

Lüftungsanlagen optimieren ohne Komforteinbussen

energieapéro Graubünden



Reto Keller

Fachbereichsleiter
Facility Services &
Erneuerbare Energien

reto.keller@lippuner-emt.com
+41 81 772 28 11

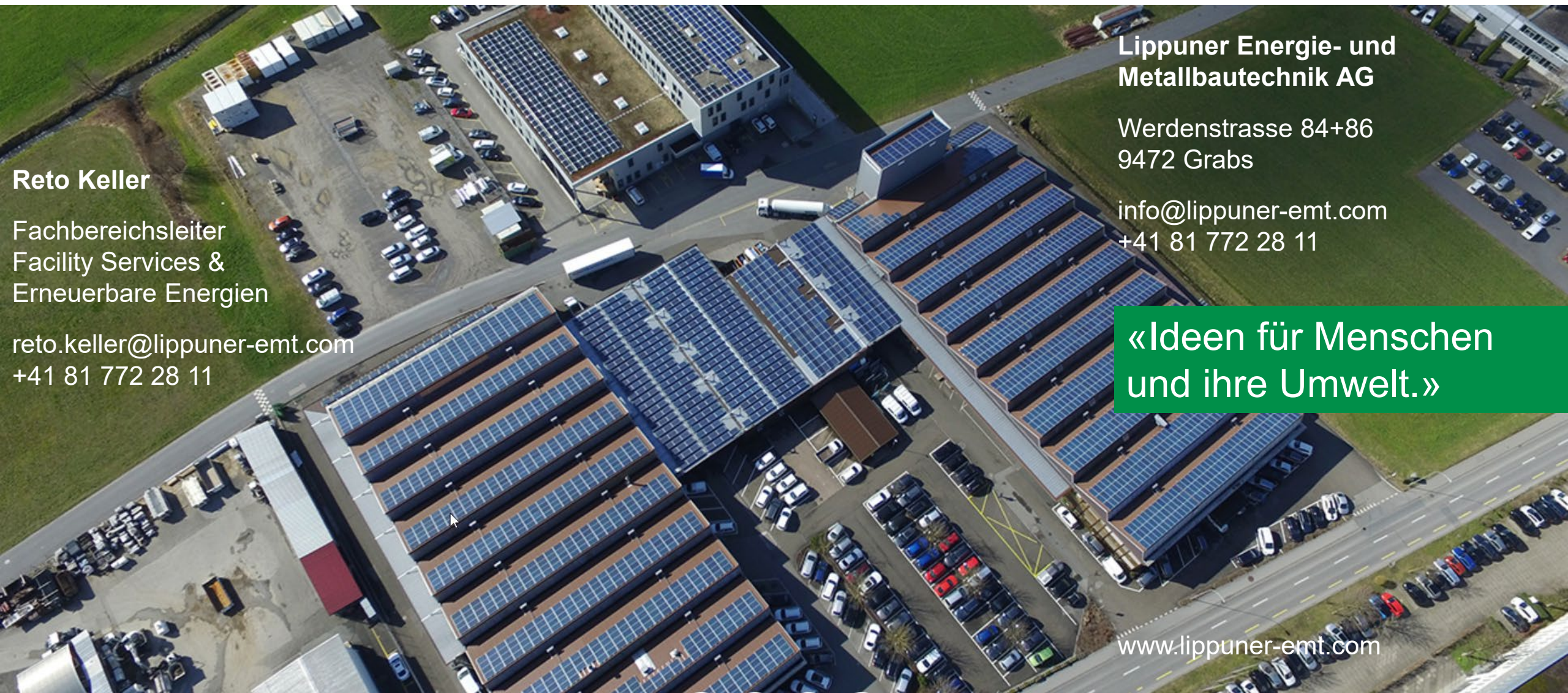
**Lippuner Energie- und
Metallbautechnik AG**

Werdenstrasse 84+86
9472 Grabs

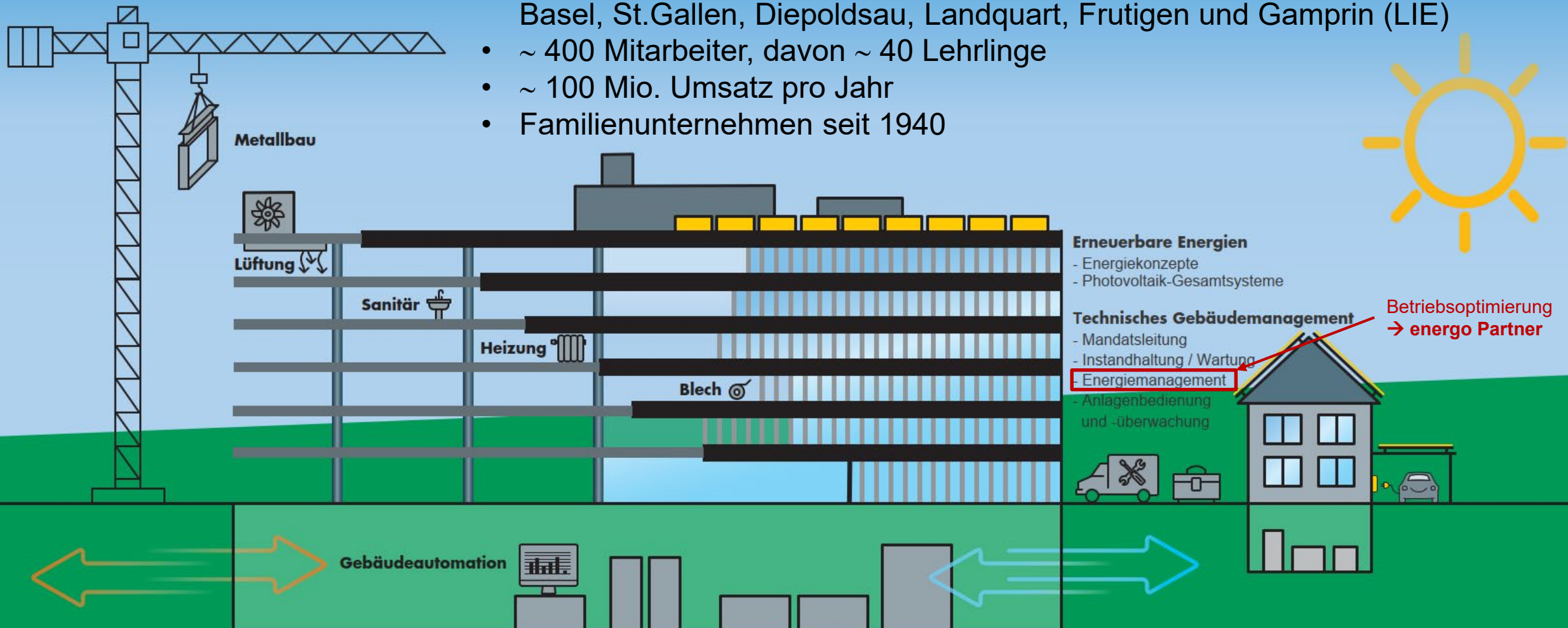
info@lippuner-emt.com
+41 81 772 28 11

«Ideen für Menschen
und ihre Umwelt.»

www.lippuner-emt.com

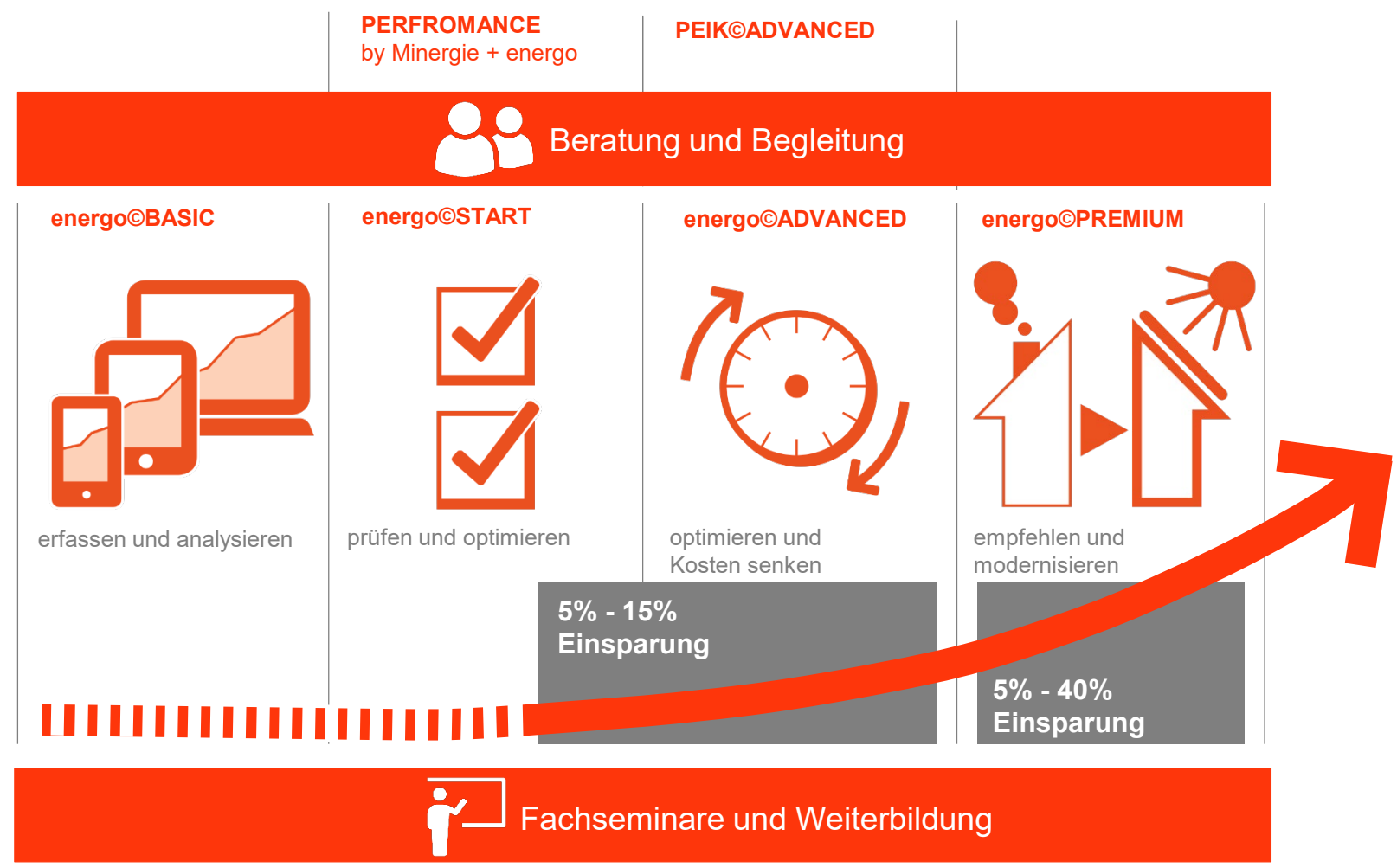


- Gesamtanbieter für nachhaltige Gebäude- und Energietechnik, Blechbearbeitung und Metallbau
- Hauptsitz, 5 Niederlassungen und 3 Tochtergesellschaften: Grabs, Zürich, Basel, St.Gallen, Diepoldsau, Landquart, Frutigen und Gamprin (LIE)
- ~ 400 Mitarbeiter, davon ~ 40 Lehrlinge
- ~ 100 Mio. Umsatz pro Jahr
- Familienunternehmen seit 1940



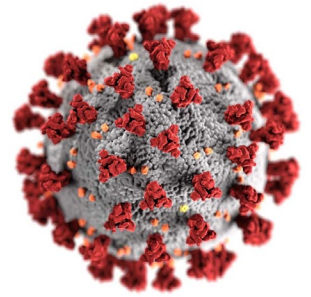
3 Dienstleistungs-Portfolio

Unterstützung im Gebäude-Lebenszyklus



- ✓ Ausgewiesene Kompetenz
- ✓ Nachgewiesener Einsparerfolg
- ✓ Know How Transfer

2020/2021 Corona: Vorgaben für den Schutz vor dem Virus



Das **Virus breitet sich über die Luft aus**, daher ist eine gute **Belüftung in den Innenräumen zentral** und hilft das Ansteckungsrisiko zu reduzieren.

- **Der Luftwechsel ist bei Frischluftanlagen hoch zu halten**
- 2 Stunden vor und nach der Nutzung soll die Lüftungsanlage im Spühlbetrieb betrieben werden
- Umluftklappen sind zu schliessen, damit keine belastete Luft zirkulieren kann
- Mehr Fensterlüftung verwenden:
 - o beim Betreten des Raumes etwa 15 Minuten lang öffnen
 - o auch in Gebäuden mit mechanischer Lüftung kann die Fensterlüftung zur weiteren Steigerung der Lüftung eingesetzt werden
- Befeuchtung und Klimatisierung haben keine praktische Wirkung
- Es wird empfohlen, die Wärmerückgewinnungsanlage einschliesslich der Druckdifferenzmessung zu inspizieren. Keine Leckagen!
- Kanalreinigung hat keine praktische Wirkung
- Reine Umluftgeräte sind möglichst zu reduzieren, da oft keine oder normale Feinstaubfilter eingesetzt werden, welche Viren nicht aufhalten. Nur sehr teure HEPA-Filter, welche in Operationssälen eingesetzt werden, würden auch im Umluftbetrieb helfen, Viren zu reduzieren.

2022 Kampagne des Bundes: nicht-verschwenden

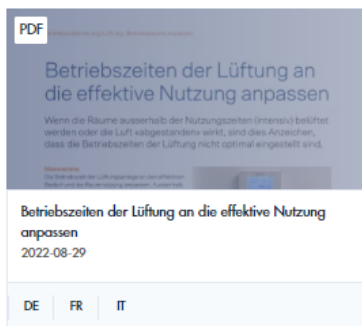
Massnahmenpaket 3: Lüftung

Geschätzte Einsparung mit dem Massnahmenpaket 3: zwischen 10-25%

1 Betriebszeiten anpassen



Abgestandene Luft in den Räumlichkeiten sind Anzeichen einer nicht optimal eingestellten Lüftung. Passen Sie die Betriebszeiten der effektiven Raumnutzung an und reduzieren Sie die Leistung zu ungenutzten Zeiten oder schalten Sie die Lüftung gleich ganz aus. Schalten die die Lüftung täglich von 20 Uhr bis 6 Uhr aus, sinkt deren Energieverbrauch um bis zu 40 %.



2 Luftmengen richtig einstellen



3 Grosse Räume richtig lüften



4 Wärmerückgewinnung überprüfen



Energie ist knapp.
Verschwenden wir sie nicht.



Wird die Luftmenge halbiert, sinkt der Energieverbrauch der Lüftung um 80 Prozent

Kann die Lüftung täglich von 20 bis 6 Uhr morgens ausgeschaltet werden, sinkt deren Energieverbrauch um 40 Prozent

Bis 3800 Franken Energiekosten pro Jahr spart eine korrekt arbeitende WRG¹

Wirtschaftliches Energiesparpotential

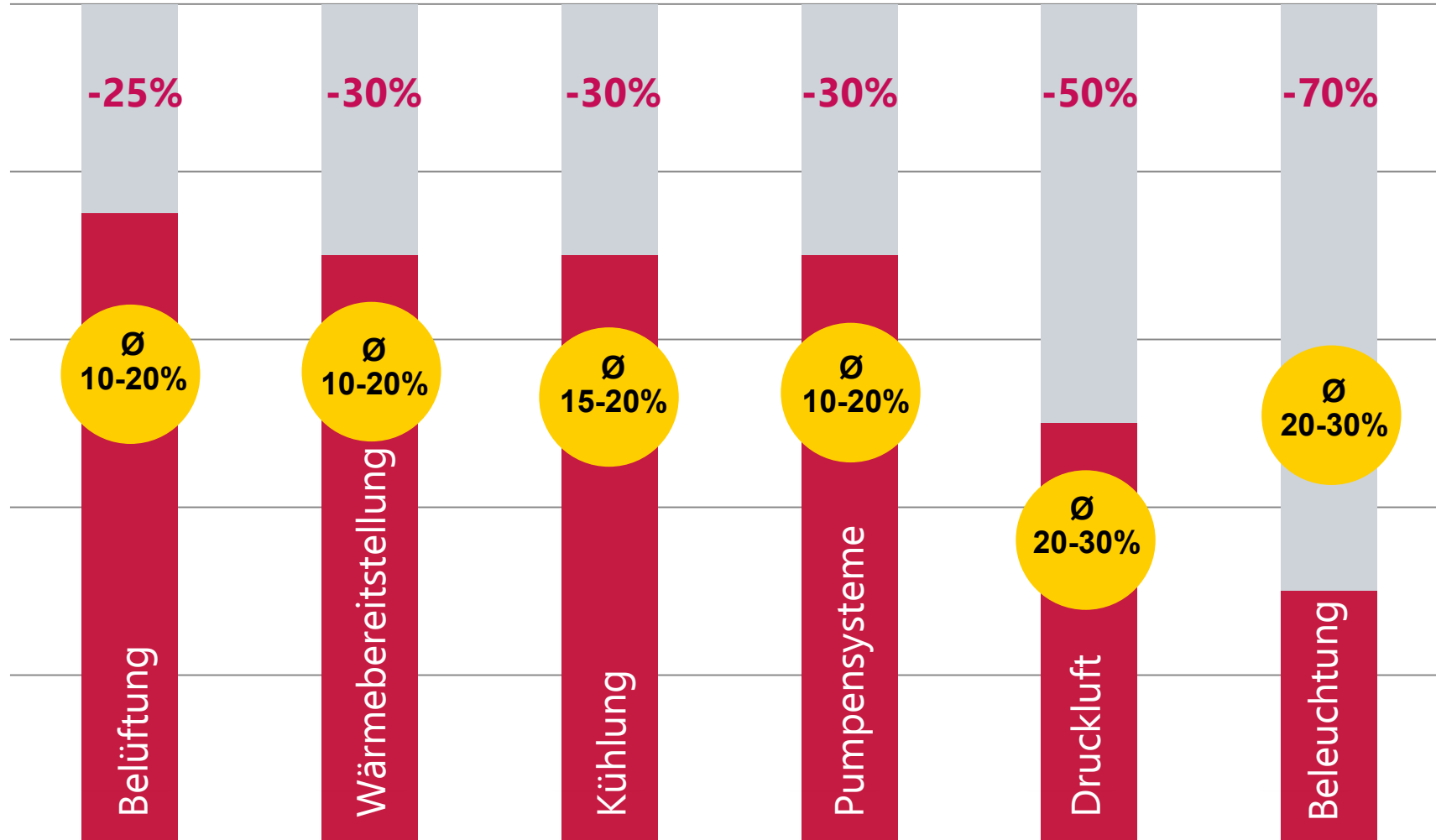
100%

60%

20%

act
CLEANTECH
AGENTUR
SCHWEIZ

ENERGIE-AGENTUR
DER WIRTSCHAFT
EnAW



Betriebsoptimierung

Pay Back Zeit < 2 Jahre



Betriebsoptimierung
(SIA 2048)

Schritt 1 – Ist-Zustand erfassen

- Erfahrungen Betrieb, Nutzeranforderungen
- Funktionsbeschriebe, Sollwerte

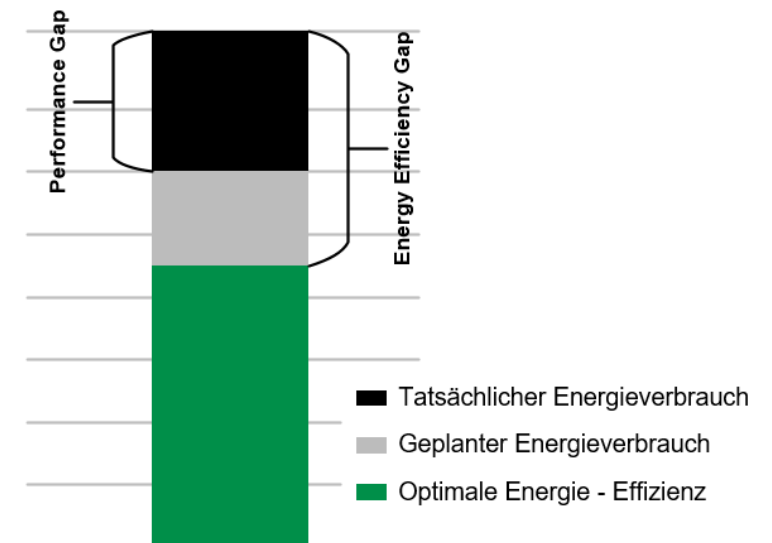
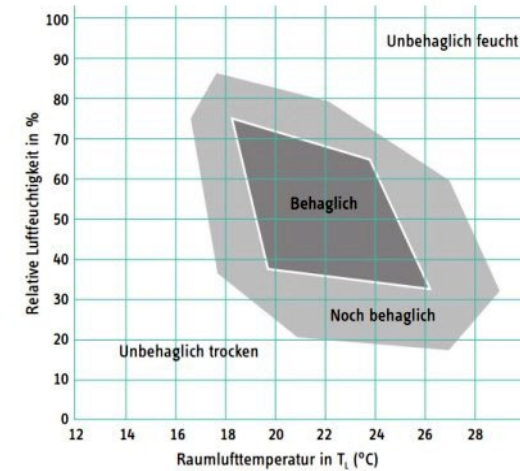
Schritt 2 – Massnahmen erarbeiten

- Nachhaltige BO-Massnahmen
- Sollwertvorgaben beschreiben

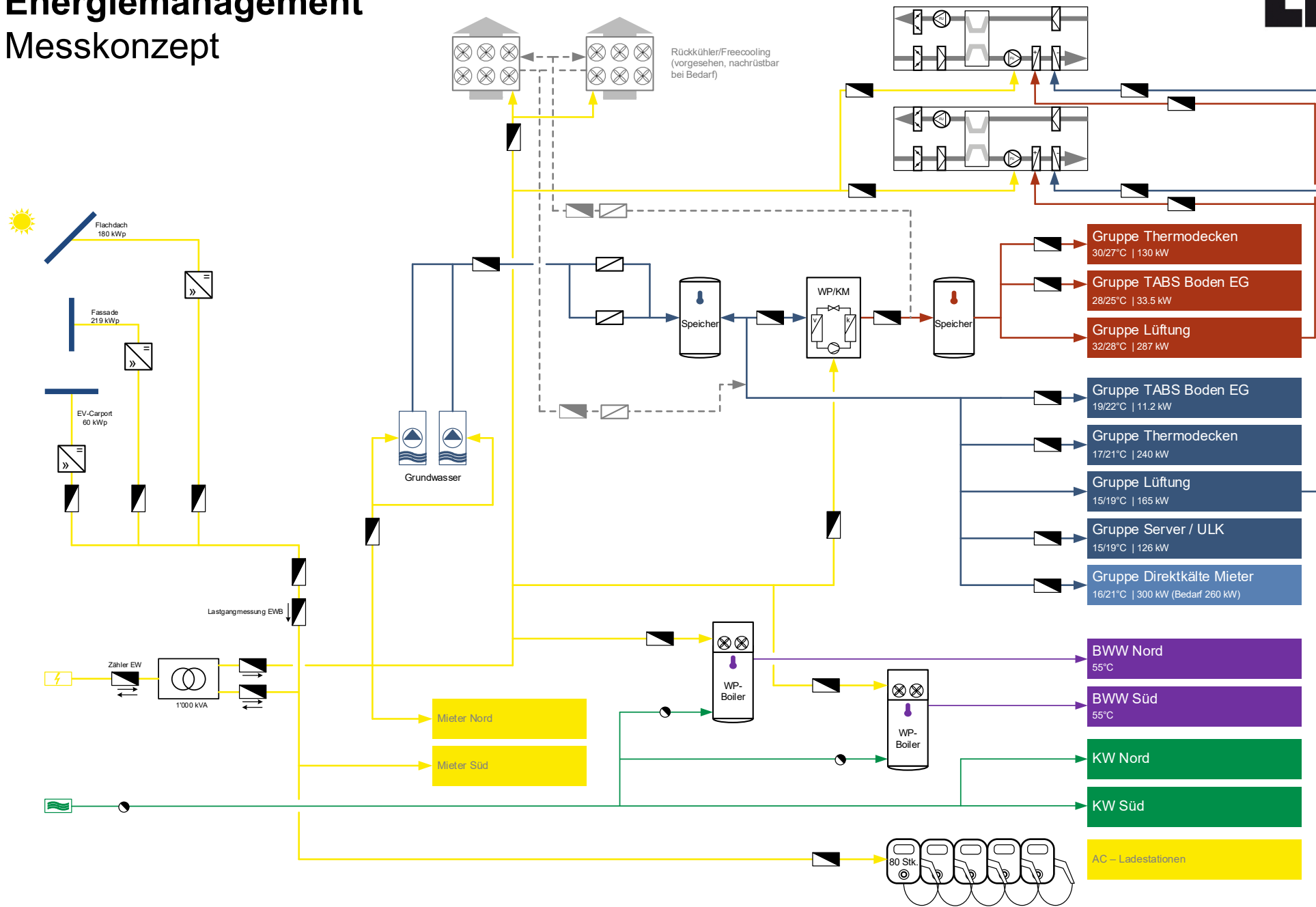
Schritt 3 – Schulung/Workshop

- Ausbildung des techn. Personals
- Praxisworkshop an den eigenen Anlagen

Schritt 4 – Umsetzen der Massnahmen
Betrieb der Anlagen optimal auf die effektive
Nutzung abstimmen.



Energiemanagement Messkonzept



Automatisierte Datenerfassung

Nachhaltigkeitscockpit

- Energie-Monitoring - Kostensicherheit
- Komfort-Monitoring - bessere Gesundheit
- Label-Monitoring - weniger Administration

Gebäudedatencloud (GDC)

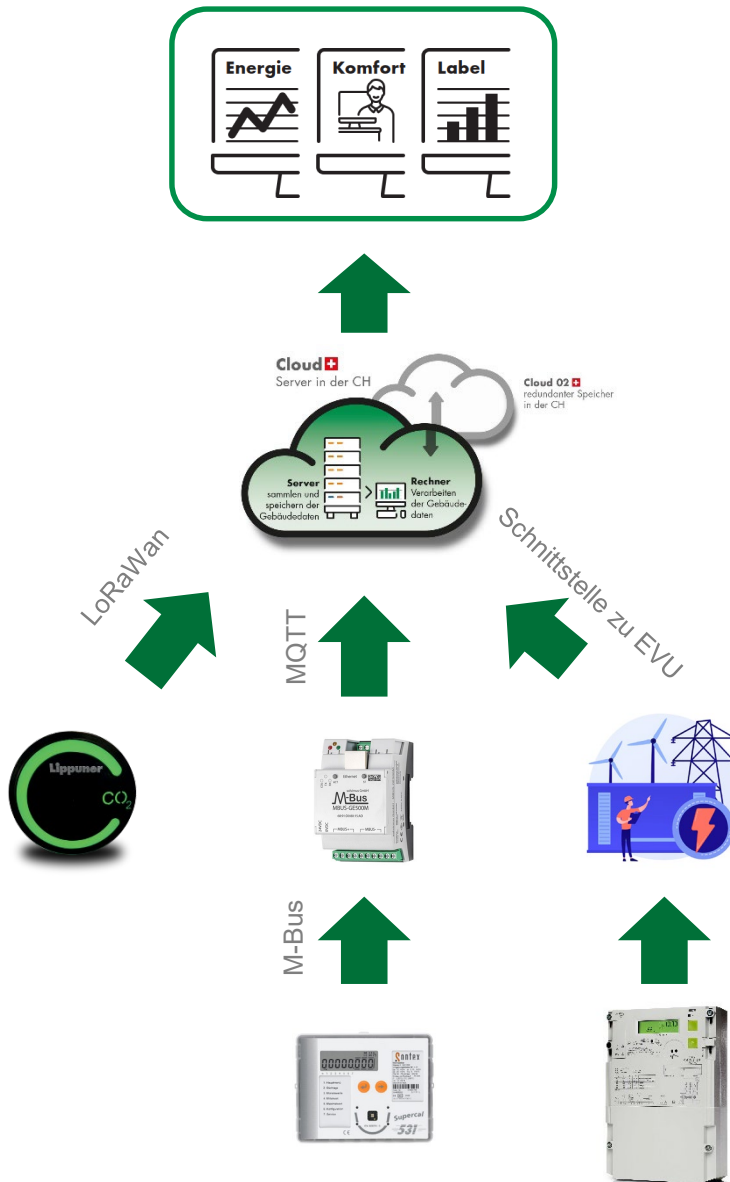
- Sichere Aufbewahrung der Daten
- Keine Herstellerabhängigkeiten
- Modular erweiterbar, offene Schnittstellen

LoRa Sensoren, Gateway oder EVU-Datenlieferung

- Auslesung der Zähler und Fühler
- Einfache Einbindung der EVU-Daten direkt in die Cloud
- Lokale Speicherung der Daten auf dem Gateway
- Handauslesungen mit App auf GDC

Energiezähler und Fühler

- M-Bus, Modbus, ...
- Elektrozähler mit Fernauslesung



Das Nachhaltigkeitscockpit

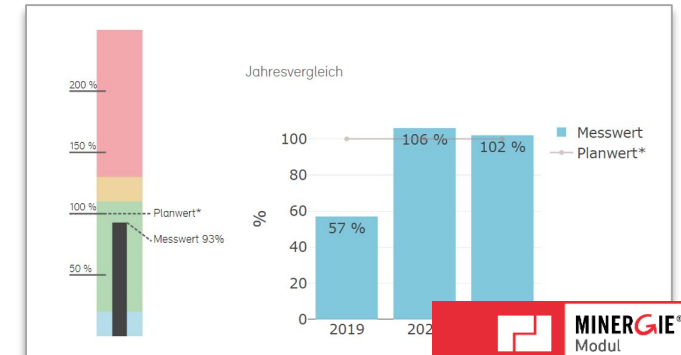
Energie
Energie-Monitoring



Komfort
Raumkomfort-Monitoring

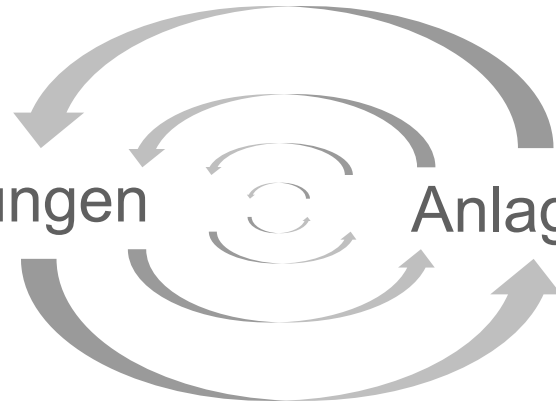


Label
Label-Monitoring

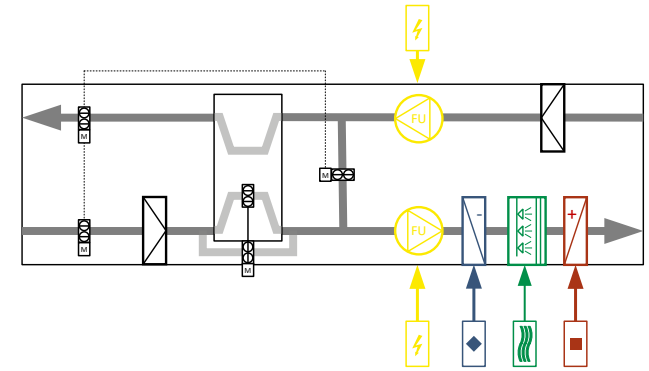


Betriebsoptimierung

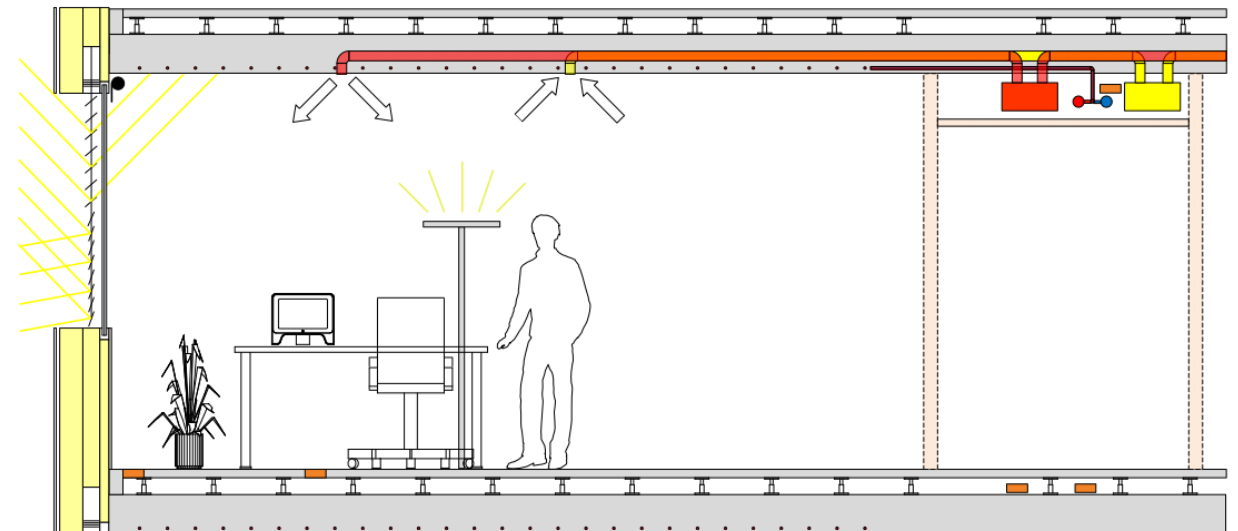
Behaglichkeit & Erfahrungen



Anlagenverständnis



Quelle: web, m+p gruppe, 13.10.16



Quelle: Energieoptimierter Einsatz von Sonnen- und Blendschutz in Bürogebäuden, 2009. Bild Lemon Consult

Temperatur und Feuchtigkeit Abschätzung



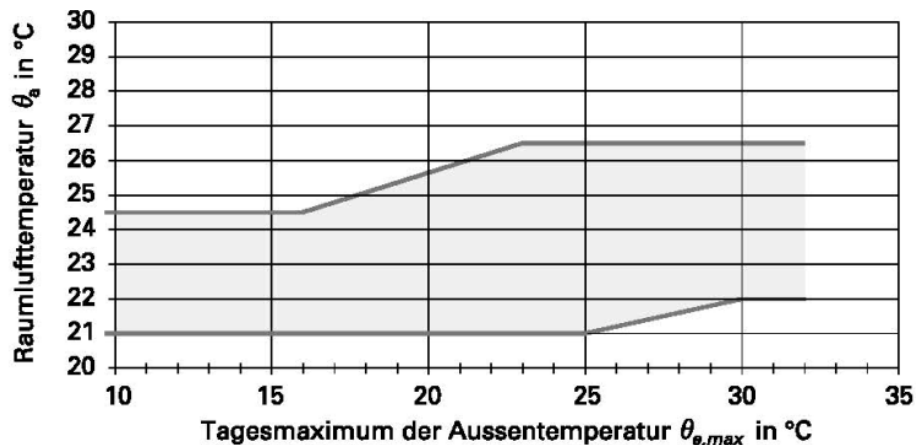
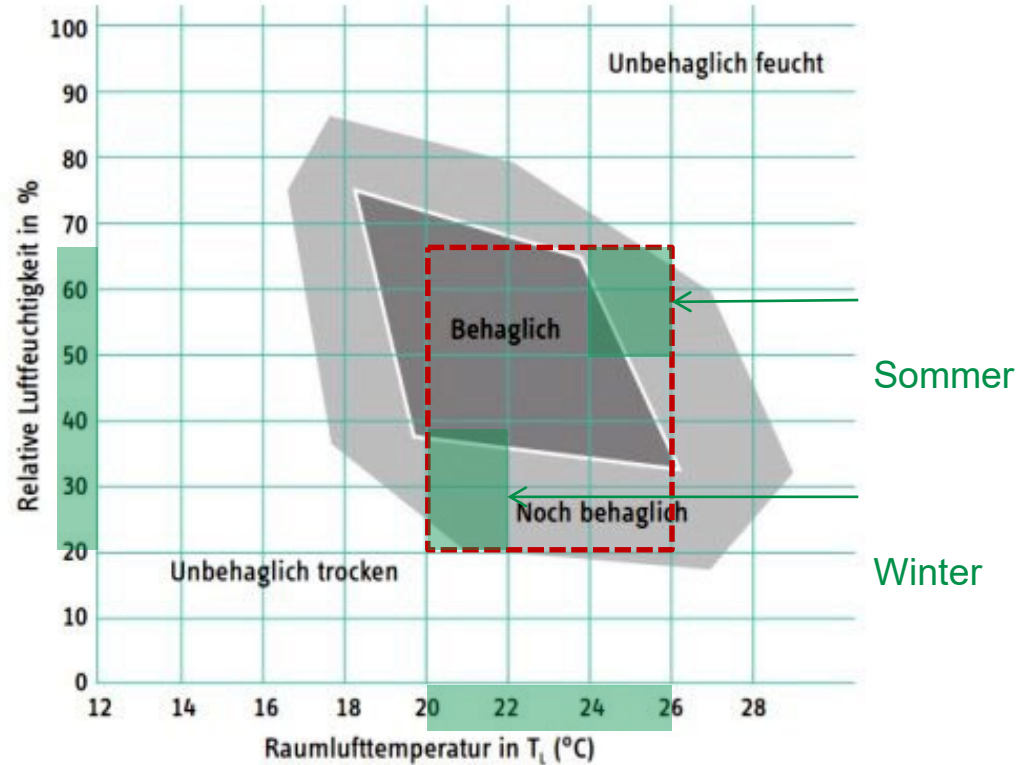
Parameter	Schätzung?	angenehm?
Lufttemperatur °C	ja/nein
Luftfeuchtigkeit % r.F.	ja/nein
Raumluftqualität ppm CO ₂	ja/nein

Temperatur und Feuchtigkeit



Parameter	Empfindlichkeits- schwelle	Beurteilung
Lufttemperatur	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	sehr empfindlich
Unterschied zwischen Luft- und Oberflächentemperatur	2°C	sehr empfindlich
Luftbewegung in Hautnähe	0.15 m/s	sehr empfindlich
Strahlung	25 W/m^2	empfindlich
Luftfeuchtigkeit	$\pm 15\% \text{ r.F.}$	wenig empfindlich

Behaglichkeit



Die relative Feuchtigkeit spielt eine untergeordnete Rolle.

Die Raumtemperatur hängt wesentlich von der Bekleidung und Aktivität ab.

SIA 382-1

Wohnen, Büro:

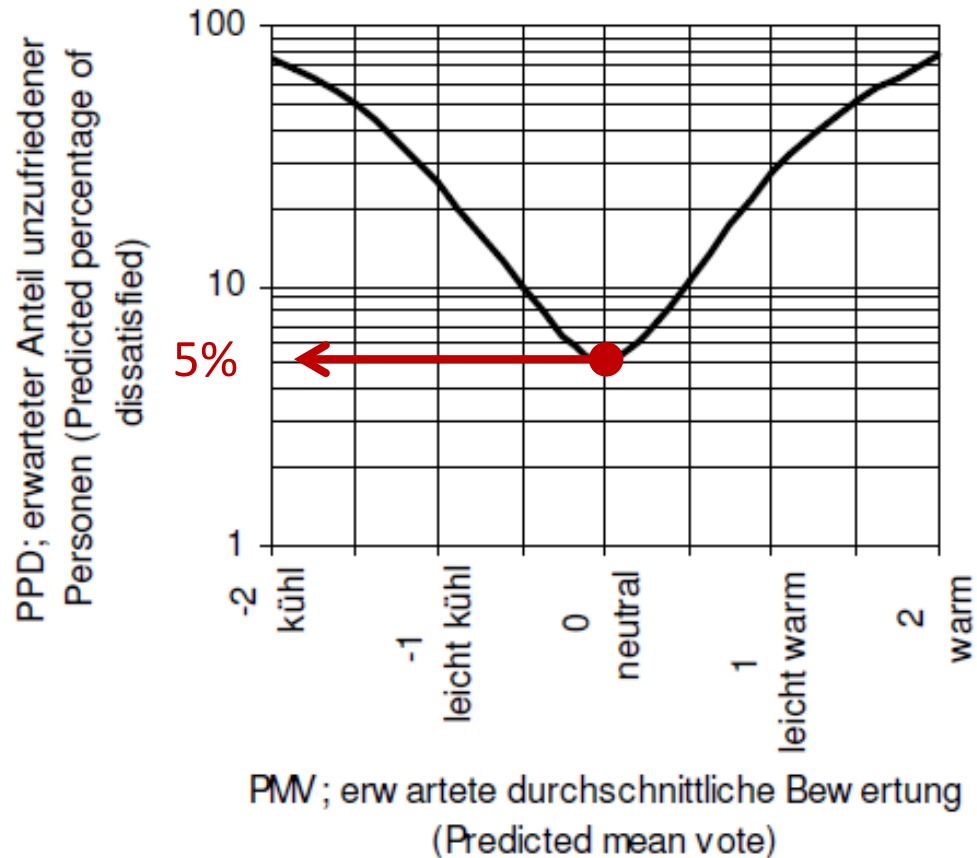
5.0 g/kg (bei 21°C -> 30%)

13.5 g/kg (bei 26.5 -> 60%)

21°C bis 26.5°C

Teilweise neue interne Richtlinien 19-20°C aufgrund möglicher Energiemangellage

Persönliches Empfinden PMV / PPD Index



Untersuchungen haben gezeigt, dass immer eine gewisse Unzufriedenheit (min. 5%) vorherrscht.

Am häufigsten werden Zuglufterscheinungen bemängelt.

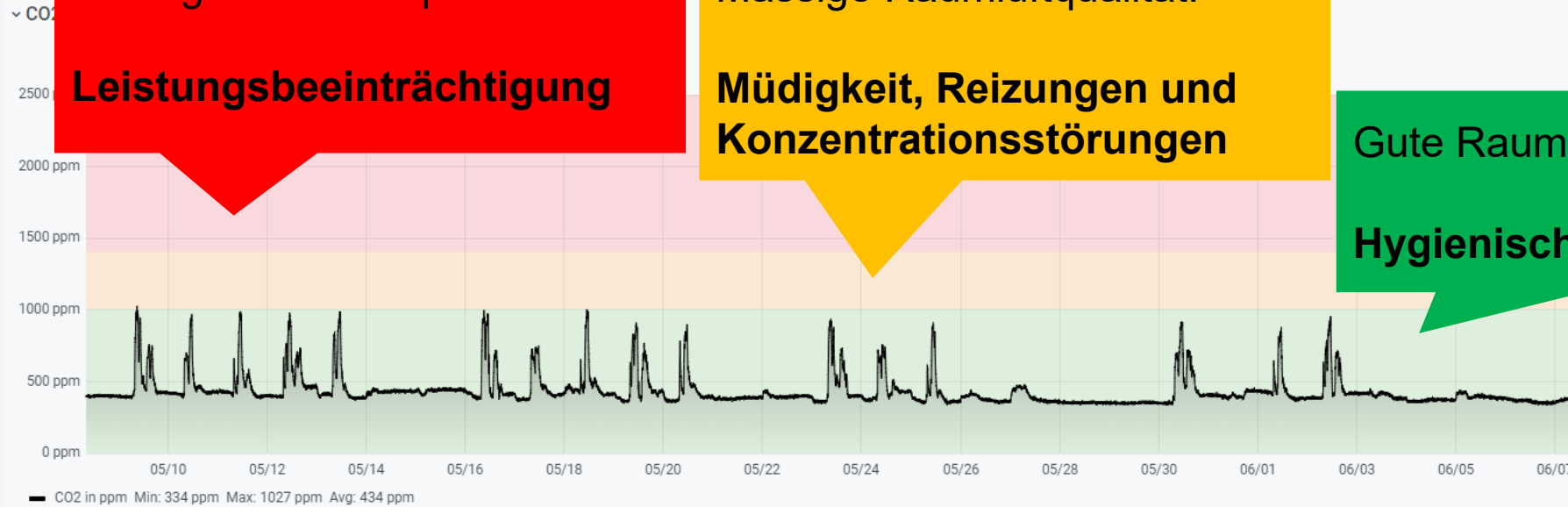
Raumluftqualität



Niedrige Raumluftqualität:
Leistungsbeeinträchtigung

Mässige Raumluftqualität:
**Müdigkeit, Reizungen und
Konzentrationsstörungen**

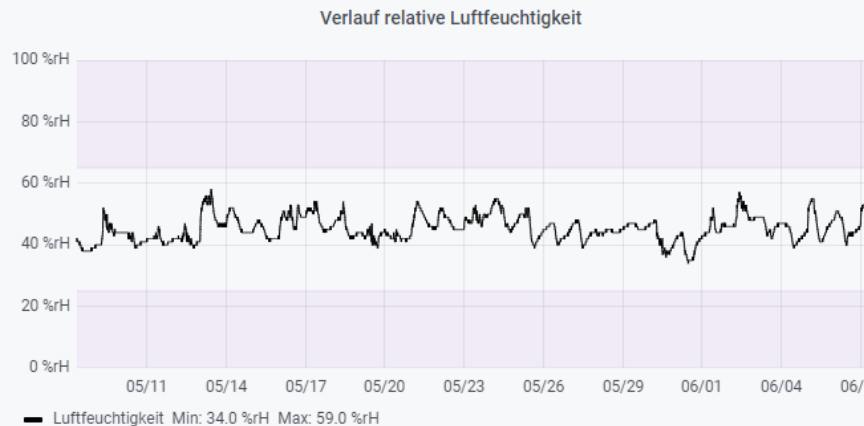
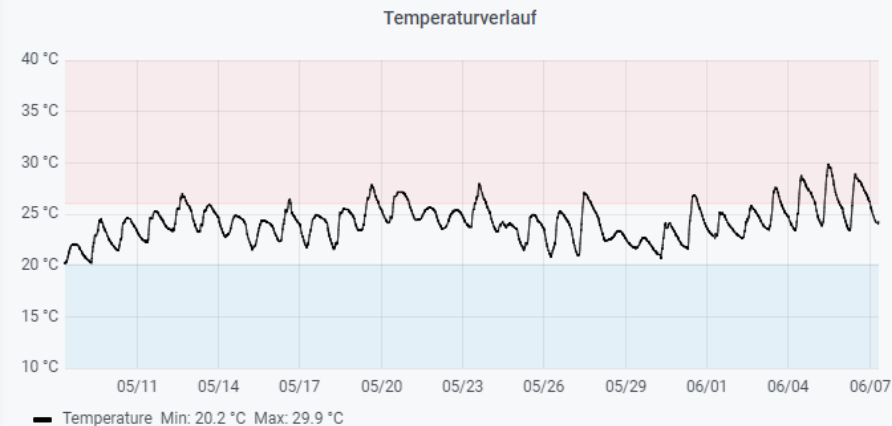
Gute Raumluftqualität:
Hygienisch unbedenklich



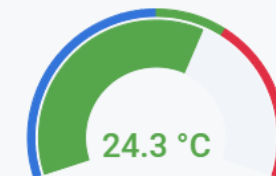
Aktueller CO2-Pegel ▾

648 ppm

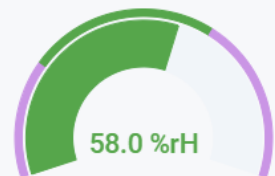
Temperatur und relative Feuchte

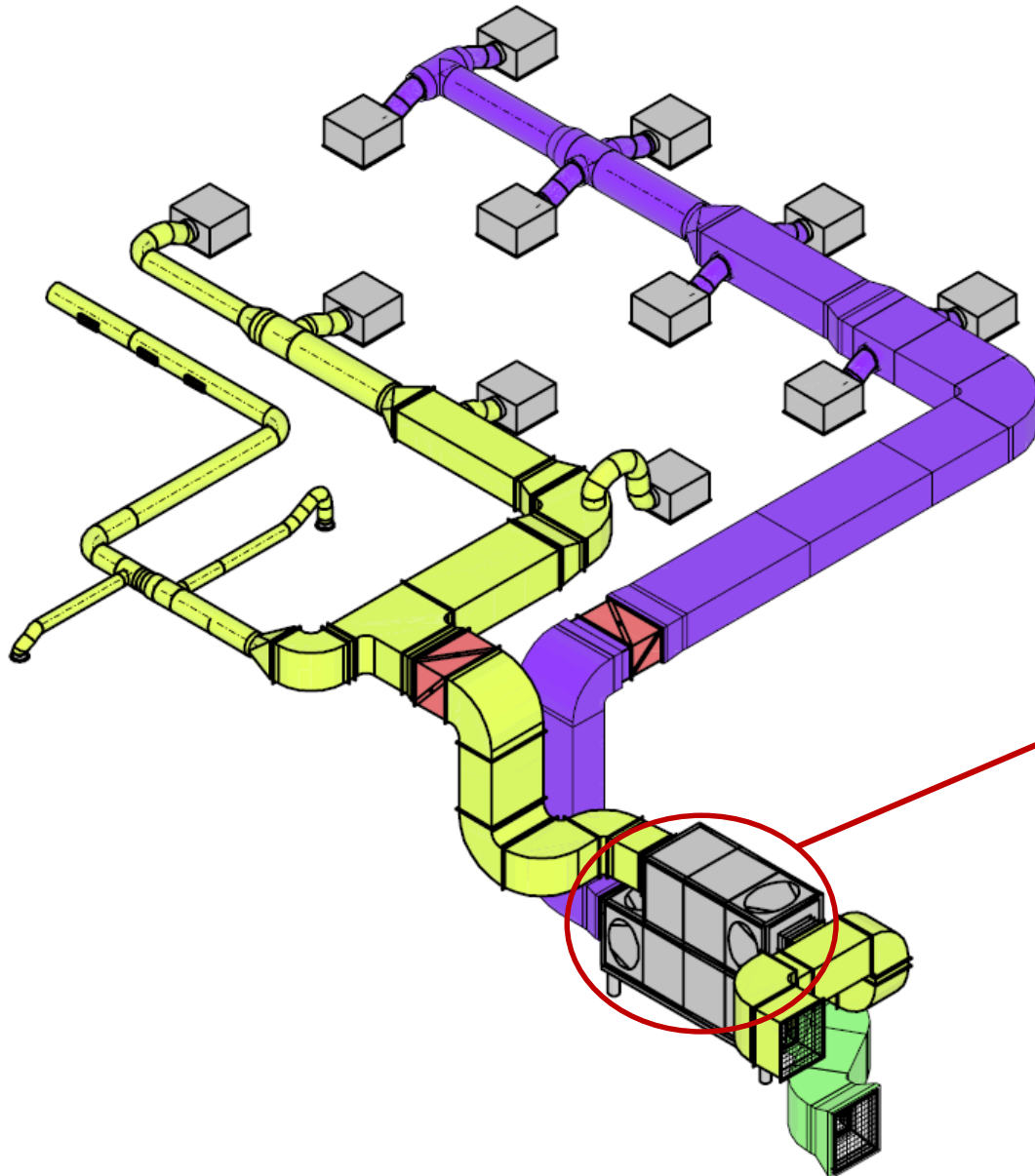


Aktuelle Raumtemperatur



Aktuelle Luftfeuchtigkeit





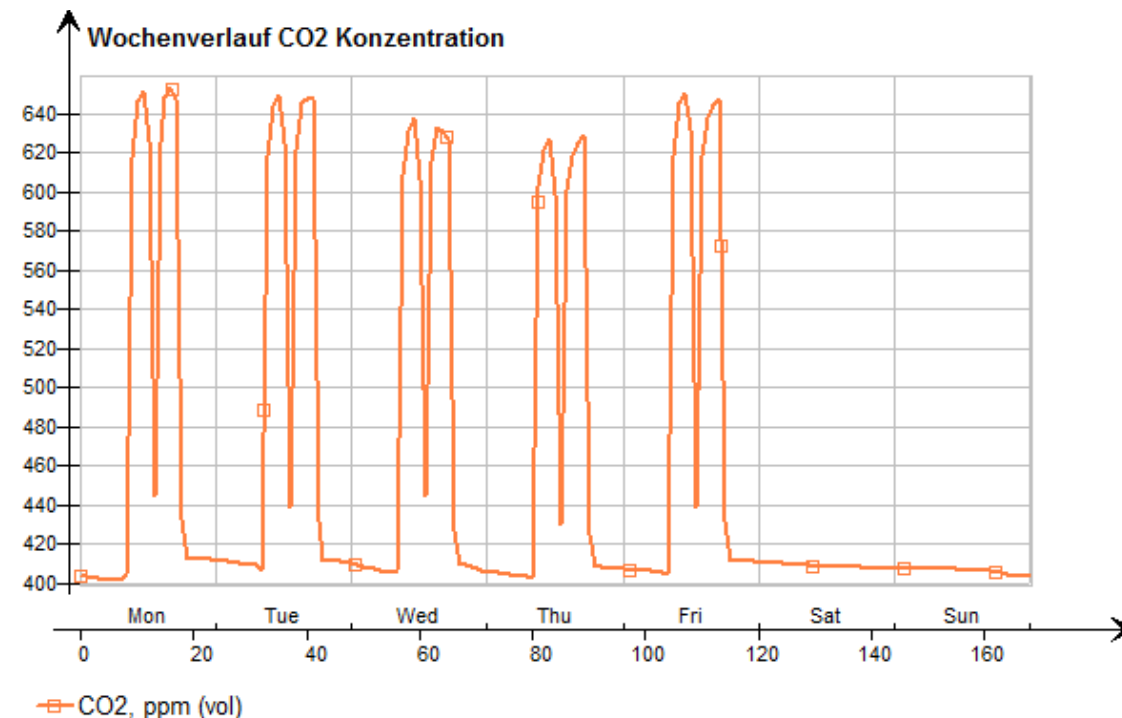
Betriebsoptimierung | Lüftungs- und Klimaanlage

Betriebszeiten reduzieren

1. Nutzungszeiten ermitteln (Belegungszeiten, ...)
2. Anforderung der Lüftung klären (Luftqualität, Kühlen, Heizen, usw.)
3. CO₂-Messung installieren
- 4. Betriebszeiten reduzieren**
 - a. Schaltuhr und Stufen richtig einstellen
 - b. Bedarfsgerechter Betrieb einführen (CO₂- oder Temperatur - Regulierung, Taster, usw.)
5. Raumkomfort und Energieverbrauch verfolgen
6. Weitere Anpassungen veranlassen

«Besser eine Stunde früher einstellen
und rechtzeitig abschalten.»

Kann die Lüftung täglich von 20 bis 6 Uhr morgens ausgeschaltet werden, sinkt deren Energieverbrauch um 40 Prozent



Betriebsoptimierung | Lüftungs- und Klimaanlage

Luftmengen richtig einstellen

1. Eingestellte Luftmenge ermitteln
2. Anforderung der Lüftung klären (Luftqualität, Kühlen, Heizen, usw.)
3. CO₂-Messung installieren
- 4. Luftmenge reduzieren**
 - a. Ventilator-Drehzahl oder VAV reduzieren
 - b. Bedarfsgerechter Betrieb einführen (CO₂- oder Temp. - Steuerung, Taster, usw.)
5. Raumkomfort und Energieverbrauch verfolgen
6. Weitere Anpassungen veranlassen

«Trockene Luft im Winter ist oft ein Zeichen für zu hohe Luftmengen und zu hohe Raumtemperaturen.»

Wird die Luftmenge halbiert, sinkt der Energieverbrauch der Lüftung um 80 Prozent

Raumtyp	Aussenluft-volumenstrom (m ³ /h Person)	angestrebte CO ₂ -Konzentration (ppm)	Anforderungen an die Raumluft (Kategorie)
Büro	36	800-1000	IDA 2 – mittel
Grossraumbüro	36	800-1000	IDA 2 – mittel
Sitzungszimmer	36	800-1000	IDA 2 – mittel
Fachgeschäft	30	800-1000	IDA 2 – mittel
Restaurant	36	800-1000	IDA 2 – mittel
Lagerhalle	36	1000-1400	IDA 3 – mässig
WC	—	1000-1400	IDA 3 – mässig
Garderobe/Du	—	1000-1400	IDA 3 – mässig
Schulzimmer	25	800-1000	IDA 2 – mittel

Luftmengenberechnung

Beispiel Grossraumbüro:

- Kühllast = 26 kW
- Raumtemperatur 26 °C
- Minimale Einblastemperatur 18°C
- 50 Personen x 36 m³/(h Person) (IDA 2)

Mischluft
 max ±8 K zum
 Raumtemperatur



Quellluft
 2-3 K unter
 Raumtemperatur

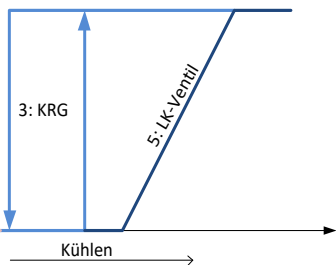


$$\dot{V} = 50 \text{ Pers.} \cdot 36 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{Pers.}} = 1'800 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \longrightarrow$$

Für die **Luftqualität**
 bei Vollbelegung Sommer
 und Winter

$$\dot{V} = \frac{26 \text{ kW} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{1.15 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \cdot (26 - 18) \text{ K}} = 10'170 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \longrightarrow$$

Für die **Kühlung**
 bei Vollast im Sommer

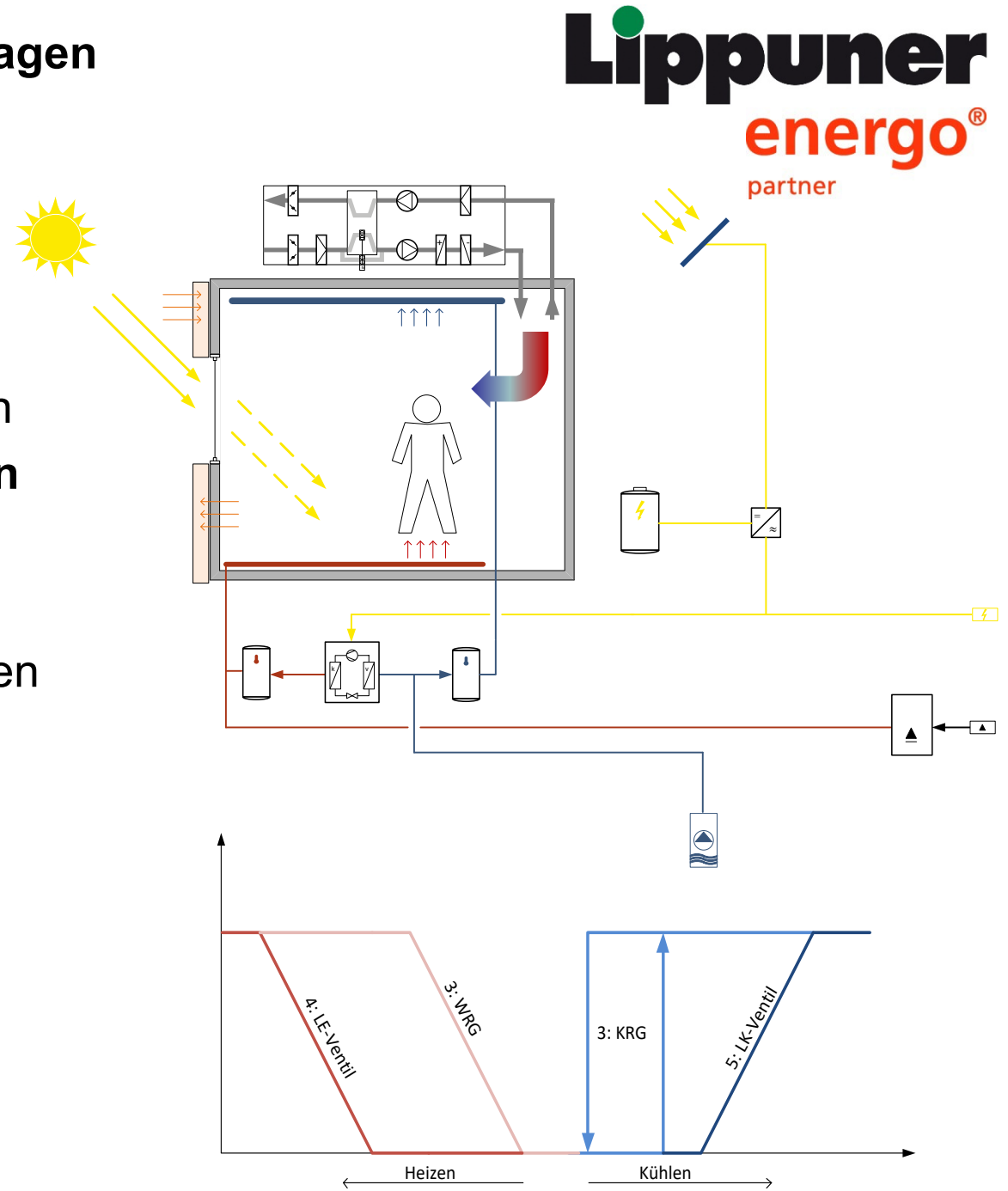


Betriebsoptimierung | Lüftungs- und Klimaanlage

Zulufttemperatur einstellen

1. Eingestellte Zulufttemperatur ermitteln
2. Anforderung der Lüftung klären (Luftqualität, Kühlen, Heizen, usw.)
3. Zusammenspiel Heizung und Kälte analysieren
- 4. Zuluft- und Raumtemperaturkurve einstellen**
Sollkurve und Sequenzen korrekt einstellen
→ Achtung Zugserscheinungen
→ Gleichzeitiges Kühlen und Heizen vermeiden
5. Raumkomfort und Energieverbrauch verfolgen
6. Weitere Anpassungen veranlassen

«Eine konstante Zulufttemperatur von 20°C ist oft energetisch und für den optimalen Komfort die beste Einstellung.»

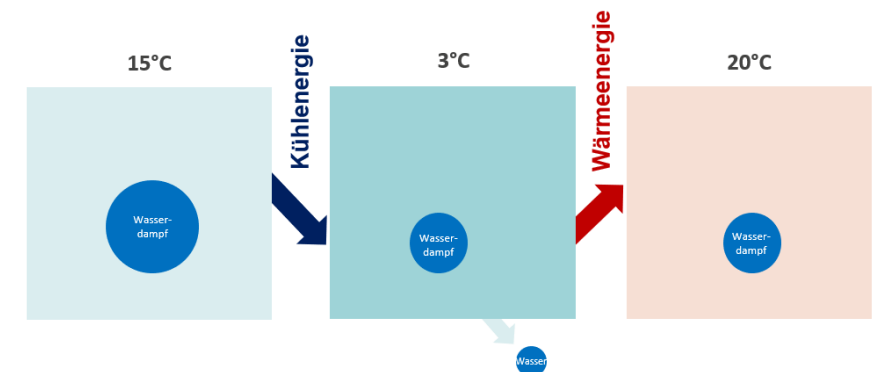
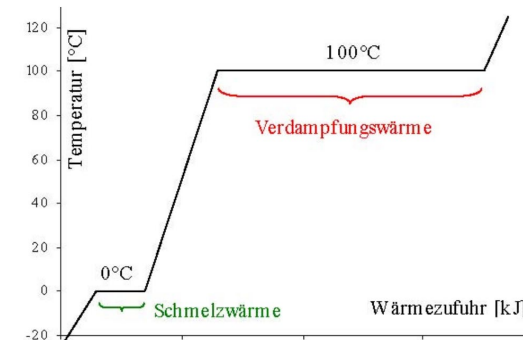
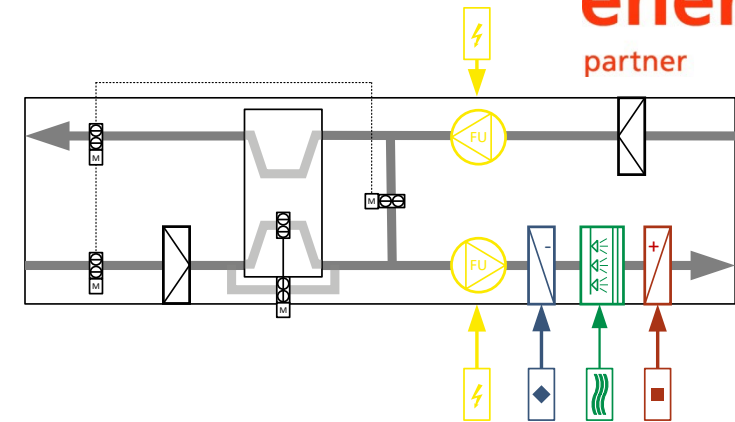


Betriebsoptimierung | Lüftungs- und Klimaanlage

Be- und Entfeuchtung richtig einstellen

1. Eingestellte Be- und Entfeuchtesollwerte ermitteln
2. Anforderung der Lüftung klären (Komfort, Prozessanforderungen, ...)
3. Feuchtemessung installieren
4. **Feuchtesollwerte korrekt einstellen oder Be-/Entfeuchtung eliminieren** (z.B. Büro)
5. Raumkomfort und Energieverbrauch verfolgen
6. Weitere Anpassungen veranlassen

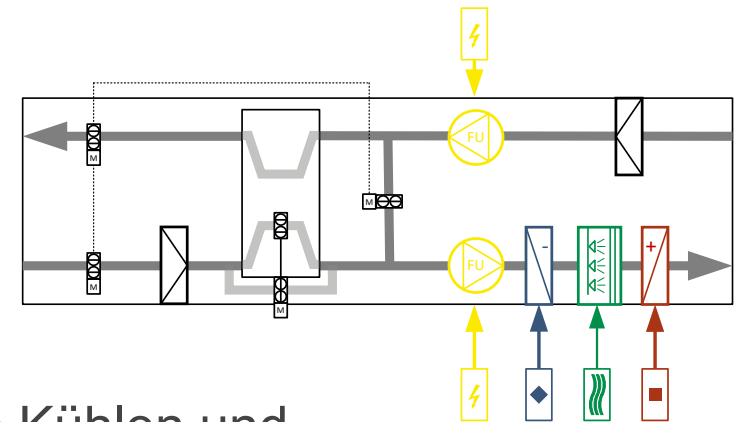
«Jedes % der Optimierung bei der Be- und Entfeuchtung hat einen grossen Effekt auf den Energieverbrauch.»



Betriebsoptimierung | Lüftungs- und Klimaanlage

Checkliste

- ❑ Bedarfsgerechter Betrieb einführen (Betriebszeiten nach CO₂ oder Belegung, Zuluft anhand Raumtemperatur, Sommer-/Winterbetrieb, ...)
- ❑ Reduzieren Luftmengen, resp. Luftwechsel
- ❑ Reduzieren Betriebszeiten
- ❑ Richtige Filterklasse und Energieeffizienzlabel beachten
- ❑ Optimieren Raumtemperatur- und Raumfeuchteanforderungen
- ❑ Optimieren Zulufttemperaturen und verhindern von gleichzeitigem Kühlen und Heizen (Zusammenspiel mit Heizung und Kühlung)
- ❑ Optimierung Freecooling/Umluftbetrieb/WRG
- ❑ Optimierung Befeuchtung und Entfeuchtung (im Idealfall ausschalten)
- ❑ Anheben Kaltwassertemperatur des LK-Registers
- ❑ Regelmässiger Service (Filterwechsel, Reinigung, Funktionsprüfung, Keilriemen spannen/auswechseln, usw.)



Betriebsoptimierungstool

Kreuzstromwärmeübertrager	Thermisch	65%	
	Feuchte	0%	
Vereisungsschutz		elektrisch (ein/aus)	
Kältereferenz		K01	
Heizregister		H01	

Bestehend

Motordaten	Zuluft	Abluft
Motorenleistung (100%)	3.0 kW	2.2 kW
Effizienzklasse	IE3 (< 2016)	IE3 (< 2016)
Volumenstrom Stufe 1	10'000 m³/h	10'000 m³/h

Betriebszeiten

Stufe 1	von	bis	von	bis
Mo.-Fr.	04:00	20:00		
Samstag	00:00	00:00		
Sonntag	00:00	00:00		

Parameter

Min. Umluft	0%
Max. Umluft	0%
Min. Raumfeuchte	35%
Max. Raumfeuchte	48%
Nachtauskühlung	nein
Grenztemp. Vereisungsschutz	

Temperaturkurve

Aussentemp.	Zulufttemp.	Raumtemp.
-10.0 °C	22.0 °C	20.0 °C
20.0 °C	22.0 °C	22.0 °C
26.0 °C	18.0 °C	25.0 °C
30.0 °C	18.0 °C	25.0 °C

Entfeuchtung	ja
Befeuchtung	Dampfgef.
Reglungsart des Volumenstroms	VAV (CO2-Temp. Zonenregler)
Raumnutzung	Büro

Optimiert

Motordaten	Zuluft	Abluft
Motorenleistung (100%)	3.0 kW	2.2 kW
Effizienzklasse	IE3 (< 2016)	IE3 (< 2016)
Volumenstrom Stufe 1	10'000 m³/h	10'000 m³/h

Betriebszeiten

Stufe 1	von	bis	von	bis
Mo.-Fr.	05:00	18:00		
Samstag	00:00	00:00		
Sonntag	00:00	00:00		

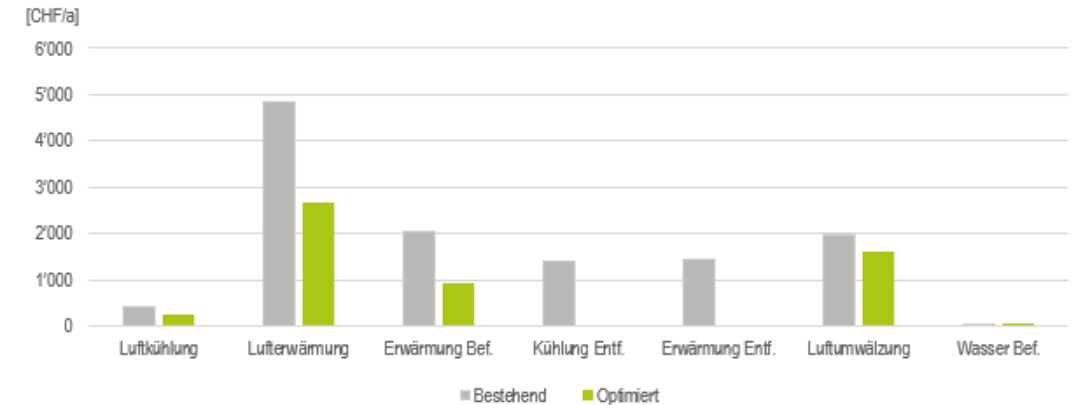
Parameter

Min. Umluft	0%
Max. Umluft	0%
Min. Raumfeuchte	30%
Max. Raumfeuchte	70%
Nachtauskühlung	nein
Grenztemp. Vereisungsschutz	

Temperaturkurve

Aussentemp.	Zulufttemp.	Raumtemp.
-10.0 °C	20.0 °C	20.0 °C
20.0 °C	20.0 °C	22.0 °C
26.0 °C	20.0 °C	25.0 °C
30.0 °C	20.0 °C	25.0 °C

Kosten Nutzenergie



Nutzenergieart

Nutzenergieart	Bestehend	Optimiert	Einsparung		
Luftkühlung	20'556 kWh	3'395 kWh	17'161 kWh	1'600 CHF	83%
Luftwärmerung	57'796 kWh	24'648 kWh	33'148 kWh	3'590 CHF	57%
Erwärmung Bef.	18'939 kWh	8'639 kWh	10'300 kWh	1'120 CHF	54%
Elektrische Energie	16'871 kWh	13'708 kWh	3'163 kWh	370 CHF	19%
Total	114'163 kWh	50'390 kWh	63'773 kWh	6'680 CHF	56%

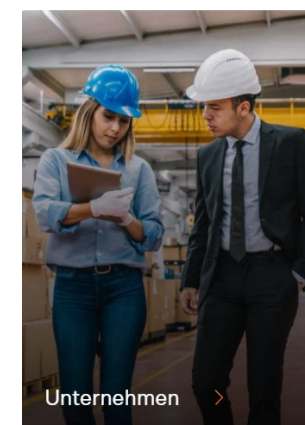
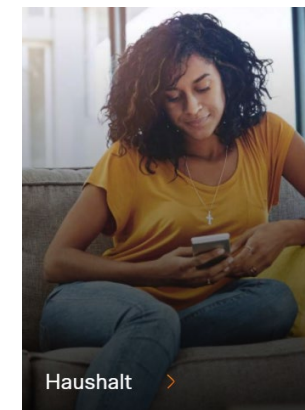
Nachschlagewerke



<https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/betriebsoptimierung>



<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11025>



<https://www.energieschweiz.ch/>

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Lippuner

Kontaktieren Sie uns:
www.lippuner-emt.com

«Ideen für Menschen
und ihre Umwelt.»

**Lippuner Energie- und
Metallbautechnik AG**

Werdenstrasse 84+86
9472 Grabs

info@lippuner-emt.com
+41 81 772 28 11