fünf 5 LK).

Einzelraumanlage mit Badabluft (LK 3)

Ein gutes Anlagenkonzept für eine Anlage mit Einzelraumgeräten verfügt über folgende Eigenschaften:

- Konzept mit Nebenanschlüssen um die Badabluft über das Gerät zu führen
- Geräte mit bedarfsgerechter Luftmengenregelung (CO₂-geregelt + Stufenschalter)
- Leises Gerät! Schallleistungspegel im Nennbetrieb (30m³/h) entsprechend der Klasse 0 (LWA < 25 dB(A))
- Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ gemäss EU-VO Nr. 1254/2014, mit Feuchterückgewinnung
- Gerät mit geringer Empfindlichkeit auf Druckdifferenzen und geringen Leckagen (Klasse S1 bzw. U2 oder besser)
- Gerät mit Zuluftfiltern der Klasse ISO ePM1 ≥ 50% (F7); Min 1x jährlich professionelle Filter und Gerätewartung!

Luftverteilkonzept:

Ein Konzept mit Nebenanschlüssen (Badabluft über das Gerät hat Vorteile und soll immer geprüft werden:

- geringere Gesamtluftmenge u.U. geringere Gerätezahl damit geringerer Betriebsenergiebedarf
- Konzept erlaubt Anordnung der Geräte in schalltechnisch weniger kritischen Bereichen

Unterhalt:

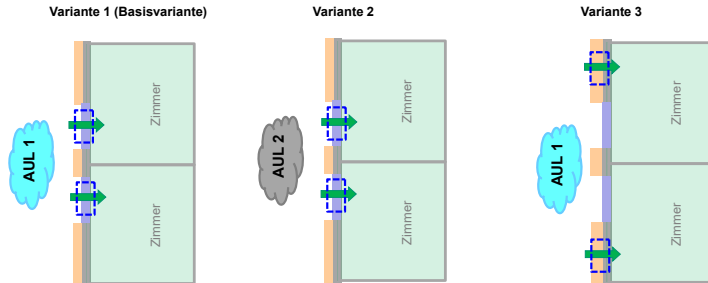
- Gute Zugänglichkeit der Aussenluftgitter an einem Ort ohne sommerlicher Stauwärme (nicht hinter Markisen!)
- Zentral ist eine professionelle Durchführung der Geräte und Filterwartung (inkl. Reinigung der Aussenluftgitter!)

Abluftanlage mit Abwärmenutzung (LK 4)

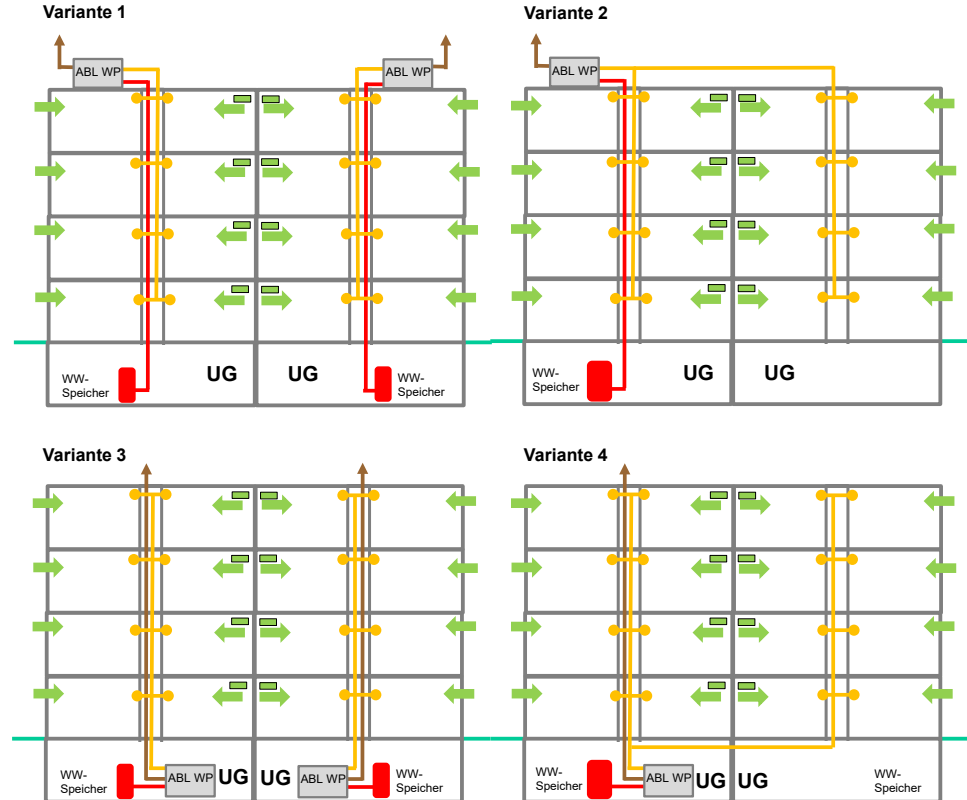
Untersuchte Fragen:

- Konzeptvarianten
- Standort AUL Fassung
- Steuerung / Regelung
- Abwärmenutzung

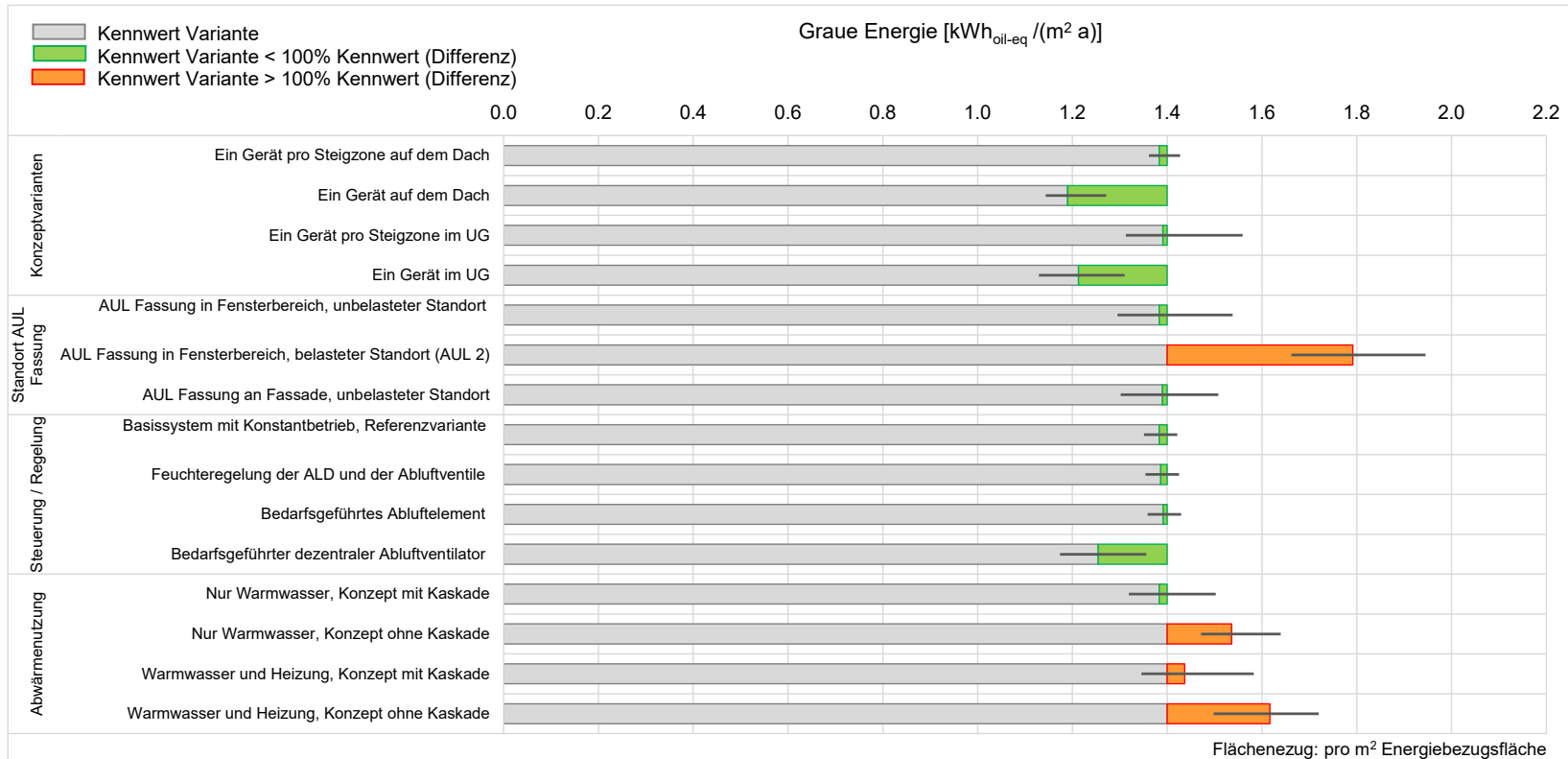
Standort AUL Fassung



Konzeptvarianten

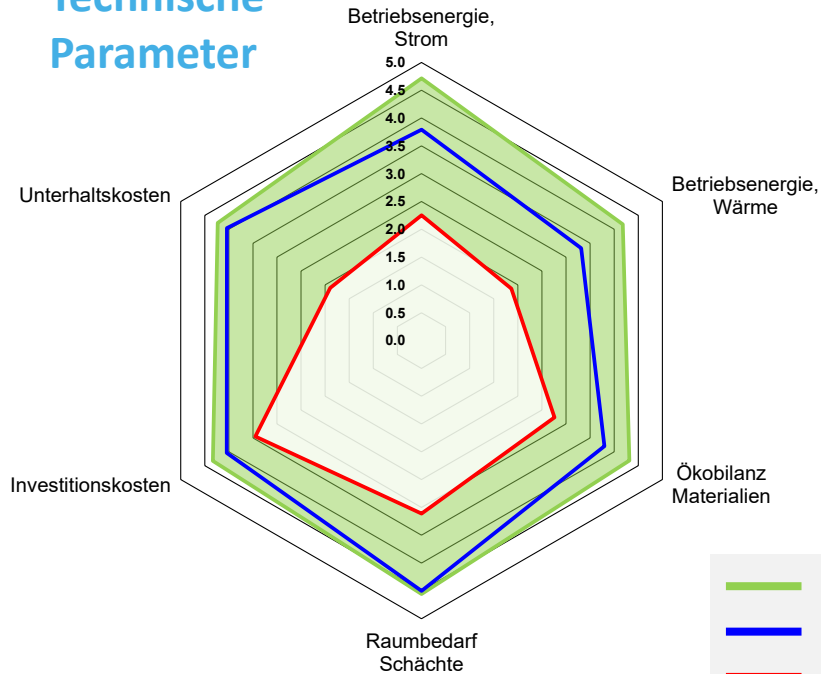


Abluftanlage mit Abwärmennutzung (LK 4), Bewertung Graue Energie

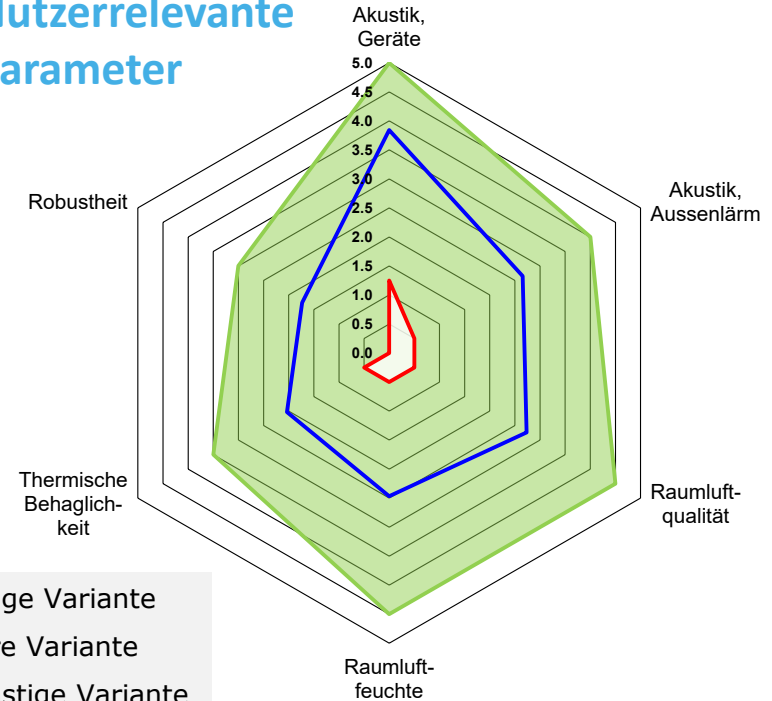


Bewertung Abluftanlage mit Abwärmenutzung (LK 4)

Technische Parameter



Nutzerrelevante Parameter



Hinweis: In der Bewertung ist **0** die ungünstigste Bewertung und **5** die günstigste Bewertung einer Variante (über alle fünf 5 LK).

Abluftanlage mit Abwärmennutzung (LK 4)

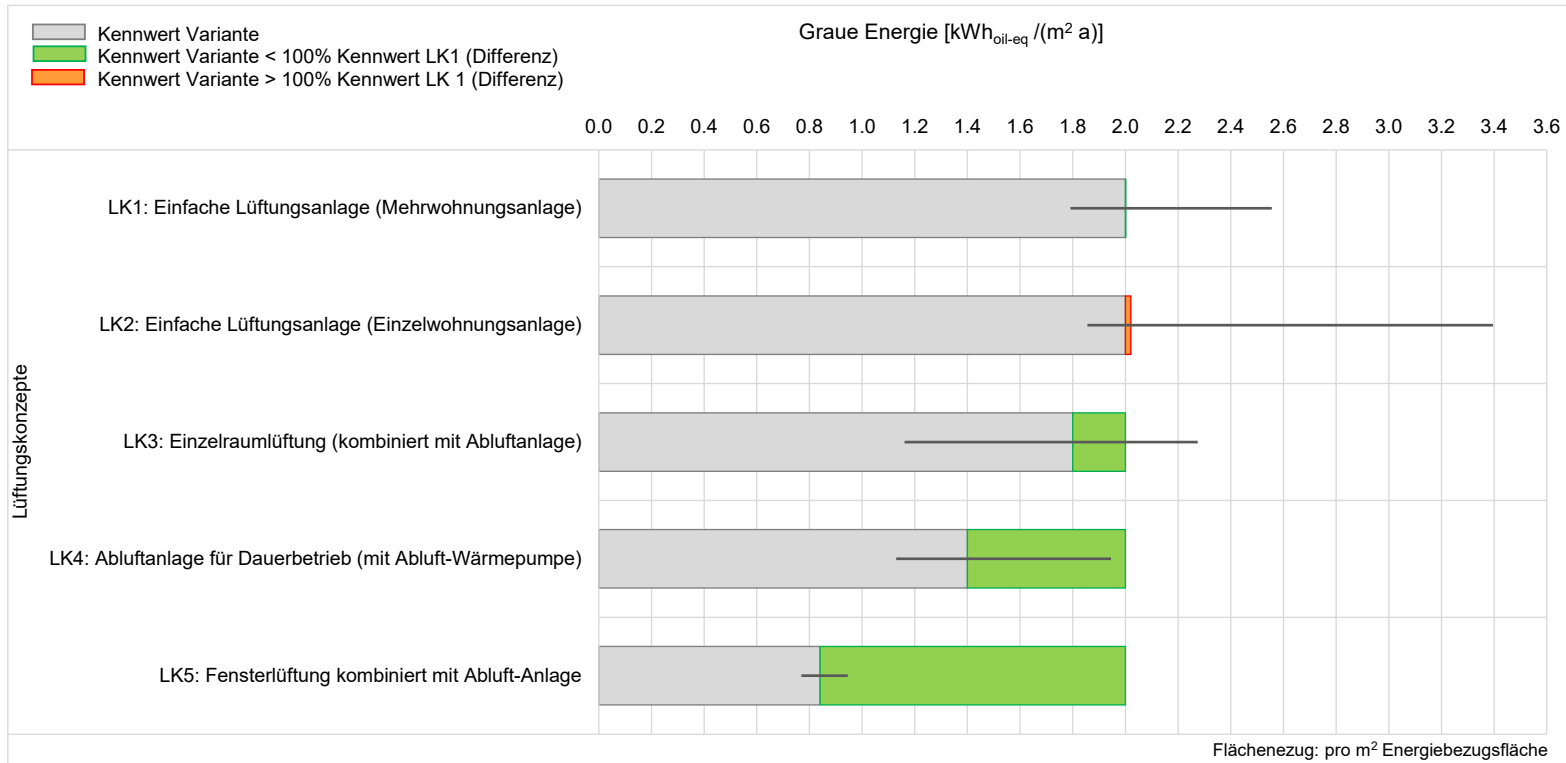
Ein gutes Anlagenkonzept für eine Abluftanlage mit AWN verfügt über folgende Eigenschaften:

- **Voraussetzung für Konzept: Gebäude mit hoher Luftdichtigkeit. Ziel: $q_{a50} < 0.6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.**
- Konzept mit Kaskadenlüftung (Wohnzimmer im Durchströmbereich)
- Korrekt dimensionierte Aussenluftdurchlässe mit geringem Druckverlust (4 Pa bei Nennluftmenge inkl. Filter).
- Gut zugängliche und einfach zu reinigende Aussenluftdurchlässe
- Aussenluftdurchlässe mit Zuluftfilter in den der Klasse ISO ePM1 $\geq 50\%$ (F7))
- Bezüglich thermischer Behaglichkeit, bauphysikalischem Risiko (Kondensat- und Schimmelpilzfreiheit) und Schalldämmung (insbesondere bei Lärmpegeln über 60dB(A) optimiertes Element und Einbauort.
- Einsatz von bedarfsgeführten Abluftelementen mit Grund- und Intensivlüftung (Ansteuerung über Feuchte und CO₂-Grenzwert) und entsprechendem Konzept der Regelung des Abluftventilators und der Abluft-Wärmepumpe
- Nutzung der Abwärme für Heizung und Warmwasser.
- Die Instruktion der Wohnungsnutzer: Systembedingte Eigenheiten v.A. im Umgang mit der Fensteröffnung in der Wohnung (keine Durchlüftung mehr in den übrigen Räumen bei offenem Fenster)

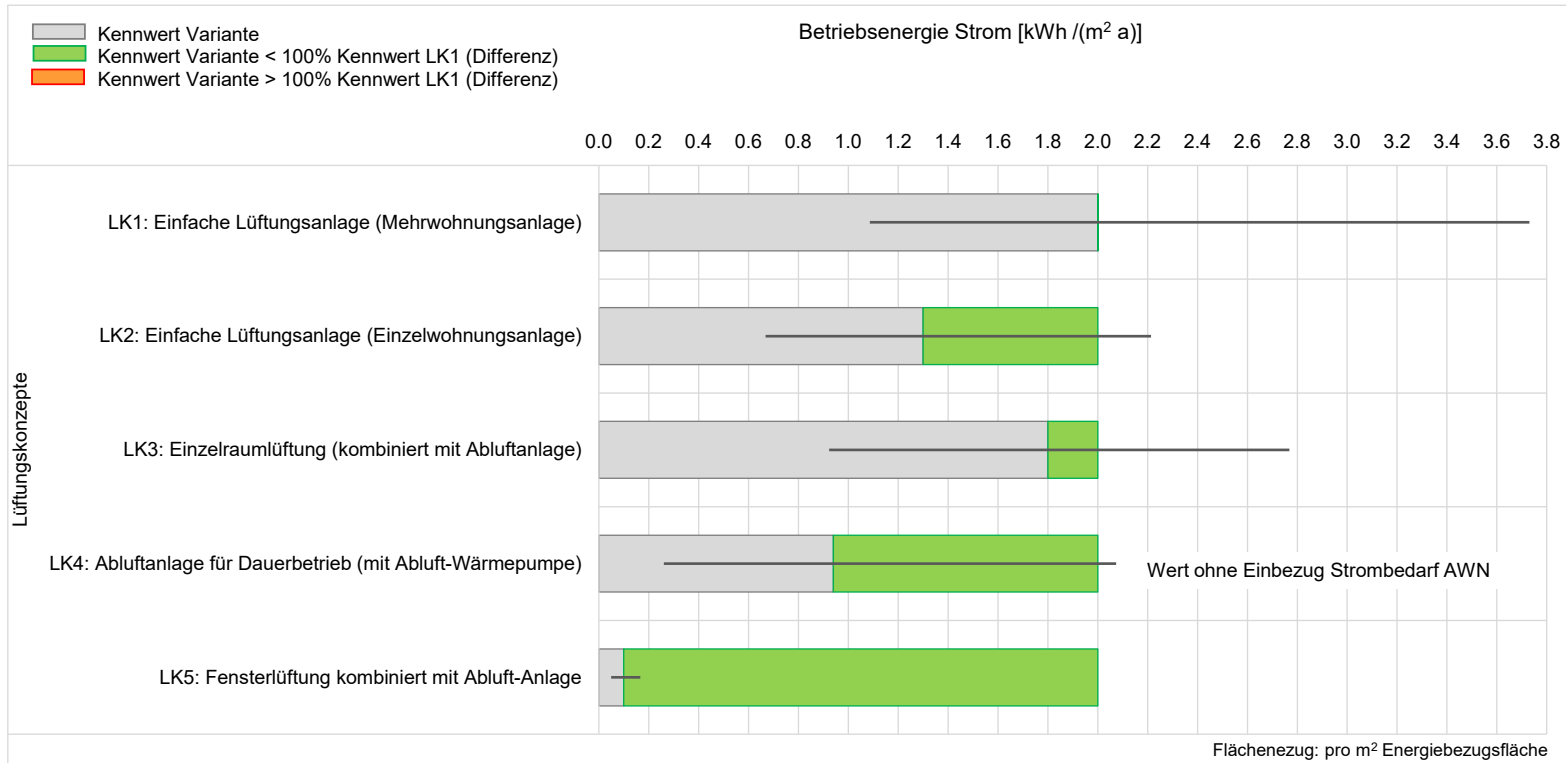
Unterhalt:

- Gute Zugänglichkeit der Aussenluftdurchlässe an Ort ohne sommerlicher Stauwärme (nicht hinter Markisen!)
- Der Druckverluste über dem Aussenluftdurchlass hat einen grossen Einfluss auf die Funktionalität. Eine mindestens jährliche, professionelle Wartung aller Filter und ALD (inkl. Reinigung der Aussenluftgitter) ist daher zentral!

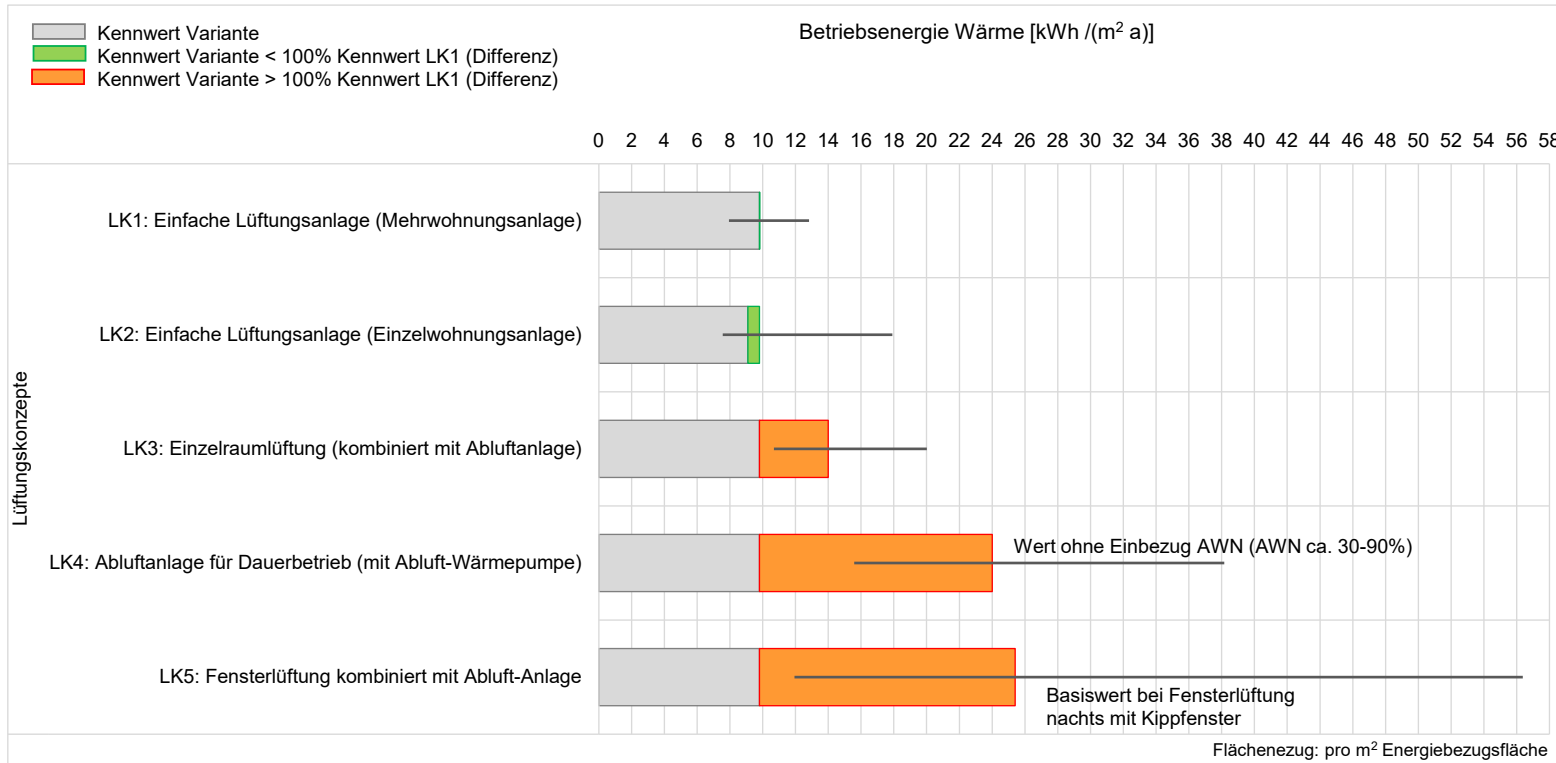
Zusammenfassung, Bewertung Graue Energie



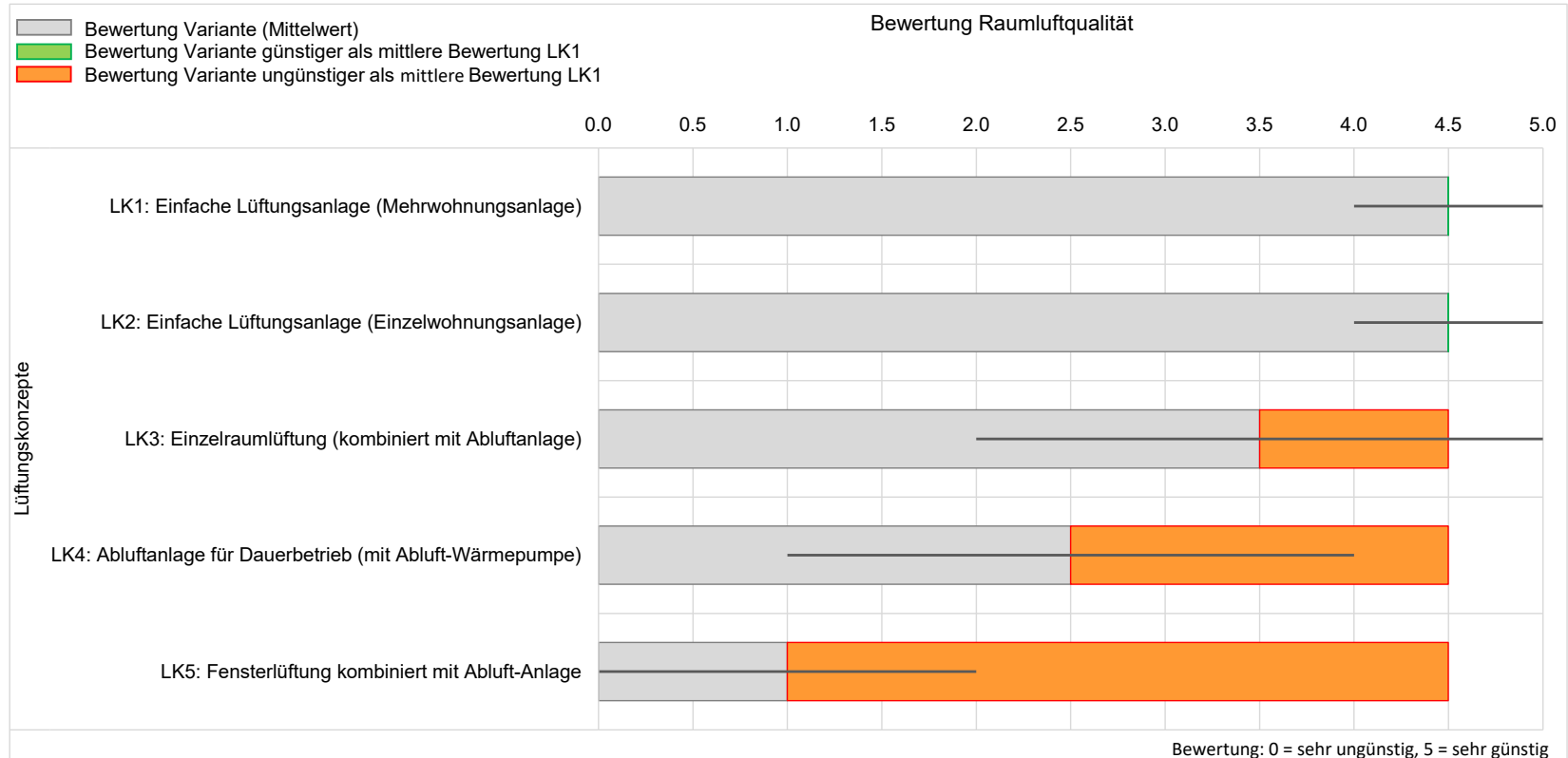
Zusammenfassung, Bewertung Betriebsenergie Strom



Zusammenfassung, Bewertung Betriebsenergie Wärme

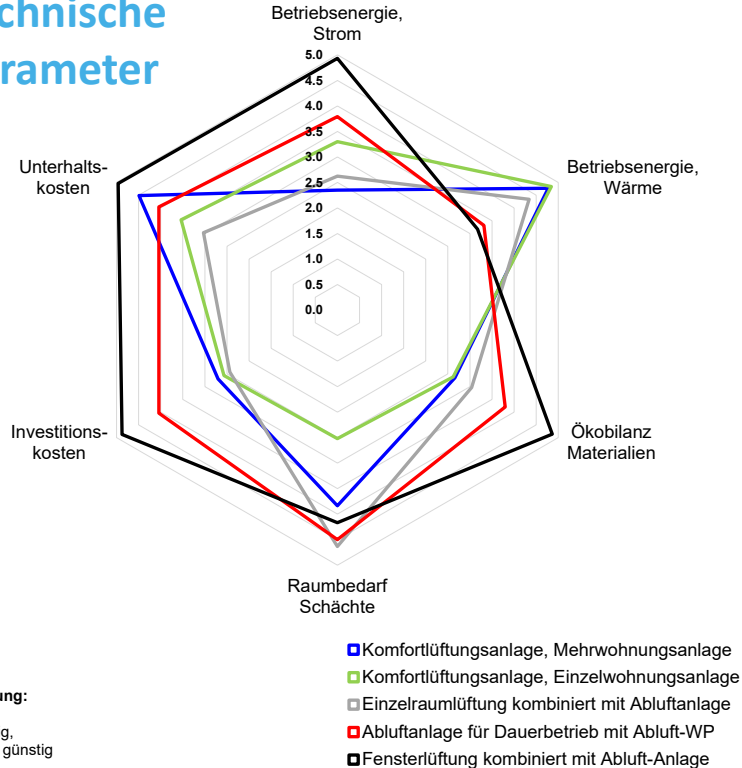


Zusammenfassung, Bewertung Raumlufqualität

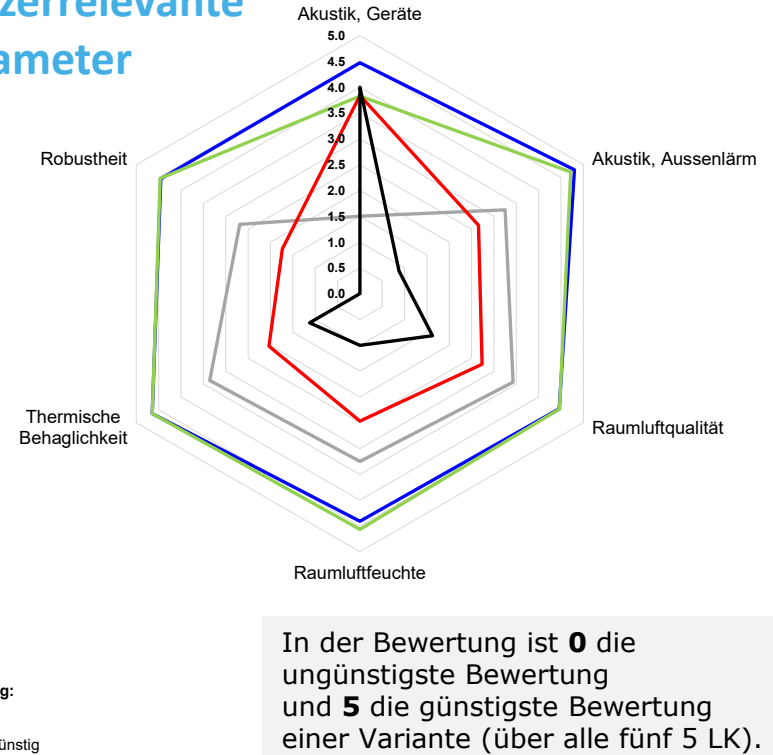


Zusammenfassung Punktebewertung über alle Lüftungskonzepte

Technische Parameter



Nutzerrelevante Parameter



Hinweis: nur mittlere Bewertung der Konzepte dargestellt (keine Darstellung der Varianz / Sensitivitäten)

Folgerungen für die Systemwahl und Planung

Folgerungen:

- Auch grundsätzlich Materialintensivere Lüftungskonzepte (Konzepte LK1, LK2) können, bei Umsetzung geeigneter Konzepte (z.B. Nutzung der erweiterten Kaskade, materialoptimierte Luftverteilung) günstige Kennwerte aufweisen
- Wesentliche Schwächen von Konzepten mit Einzelraumgeräten (LK 3) können mit einem geeigneten Konzept und hochwertigen Geräten verringert werden (bedeutet jedoch höhere Investitionskosten und aufwendigere Planung)
- Konzepten mit geringem Aufwand an Verteilleitungen (LK3, LK4) weisen eine hohe Beeinflussbarkeit auf (Druckverlust) Daher ist bei diesen Konzepten eine regelmässige professionelle Wartung sehr wichtig (wird oft vernachlässigt). Dadurch weisen sie bei Nutzerrelevanten Kriterien grössere Spannbreiten / ungünstigere Werte auf.
- Konzepte mit Aussenluftdurchlässen und Abluftanlage (LK4) weisen systembedingte Eigenschaften auf, welche den Nutzern bekannt sein müssen (keine bestimmungsgemässe Funktion bei geöffnete Fenster) bzw. wegen dem grossen Einfluss eine erhöhte Aufmerksamkeit beim Unterhalt bedürfen (Verschmutzung von Aussenluftgittern)

Fazit:

- Das optimale Lüftungssystem gibt es so nicht.
- In einem konkreten Projekt können oft verschiedene Systeme geeignet sein, für eine gute und effiziente Lösung.
- Oft verhalten sich technische und nutzerrelevante Bewertungsfaktoren gegenläufig.
- Wesentlich ist, dass die verschiedenen teilweise gegenläufigen Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Und der Systemscheid mit dem Wissen um allfällige Schwächen gefällt wird und dies in der Planung berücksichtigt wird.

Projektinfos



Projektstand:

- Schlussbericht in Schlussüberarbeitung (wird über BFE Publikationsdatenbank veröffentlicht)

Projektteam:

- Hochschule Luzern (HSLU): Heinrich Huber, Alex Primas, Gianrico Settembrini, Stephan Zuber
- Minergie (Umsetzung, Öffentlichkeitsarbeit): Robert Minovsky

Projektbegleitgruppe:

- Adrian Grossenbacher, BFE; Christoph Gmür, Bd Zürich / AWEL; Franz Sprecher, AHB; Martin Imholz, Kanton Uri; Robert Minovsky, Minergie; Martin Müller, Kanton Thurgau; Alfonso De Stefani, IG Passivhaus

Finanzierung:

- Bundesamt für Energie (Programm Energie Schweiz; www.energieschweiz.ch)
- Konferenz Kantonalen Energiefachstellen (EnFK)
- Stadt Zürich Amt für Hochbauten

Mit Unterstützung von

