

# ANTRIEBSERSATZ IN LÜFTUNGS- ANLAGEN

PRAXISLEITFADEN



**energie schweiz**

Unser Engagement: unsere Zukunft.

# ZIEL UND ANWENDUNGSBEREICH DES LEITFADENS

---

DIESER LEITFADEN BIETET EINE PRAKTISCHE HILFESTELLUNG FÜR DIE PLANUNG UND UMSETZUNG EINES ANTRIEBSERSATZES IN EINER LÜFTUNGSANLAGE. ER ZEIGT EINEN ZWECKMÄSSIGEN ABLAUF, HILFT BEI TYPISCHEN FRAGEN UND ENTSCHEIDUNGEN, ERLEICHTERT DIE WAHL DER GEEIGNETEN TECHNOLOGIEN UND DER KORREKTEN DIMENSIONIERUNG UND WEIST AUF TYPISCHE FEHLER HIN. DER ZUM HEUTIGEN ZEITPUNKT AKTUELLE STAND DER TECHNIK UND AKTUELLE ENTWICKLUNGEN SIND BERÜCKSICHTIGT.

## TYPISCHE GRÜNDE FÜR EINEN MOTORENERSATZ SIND ZUM BEISPIEL

- Im Rahmen einer Gesamtoptimierung der Lüftung ändert sich der Betriebsbereich und die Technologie soll angepasst werden.
- Durch eine Nutzungsänderung ändert sich auch der Luftmengenbedarf.
- Der Motor ist überdimensioniert.
- Der Motor ist defekt oder alt und soll präventiv ersetzt werden.

In solchen und weiteren Fällen, in denen ein Ersatz des Motors und eventuell von weiteren Komponenten des Antriebsstrangs sinnvoll erscheint, stellen sich konkrete praktische Fragen. Welcher Motorentyp soll eingesetzt werden und welche Nominalleistung muss er bringen? Ist ein Frequenzumrichter sinnvoll? Soll der Riemen auch ersetzt werden? Mit welchem Typ? Oder soll gleich auf Direktantrieb umgebaut werden? Passt der Ventilator noch oder lohnt es sich, diesen auch zu ersetzen? Muss der Schaltschrank und die Verkabelung angepasst werden? Neben solchen und weiteren Entscheidungen gilt es auch Fehler und Fallen in der Umsetzung zu vermeiden.

Dieser Leitfaden beschränkt sich auf das Thema Antriebsersatz in Lüftungsanlagen. Das darf aber nicht mit einer energetischen Optimierung der Lüftungsanlage gleichgesetzt werden. Mit der Optimierung von Luftmengen, Laufzeiten oder Druckverlusten können meist deutlich höhere Energieeinsparungen erreicht werden, als bei einem simplen Ersatz eines alten Motors durch einen neuen. Merkblätter und Anleitungen für die Gesamtoptimierungen von Lüftungsanlagen sind bei Topmotors, SIA und EnergieSchweiz verfügbar (siehe Infobox unten).



### INFOBOX

#### INFORMATIONSQUELLEN LÜFTUNGSOPTIMIERUNG

- Topmotors Merkblatt 24: Luftförderung in Gebäuden und bei industriellen Anlagen  
[www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch)
- Topmotors Merkblatt 25: Frequenzumrichter  
[www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch)
- Checkliste Effiziente Lüftungsanlagen von EnergieSchweiz und suissetec  
[www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)
- SIA 382/1 für allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage

# TECHNOLOGIE-ÜBERSICHT

---

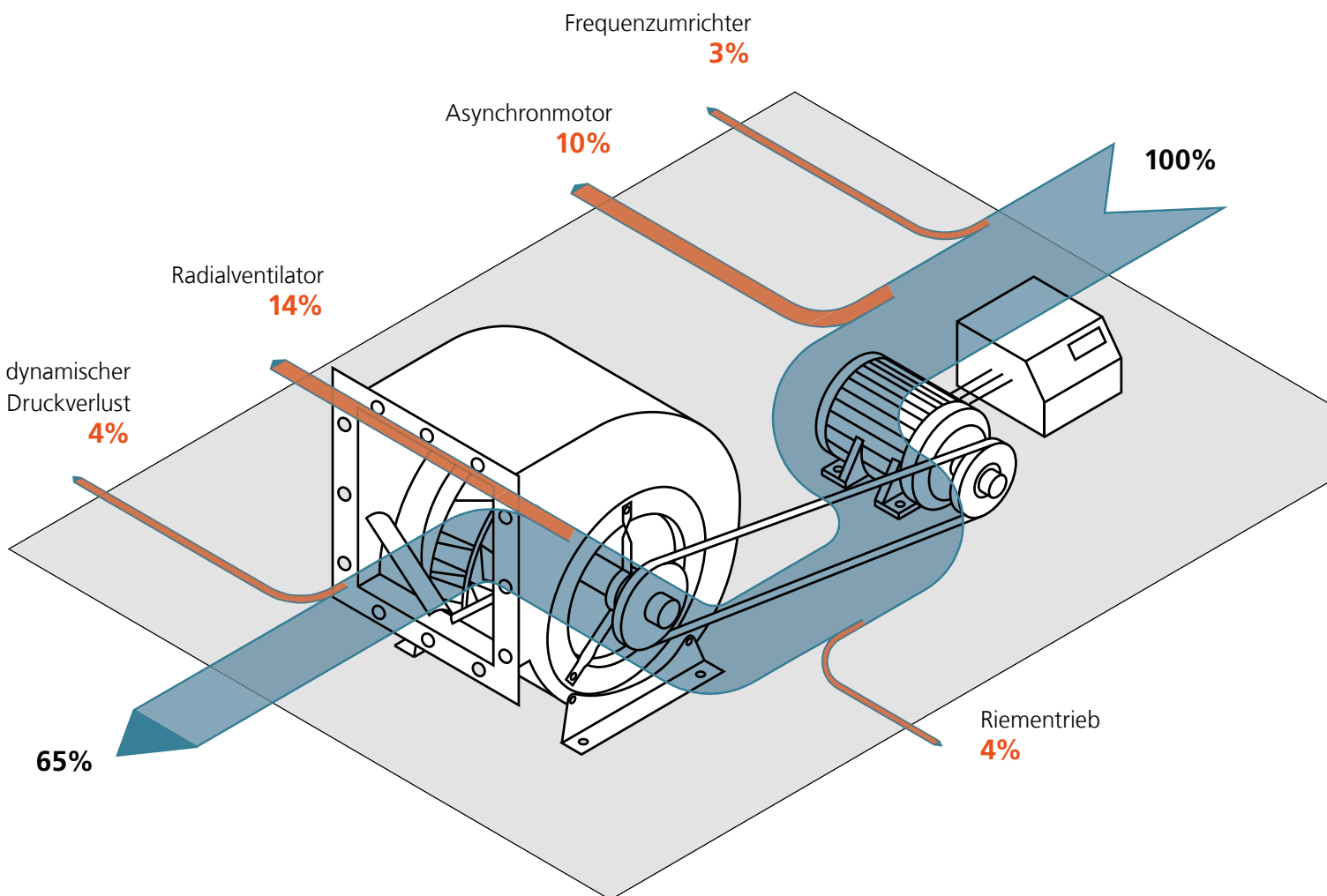
BEI EINEM MOTORENERSATZ MUSS DAS GESAMTE ANTRIEBSSYSTEM BETRACHTET WERDEN. DIESES BESTEHT NEBEN DEM MOTOR AUS EINEM ALLFÄLLIGEN FREQUENZUMRICHTER UND DER KRAFT-ÜBERTRAGUNG AUF DEN VENTILATOR (ÜBER RIEMEN ODER DIREKT). EBENFALLS MUSS, FALLS EIN DIREKTANTRIEB IN FRAGE KOMMT ODER SICH DIE BETRIEBSBEDINGUNGEN GEÄNDERT HABEN, AUCH DER VENTILATOR UND DIE EINBAUSITUATION MIT EINBEZOGEN WERDEN. DIE SCHEMATISCHE DARSTELLUNG IN **ABBILDUNG 1** ZEIGT DIE WICHTIGSTEN KOMPONENTEN EINES MOTOR-/VENTILATOR-SYSTEMS MIT TYPISCHEN VERLUSTANTEILEN DER EINGESETZTEN ELEKTRISCHEN ENERGIE.

Die in der Vergangenheit meist verwendeten Technologien im Lüftungsbereich sind **Radialventilatoren**, **Riemenantrieb mit Keil- oder Flachriemen** und **Asynchronmotoren**.

Ein Motorenersatz ist auch die Gelegenheit, andere, eventuell effizientere und wirtschaftlichere Technologien in Betracht zu ziehen.

Im Folgenden wird eine kurze Übersicht der relevanten Technologien gegeben, inklusive neuerer Entwicklungen für die Luftförderung in Lüftungs- und Klimaanlage, wie Direktantrieb mit kompakten EC-Motoren, Permanentmagnetmotoren und Synchronreluktanzmotoren.

**Abbildung 1:** Auftretende Verluste der eingebrachten elektrischen Energie (100%) in einem Motor-/Ventilator-System (Quelle: Nicotra Gebhardt)



---

## MOTOREN

### ASYNCHRONMOTOREN

Die in Lüftungsanlagen heute noch am häufigsten angetroffenen Motoren sind vom Typ Asynchronmotor. Diese werden mit Wechselstrom betrieben. Die Drehzahl des Motors ist direkt von der Wechselstromfrequenz, der Anzahl Pole des Motors und der Drehmomentbelastung (Schlupf) abhängig. Ein mit 50 Hz Netzstrom betriebener 2-poliger Asynchronmotor dreht mit knapp 3000 min<sup>-1</sup>, ein 4-poliger mit knapp 1500 min<sup>-1</sup>. Solche Motoren sind weit verbreitet. Deren Wirkungsgrade sind mit den Energieeffizienzklassen IE1 bis IE4 standardisiert. Gemäss geltender Norm IEC 60064-30-1 muss seit Anfang 2017 im Leistungsbereich von 0,75 kW bis 375 kW mindestens ein IE2-Motor mit Drehzahlregelung oder ein IE3-Motor eingesetzt werden. Durch die lange Lebensdauer der Motoren rentieren grundsätzlich immer die effizientesten Motoren. Der Wirkungsgrad ist bei grossen Motoren besser als bei kleinen (siehe **Abbildung 2**). Die Drehzahl von Asynchronmotoren kann über die Anpassung der Wechselstromfrequenz mit einem separaten Frequenzumrichter (FU) gesteuert werden.

Falls weder Effizienzklassen noch Wirkungsgrade bekannt sind, können Asynchronmotoren auch vereinfacht anhand ihres Baujahres den Energieeffizienzklassen gemäss **Tabelle 1** zugeordnet werden.

### PERMANENTMAGNETMOTOREN (PM)

In Permanentmagnetmotoren wird das Magnetfeld im Rotor mit Permanentmagneten statt mit Kupferwicklungen erzeugt. Eine integrierte oder aufgebaute Elektronik steuert die Motorendrehzahl. Diese Motoren sind teurer als Asynchronmotoren, die Effizienz ist jedoch deutlich höher, insbesondere auch im Teillastbetrieb. IE4 wird standardmässig erreicht.

Ein Kritikpunkt an Permanentmagnet-Motoren ist, dass für die Magnete häufig exotische Metalle auf Basis von Seltenen Erden verwendet werden, welche ökologisch problematisch sind. Aus Gründen der Nachhaltigkeit und Kostensenkung gewinnen Motoren mit weniger effizienten, dafür ökologisch unkritischeren, preiswerteren Ferritmagneten an Bedeutung.

### EC-MOTOREN

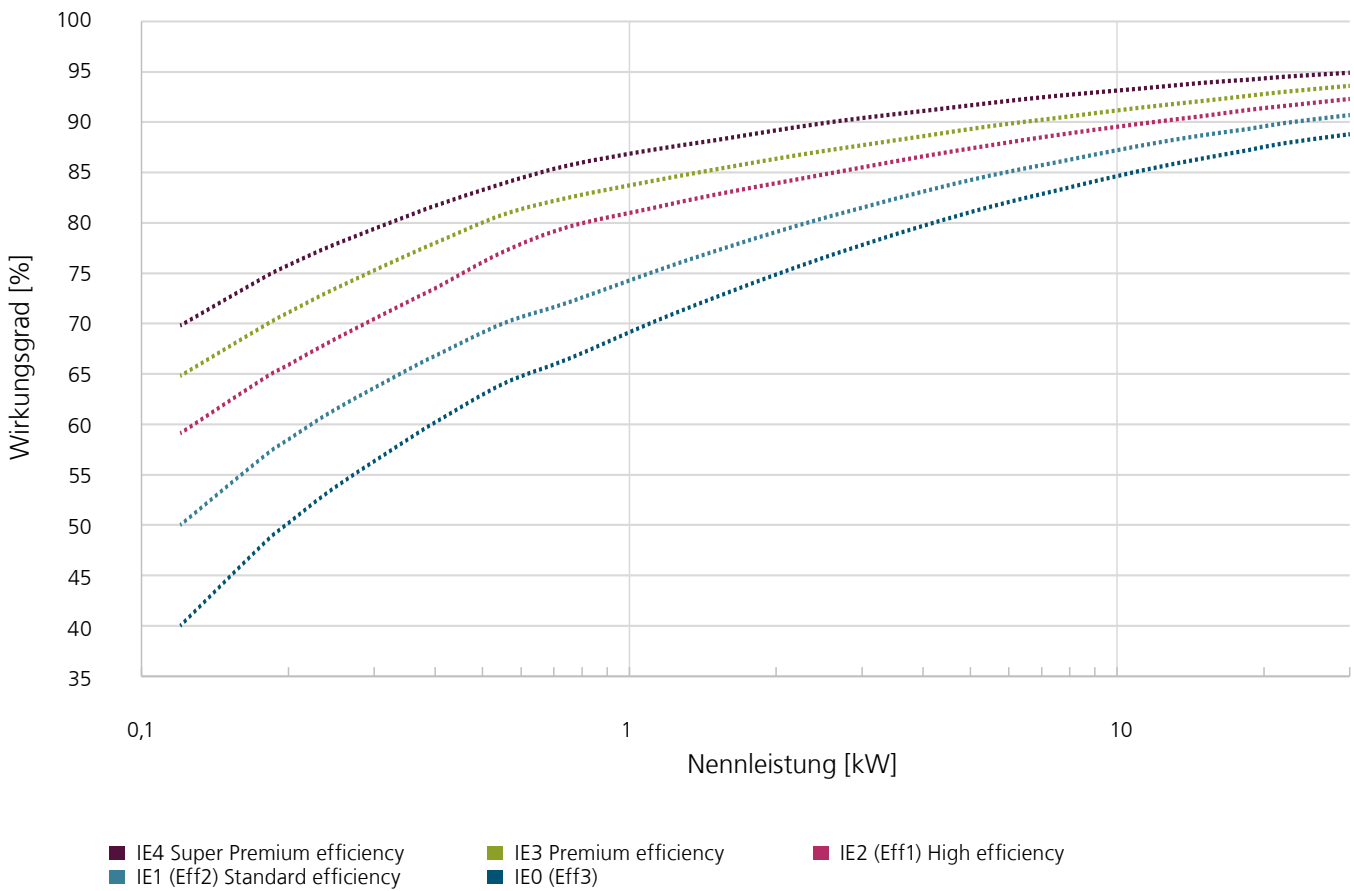
Für kompakte Permanentmagnetmotoren mit integrierter Elektronik ist die Bezeichnung EC-Motor geläufig. EC-Motoren wurden in der Vergangenheit hauptsächlich im kleineren Leistungsbereich bis 1 kW eingesetzt. Inzwischen stehen EC-Motoren aber auch für mittelgrosse Anwendungen im Lüftungsbereich bis 10 kW und bis Luftmengen von 20'000 m<sup>3</sup>/h zur Verfügung. Die Drehzahl der EC Motoren wird direkt über ein Steuersignal an den integrierten Motorcontroller gesteuert (typischerweise mit einem 0–10 V-Signal oder per Modbus). Ein zusätzlicher FU entfällt. Bei solchen Kompaktmotoren treten keine Probleme mit der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) auf.

Aufgrund der Flexibilität und des hohen Wirkungsgrades sind EC-Motoren mit Direktantrieb in neuen Lüftungsgeräten bis ca. 4 kW bereits Standard.

### SYNCHRONRELUKTANZMOTOREN (SRL)

Synchronreluktanzmotoren haben, ähnlich wie Permanentmagnetmotoren, keine Wicklung auf dem Rotor. Jedoch kommen diese Motoren ganz ohne Magnetisierung des Rotors und damit auch ohne aus Ressourcensicht problematische Metalle aus und erreichen ebenfalls hohe Wirkungsgrade gemäss Effizienzklasse IE4. Der Wirkungsgrad ist vor allem im Teillastbetrieb sehr gut. Die Technologie ist noch nicht weit verbreitet und wird aktuell hauptsächlich von ABB, Siemens und KSB weiterentwickelt und angeboten. Erst seit kurzem sind diese Motoren auch im unteren Leistungsspektrum (<5 kW) auf dem Markt erhältlich. Bei den kleineren Motoren wird aber noch nicht in jedem Fall die Effizienzklasse IE4 erreicht. Die Motoren müssen im Paket mit abgestimmten FU installiert werden. Bei grösseren Motoren und häufigem Teillastbetrieb kann diese Variante wirtschaftlich sein. Die Effizienz- und Preisentwicklung sollte im Auge behalten werden.

**Abbildung 2:** Mindestwirkungsgrade von 4-poligen Asynchronmotoren gemäss IEC-Effizienzklassen von 0,12 bis 30 kW Nennleistung (Quelle: IEC 60034-30-1).



**Tabelle 1:** Vereinfachte Zuordnung von Effizienzklassen bei Asynchronmotoren anhand des Motorenbaujahres (Quelle: **topmotors – Merkblatt 13**).

Baujahr	Effizienzklasse
vor 2000	IE0 (Eff3)
ab 2000	IE1 (Eff2)
ab 2012	IE2 (Eff1)
ab 2015	IE3

---

## FREQUENZUMRICHTER

Frequenzumrichter (FU) erlauben die effiziente Drehzahlregelung von Asynchronmotoren durch die Anpassung der Wechselstromfrequenz der Motorenspeisung. Sie kommen zum Einsatz, wo der Bedarf nach variablen Luftmengen besteht.

Der FU wird entweder getrennt, ausserhalb des Lüftungsgerätes aufgestellt (z.B. im Schaltschrank) oder er ist direkt auf den Motor aufgebaut. Die Installation eines aufgebauten FU ist einfacher und die Anforderungen an die Verkabelung sind tiefer (Leitungslänge, EMV, Abschirmungen). Der elektrische Anschluss und die Integration in die Anlagensteuerung müssen gewährleistet sein. Allenfalls sind hier Nachrüstungen vorzusehen.

Sowohl beim Motor als auch beim FU sinkt der Wirkungsgrad in Teillast. FU sollten daher nicht dafür verwendet werden, einen überdimensionierten Motor konstant auf Teillast zu fahren.

## TRANSMISSION

### RIEMENANTRIEB

In bestehenden Lüftungen wird die Kraft meist per Riemenantrieb vom Motor auf den Ventilator übertragen. Bei älteren Anlagen sind Keilriemen typisch. Der Motorenersatz sollte auch dazu genutzt werden, ein allfälliges Verbesserungspotenzial beim Riemenantrieb zu nutzen. Klassische Keilriemen können heute wegen den hohen Reibungsverlusten, dem erhöhten Wartungsaufwand durch die Riemenwechsel und der Verschmutzung durch Abrieb nicht mehr empfohlen werden.

Flachriemen und die moderneren selbstspannenden Schmalkeilriemen und Zahnriemen unterscheiden sich in der Praxis nicht wesentlich in der Effizienz und können alle, je nach Situation und Präferenz, eine gute Wahl sein.

- Flachriemen sind sehr gut verfügbar, effizient und kostengünstig, üben aber aufgrund der erforderlichen Riemen Spannung eine beträchtliche Kraft auf Motor- und Ventilatorlager aus. Die zulässige Lagerbelastung der bestehenden Anlage muss vor einem Ersatz abgeklärt werden, um Lagerschäden zu vermeiden. Die Wartung erfordert weniger Riemenwechsel, dafür muss die Riemen Spannung und -ausrichtung regelmässig überprüft werden, was Knowhow und Spezialwerkzeuge erfordert.
- Zahnriemen sind sehr effizient und wartungsarm, stellen aber hohe Anforderungen an die Achsparallelität und sind für tiefere Betriebsstunden ausgelegt als andere Riementypen. Zahnriemen üben durch die direkte Kraftübertragung beim Anfahren ohne FU oder Softstarter einen «Momentstoss» aus. Dieser führt zu erhöhter mechanischer Belastung.
- Selbstspannende Schmalkeilriemen sind eine neuere Entwicklung und können ein guter Kompromiss für den Ersatz von älteren Keilriemensystemen sein. Diese sind deutlich effizienter und wartungsarmer als klassische Keilriemen, sind fehlertolerant und üben keine hohe Lagerbelastung aus.



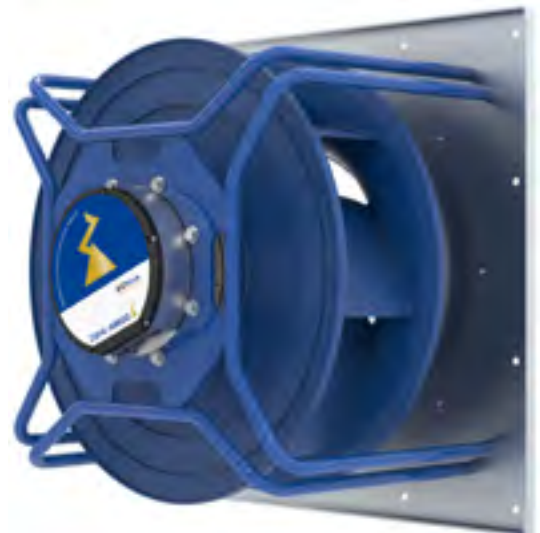
## DIREKTANTRIEB

Beim Direktantrieb sind Motor und Ventilator auf derselben Welle montiert. Die Kraftübertragung ist verlust- und wartungsfrei. Als Motor kann sowohl ein Asynchron- als auch ein EC-Motor zum Einsatz kommen. In neueren Entwicklungen ist ein kompakter EC-Motor direkt in den Ventilator eingebaut. Dies ist bei Neuanlagen bis ca. 4 kW Motorleistung mittlerweile Standard (**Abbildung 3**). Direktantriebe mit Asynchronmotoren sind heute bei kleinen Anlagen die Ausnahme (**Abbildung 4**).

Wenn ein Riemenantrieb auf Direktantrieb umgebaut werden soll, ist immer auch der Ersatz des Ventilators erforderlich, zudem muss die Einbausituation dafür geeignet sein. Die Investitionskosten sind höher als bei einem reinen Motorenersatz. In einer Lüftungsanlage ändern sich bei einem Umbau auf Direktantrieb die Strömungsverhältnisse und für eine gute Effizienz müssen die Herstellervorgaben in Bezug auf Wandabstände und Geometrie beachtet werden. Eine Umrüstung eines Radialventilators mit Riemenantrieb und Asynchronmotor auf einen Direktantrieb mit EC-Motor ist in **Abbildung 5** im Vorher-Nachher-Vergleich gezeigt.

Eine Kosten-Nutzen-Berechnung gibt Aufschluss, ob die Mehrinvestition durch die zusätzlichen Einsparungen aufgrund der höheren Effizienz gerechtfertigt ist. Im Vergleich zu einem System mit konstanter Drehzahl kann die Regelbarkeit zusätzliche Vorteile bringen.

**Abbildung 3:** Direktantrieb Kompaktsystem mit EC-Motor  
(Quelle: Ziehl-Abegg)



**Abbildung 4:** Direktantrieb mit Asynchronmotor  
(Quelle: Ziehl-Abegg)



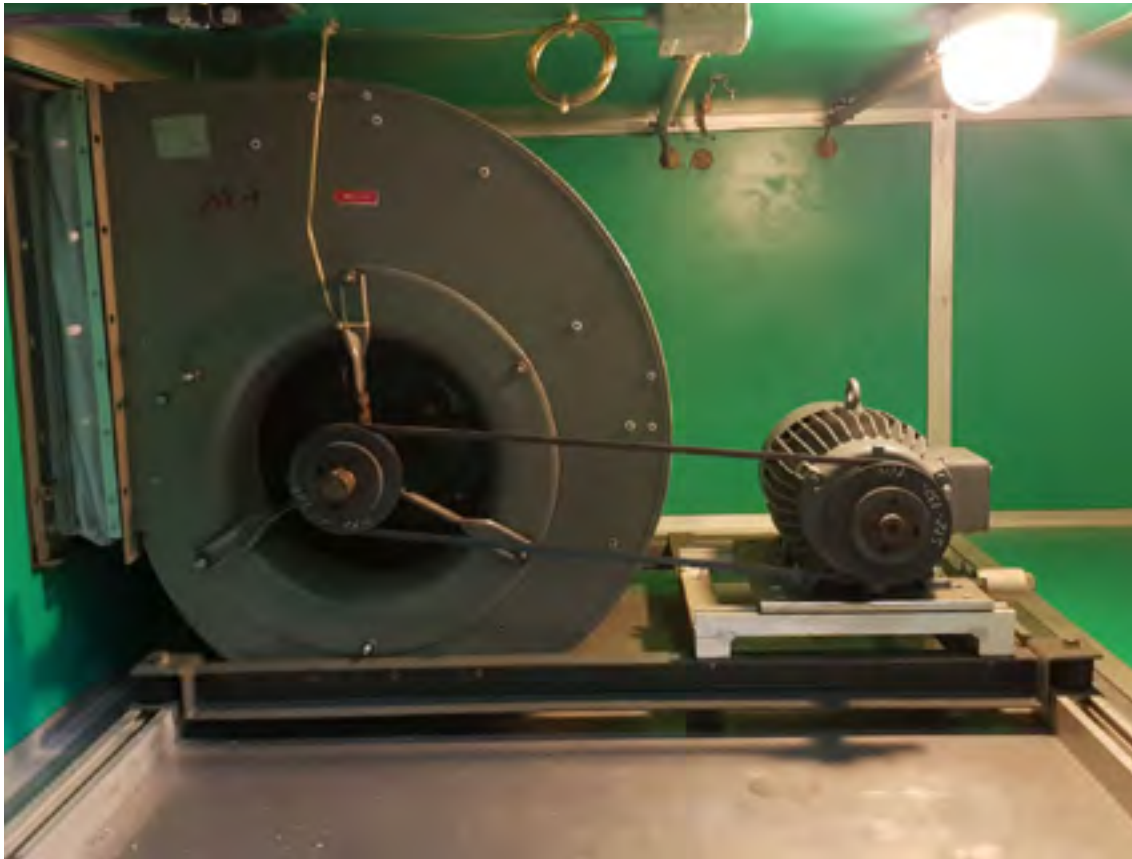
---

## VENTILATOR

Auf die Ventilator-technologie wird im Rahmen dieses Leitfadens nicht vertieft eingegangen. Oft wird ein Ventilator nicht ersetzt, wenn er mechanisch noch funktionsfähig ist. Der Aus- und Einbau ist aufwändig und die Wirkungsgrade von baugleichen Radialventilatoren im Bereich Lüftungsanlagen haben sich in den letzten Jahren nicht signifikant gesteigert. In folgenden Situationen sollte jedoch ein Ventilatorersatz in Betracht gezogen werden:

- Der bestehende Ventilator hat eine ineffiziente Bauweise (z.B. Radialventilator mit vorwärts gekrümmte Schaufeln, Trommelläufer) oder ist defekt.
- Möglichkeit eines Ersatzes mit einem Kompaktsystem (EC-Motor mit direkt angetriebenen Ventilator als Einheit).
- Der bestehende Ventilator läuft in einem falschen Betriebsbereich.
- Es sind auch andere Anpassungen am Lüftungsgerät, am Luftverteilsystem oder Anpassungen an den Luftmengen, resp. deren Regelung geplant.

**Abbildung 5:** Beispiel eines Umbaus auf Kompaktsystem mit EC-Motor und Freiläufer-Ventilator. Der neue Ventilator ist an eine neu eingebaute Zwischenwand montiert. (Quelle: EE AG Hinwil)



# VORGEHEN BEI EINEM ERSATZ DES ANTRIEBSSYSTEMS

---

BEVOR EIN MOTOR UND KOMPONENTEN DES ANTRIEBSSTRANGS ERSETZT WERDEN, MÜSSEN DIE BEDARFSGERECHTEN MAXIMALEN LUFTMENGEN UND DER BETRIEBBEREICH BEKANNT UND WENN MÖGLICH OPTIMIERT WORDEN SEIN. DER ERSATZ ODER TEILERSATZ DES ANTRIEBSSYSTEMS ERFOLGT DANN GEMÄSS DEM IN **ABBILDUNG 6** DARGESTELLTEN ABLAUF.

## VORABKLÄRUNGEN

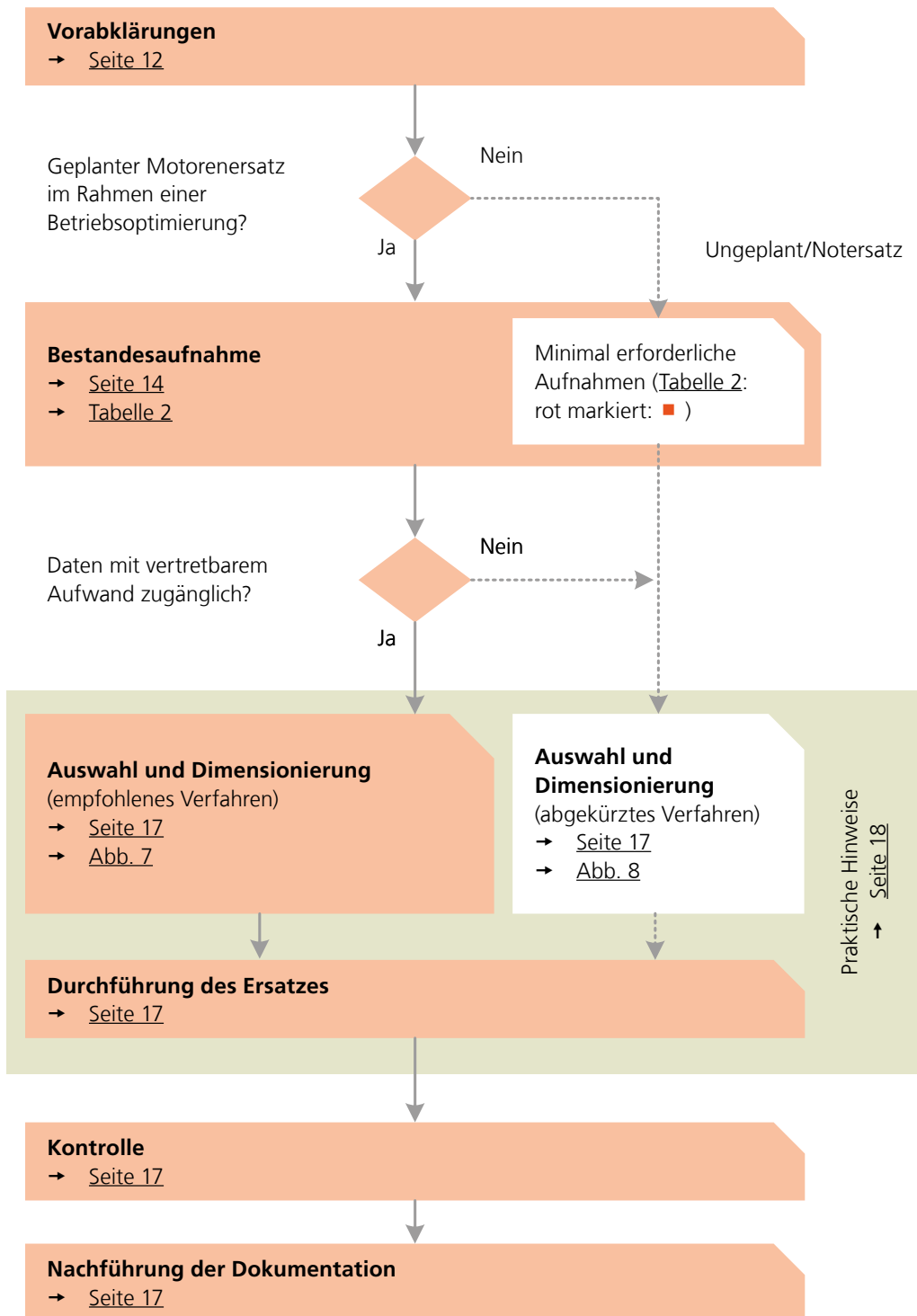
Vor dem Motorenersatz sollte das Gesamtsystem kritisch betrachtet werden. Allfällige Betriebsoptimierungen sollten vor dem Motorenersatz durchgeführt und der Erfolg beobachtet werden. Für Betriebsoptimierung und die Auslegung von Lüftungsanlagen stehen verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung (**Infobox**). Der vorliegende Leitfaden deckt diese Themen nicht ab.

Bei einem Antriebsersatz muss das neue System von Motor, Antrieb und Ventilator auf die effektiven zukünftigen Anforderungen ausgelegt werden. Es gilt Fälle zu erkennen, in welchen sich bereits in der Vergangenheit Nutzung und Anforderungen an die Lüftung geändert haben oder wo solche Änderungen geplant sind.

Nach diesen Vorabklärungen kann entschieden werden, ob der neue Motor auf Basis der bestehenden Geräte ausgelegt werden soll oder ob davon abgewichen wird. Die folgenden Fragen sind beantwortet:

- Ist die Lüftungsanlage oder das betroffene Lüftungsgerät noch erforderlich?
- Haben sich die Nutzungsbedingungen geändert oder wurden in der Vergangenheit Parameter verändert und wenn ja, wie?
- Sind Massnahmen an der Lüftungsanlage geplant?
- Ist ein Motorenersatz wirklich sinnvoll, ist der Zeitpunkt richtig?

**Abbildung 6:** Ablauf eines Motorenersatzes als Massnahme einer Lüftungsoptimierung



## BESTANDESAUFNAHME

Für den Motorenersatz werden relevante Daten zum Motor, Antrieb, Ventilator und der Regelung der bestehenden Installation erfasst. Diese dienen als Entscheidungshilfe und Dimensionierungsgrundlage für den weiteren Projektverlauf. In **Tabelle 2** sind die zu erfassenden Daten für einen zukünftig sicheren, wartungsarmen und effizienten Betrieb aufgeführt. In der Tabelle sind die Punkte rot markiert, welche auch bei einem ungeplanten Ersatz oder bei erschwerten Umständen aufgenommen werden müssen.

**Tabelle 2:** Zu erfassende Daten bei der Bestandsaufnahme (rot markiert die Daten, welche auch bei einem ungeplanten Ersatz zu erfassen sind)

### VENTILATOR

- Ventilortyp
- Wellenleistung
- Zustand
- Messung von Volumenstrom und Druckdifferenz

Ventilator Kennlinie

Platzverhältnisse, Einbauart

### MOTOR

- Nennleistung (bzw. Nennleistung Stufe 1 und 2)
- Einstufig oder zweistufig?
- Mit FU betrieben?

Messung Leistungsaufnahme Motor

Wirkungsgrad, evtl. Alter

### REGELUNG/LAUFZEITEN

- Laufzeiten (Stufe 1 und 2)

Laufzeitprofil bei Motor mit FU

Anforderungen aus der Nutzung

### ELEKTRISCHE ERSCHLIESSUNG

- Alter des Schaltschranks und Platz im Schaltschrank
- Steuersignal für Lüftung vorhanden?

Querschnitte Motorenkabel, Schirmung?

Absicherungen

### TRANSMISSION

- Bestehende Transmission

Scheibendurchmesser

Einstellungsmöglichkeiten und Steifigkeit für genaue Achsausrichtung

---

Radial mit vorwärts- oder rückwärtsgekrümmte Schaufeln oder axial, Spiralgehäuse oder freilaufend

Nominaler Leistungsbedarf, vom Datenblatt oder Typenschild; benötigt für die Auslegung des neuen Motors

Zustand von Lager, sowie Korrosion und Abrasion

Bei Nominalbedingungen, bzw. bei den verschiedenen typischen Betriebspunkten; wichtig bei Ventilatorersatz

Für Aussagen zum Betriebsbereich und der Dimensionierung des neuen Motors, idealerweise mit gemessenem Volumenstrom und Druckdifferenz

Für Abschätzung, ob Ersatz mit Direktantrieb sinnvoll sein könnte

---

Datenblatt oder Typenschild des Motors

Zur Bestimmung der neuen Motorenleistung und Entscheid FU oder nicht

Zur Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades; Berücksichtigung bei der Dimensionierung des Ersatzmotors

Datenblatt, Wirkungsgrad aus Typenschildangaben berechnen oder nach Alter abschätzen (siehe **Tabelle 1**)

---

Bei zweistufigen Motoren die Laufzeiten auf Stufe 1 und 2

Auswertung der Laufzeiten auf Teillast und der Variationen.

Läuft der Motor (fast) immer auf Teillast, (fast) immer auf Volllast oder ist die Variabilität hoch?

Konstanter oder variabler Luftbedarf (z.B. variable Personenbelegung, Kühlung mit Lüftung)?

---

Bei Modifikationen kann ein erneuter Sicherheitsnachweis (SINA) erforderlich sein; bei alten Schaltschränken kann dies zu teuren Nachrüstungen führen

Gibt es eine Lüftungssteuerung mit digitalem oder analogem Signal, ev. Bus? erforderlich für FU

Zur Bestimmung, ob der Ersatz der Motorenkabel erforderlich ist

Ev. sind durch den Motorenersatz Anpassungen an den Absicherungen erforderlich

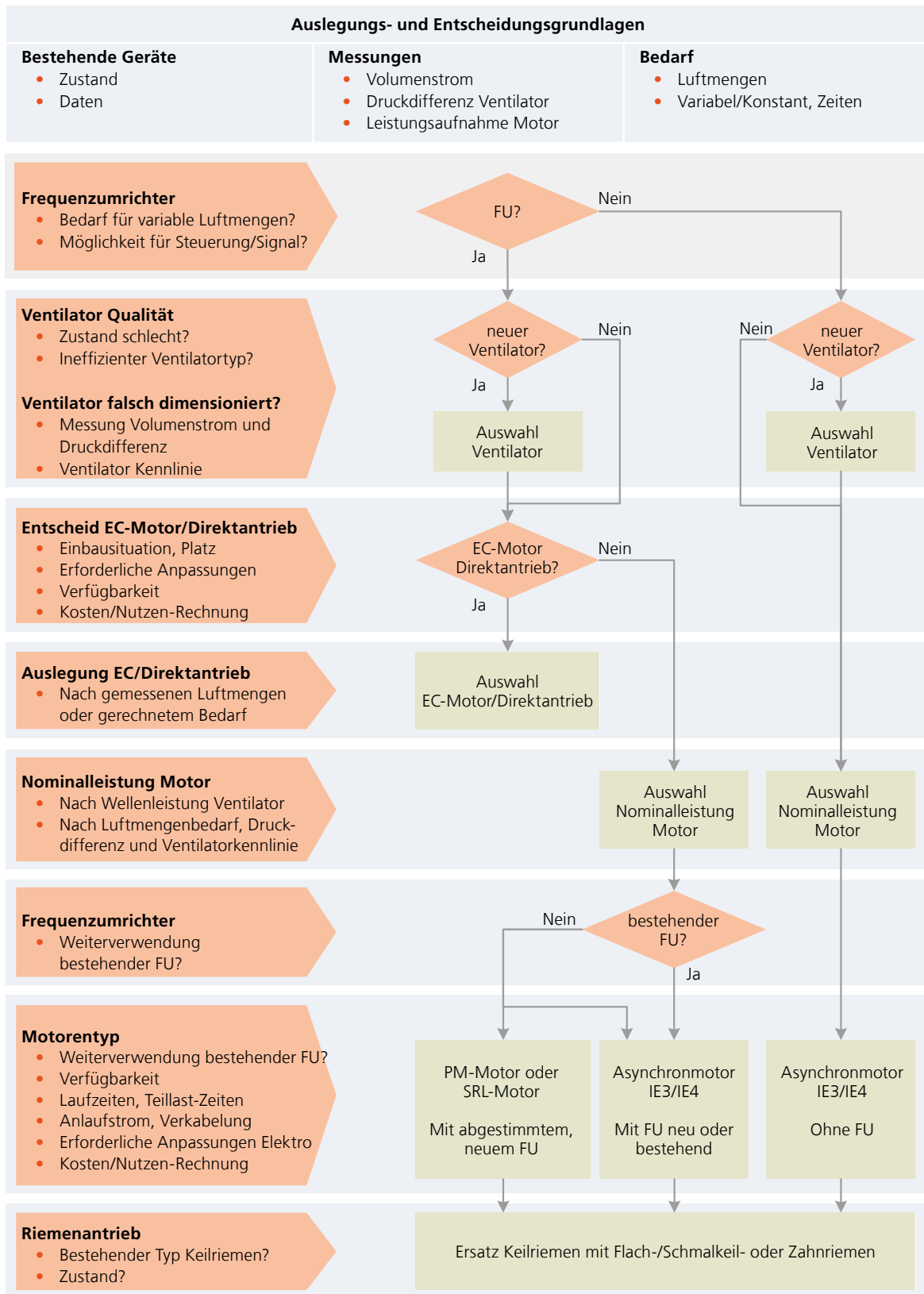
---

Flach-, Zahn-, Keil- oder Schmalkeilriemen oder Direktantrieb

Aus Datenblättern oder vor Ort gemessen

Falls neu Flach- oder Zahnriemen in Betracht gezogen werden, müssen hohe Anforderungen an die Achs-Parallelität und Lagerbelastbarkeit erfüllt sein

**Abbildung 7:** Vorgehen für die Technologiewahl und Dimensionierung mit vertieften Abklärungen oder bei geändertem Lüftungsbedarf





## AUSWAHL UND DIMENSIONIERUNG

In der **Abbildung 7** ist der empfohlene, systematische Weg für die Auswahl der Komponenten und die korrekte Dimensionierung dargestellt.

In Fällen, in denen Abklärungen bezüglich Technologievarianten und Messungen nicht zu rechtfertigen sind (Dringlichkeit, Kosten/Nutzen), sollte trotzdem systematisch vorgegangen werden um grobe Fehler bei der Dimensionierung zu vermeiden. **Abbildung 8** zeigt ein vereinfachtes Vorgehen für die Bestimmung der Nominalleistung des neuen Motors und den Entscheid für oder gegen einen FU.

## AUSFÜHRUNG, KONTROLLE UND DOKUMENTATION

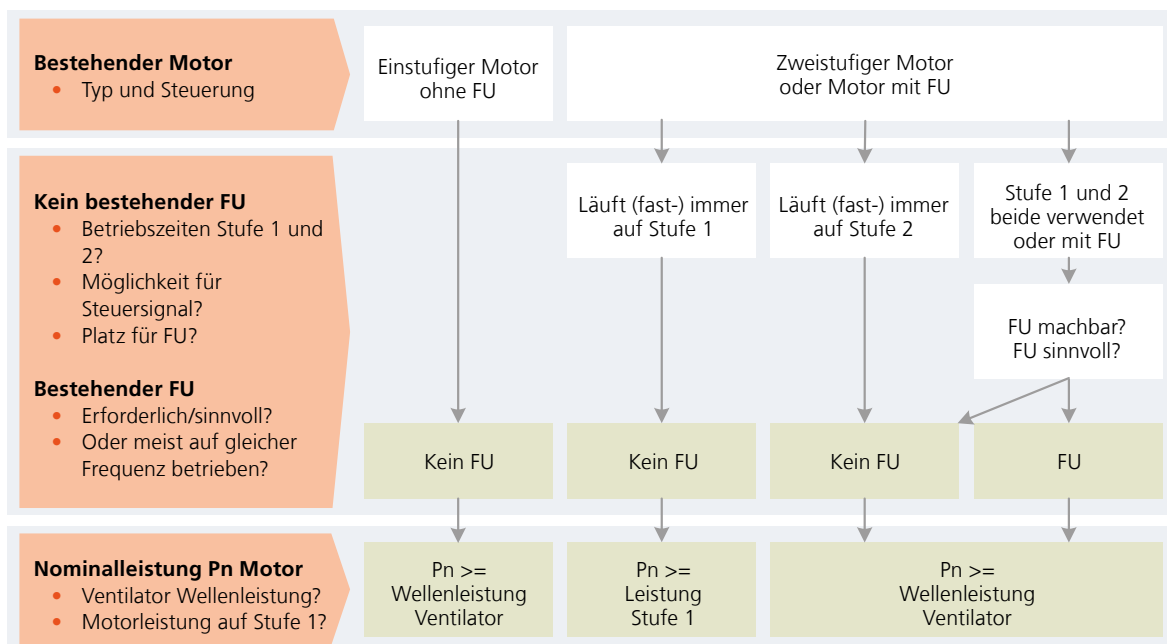
Nach dem Motorenersatz sollte die Leistungsaufnahme des Motors in den typischen Betriebspunkten gemessen werden (bzw. vom Unternehmer verlangt werden), um den effizienten Betrieb des Motors zu verifizieren.

Allenfalls sind Messungen von Luftmengen und Differenzdruck angebracht zur Sicherstellung der korrekten Ventilatorbetriebspunkte und der erforderlichen Luftmengen.

Die saubere Dokumentation der umgesetzten Anpassungen ist wichtig:

- Messprotokolle
- Abnahmeprotokolle
- Nachgeführtes Elektroschema
- Dokumentation der Steuerung/Betriebsarten, allenfalls Regelbesrieb
- Produktdokumentation

**Abbildung 8:** Vereinfachtes Vorgehen für die Dimensionierung des Ersatzmotors und den Entscheid FU ja/nein



# PRAKTISCHE HINWEISE

PRAKTISCHE HINWEISE FÜR DIE AUSWAHL UND DIE INSTALLATION VON MOTOR, FREQUENZUMRICHTER, RIEMENANTRIEB UND DER ELEKTRISCHEN ERSCHLIESSUNG SIND IM FOLGENDEN STICHWORTARTIG AUFGEFÜHRT. DABEI WIRD UNTERSCHIEDEN NACH «TIPPS!» UND NACH «FEHLERN, DIE ES ZU VERMEIDEN GILT».

## MOTOREN

### Tipps!

- Es lohnt sich bei einem Umbau immer verschiedene Motorvarianten (IE3, IE4, EC oder evtl. Synchron-Reluktanz) zu prüfen und die Lebenszykluskosten zu vergleichen.
- Einige IE3 und IE4 Motoren haben eine grössere Achsenhöhe und grössere Fussmasse als ältere Standardmotoren der Klasse IE1-IE2 und entsprechen nicht mehr der Normmassen nach EN50347. Dies hat einen Einfluss auf die Installationskosten.
- Effiziente Asynchronmotoren (IE3/IE4) haben einen schwereren Rotor. Die höhere Trägheit führt zu einem höheren Anlaufstrom. Bei einem Ersatz muss geprüft werden, ob dadurch höher ausgelegter Schutzschalter erforderlich wird.
- Effiziente Asynchronmotoren (IE3/IE4) weisen einen kleineren Schlupf auf als Motoren aus tieferen Effizienzklassen. Bei einem Ersatz hat dies eine Erhöhung der Drehzahl von ca. 1–5% zur Folge. Da dadurch ein höherer Volumenstrom gefördert wird, können Effizienzgewinne bereits wieder zunichtegemacht werden.
- Für IE4 Asynchron-Motoren gibt es heute erst ab einer Nennleistung von ca. 3 kW ein breiteres Angebot auf dem Markt.
- Motoren mit aufgebauten FU haben den Vorteil, dass die hohen Installationskosten für den FU und die Elektroinstallationen (geschirmte Verkabelung) zu einem grossen Teil entfallen.
- 2-stufige Motoren haben generell schlechtere Wirkungsgrade und sollten daher bei einer Lüftungsoptimierung ersetzt werden, bzw. nicht mehr eingesetzt werden.

### Fehler, die es zu vermeiden gilt

- Motoren werden oftmals anhand des alten, zu ersetzenden Motors dimensioniert. Bei einem Ersatz sollten die neuen Motoren immer anhand des bestehenden Ventilators oder aufgrund weitergehender Abklärungen (Messung, Kennlinie etc.) dimensioniert werden.
- Oftmals wird sogar auf die nächstgrössere Norm-Motorengrösse dimensioniert anstatt zu prüfen, ob auch ein kleinerer Motor ausreichen würde. Dies ist besonders bei den Asynchronmaschinen entscheidend, welche unter Teillast einen deutlich schlechteren Wirkungsgrad aufweisen.

## FREQUENZUMRICHTER (FU)

### Tipps!

- Bei grösseren Motoren mit FU (>15 kW, teilweise auch tiefer) können durch Kriechströme Lagerschäden am Motor auftreten, was zu einem vorzeitigen Ausfall führen kann. Gegenmassnahmen sind:
  - Motoren mit isoliertem Lager oder Hybridlager einsetzen (bis zu 100% Mehrkosten). Beim Hybridlager verhindern Wälzkörper aus Keramik den Stromfluss.
  - Zusätzliche Potenzialausgleiche erstellen (Motor und FU an Gebäudeerdung anbinden).
  - Einsatz einer Wellenerdungsbürste.
- Da sämtliche Motoren bzw. FU einen Sicherheitsschalter benötigen, sollte folgendes berücksichtigt werden:
  - Es gibt FU mit integriertem Sicherheitsschalter. Dies reduziert die Installationskosten signifikant.
  - Bei den FU mit integriertem Sicherheitsschalter ist darauf zu achten, ob eine galvanische Trennung beim Ausschalten erfolgt.
  - Generell ist ein Kommunikationskonzept zu erstellen (welche Informationen werden beim Ausschalten des Sicherheitsschalters gesendet etc.).
- Bei Motoren mit aufgebautem FU sollte eine Kommunikationsschnittstelle für die Parametrisierung/Programmierung des FU ausserhalb des Lüftungsgerätes zur Verfügung stehen.
- Die Kompatibilität der Kommunikationsschnittstelle beim FU muss beachtet werden.

- FU werden oftmals eingesetzt, ohne vorab zu prüfen, wie die Auslastung der Anlage ist. FU machen erst dann Sinn, wenn ein variabler Teillastbetrieb vorhanden ist.
- Viele eingesetzte FU werden bei einer tiefen Auslastung betrieben, weil ein zu grosser Motor installiert wurde. Bei konstanter Teillast wird nicht nur der Motor konstant ineffizient betrieben, sondern auch der FU, welcher in Teillast ebenfalls einen schlechteren Wirkungsgrad aufweist.
- Es wird nicht klar definiert, was der FU auf dem Display und im Gebäudeleitsystem anzeigen soll. Auch gilt es zu definieren, welche Frequenz einer 100% Auslastung in Prozent entspricht (Bsp. 100% = 50 Hz).
- Wenn ältere Motoren mit einem FU betrieben werden, können durch harmonische Oberschwingungen Schäden an der Isolation auftreten. Ein FU mit Sinusfilter kann dies verhindern, jedoch mit einer Wirkungsgradeinbusse von ca. 2–3%. Daher ist es sinnvoll ältere Motoren, wenn eine Regelung vorgesehen wird, zu ersetzen anstelle nur mit FU nachzurüsten.

Fehler, die es zu vermeiden gilt

## TRANSMISSION, RIEMEN

Tipps!

- Wenn sehr hohe Betriebssicherheit im Zentrum steht, kann aufgrund der einfacheren Ersatzteilhaltung ein Riemenantrieb dem Direktantrieb vorgezogen werden. Die Ersatzteile sind gut verfügbar, Lieferfristen für Riemen und gängige Motoren sind kurz. Jedoch entstehen höhere Betriebskosten durch die schlechtere Effizienz.
- Alte Keilriemen sollten wann immer möglich mit einem effizienten Riementyp ersetzt werden.

- Beim Umbau von Keilriemen auf Flachriemen ist zu beachten, dass die Riemenspannung erhöht werden muss und damit die Belastung auf die Lager zunimmt. Die höhere Spannung der Flachriemen kann zu Lagerschäden führen.
- Da zwischen Einbau und Inbetriebnahme der Geräte viel Zeit vergehen kann, dürfen die Flachriemen zur Vermeidung von Lagerschäden erst kurz vor der Inbetriebnahme gespannt werden.
- Sowohl Flach- als auch Keilriemen sind wartungsintensiv (bei Flachriemen ist mehrmaliges Nachspannen pro Jahr erforderlich, Keilriemen sind fehlertoleranter müssen aber häufiger ersetzt werden). Wird die Wartung nicht ordnungsgemäss durchgeführt, hat dies einen negativen Einfluss auf den Wirkungsgrad.

Fehler, die es zu vermeiden gilt

## VENTILATOREN

Tipps!

- Neue Vorschriften, insbesondere die neuen Normen auf Basis der europäischen ErP-Richtlinien (energy-related products directive), zwingen die Anbieter der Lüftungsgeräte zu Innovationen. Zum Teil kommen Motor-/Ventilator-Einheiten auf den Markt, welche spezifisch für die Nachrüstung von bestehenden Lüftungsgeräten optimiert sind (Masse, Anschlüsse, etc.). Es lohnt sich, diese Entwicklungen im Auge zu behalten und einen solchen Ersatz in Betracht zu ziehen.

Fehler, die es zu vermeiden gilt

- Radialventilatoren mit vorwärtsgekrümmten Schaufeln (Trommelläufer) sind günstig und kompakt, haben aber einen massiv schlechteren Wirkungsgrad als solche mit rückwärts gekrümmten Schaufeln.
- Die effizienteren Radialventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln haben oft grössere Abmessungen als Trommelläufer bei gleichem Volumenstrom. Ein Ersatz resultiert in höherem Platzbedarf oder einem reduzierten Volumenstrom.

## ELEKTRISCHE ERSCHLIESSUNG

### Tipps!

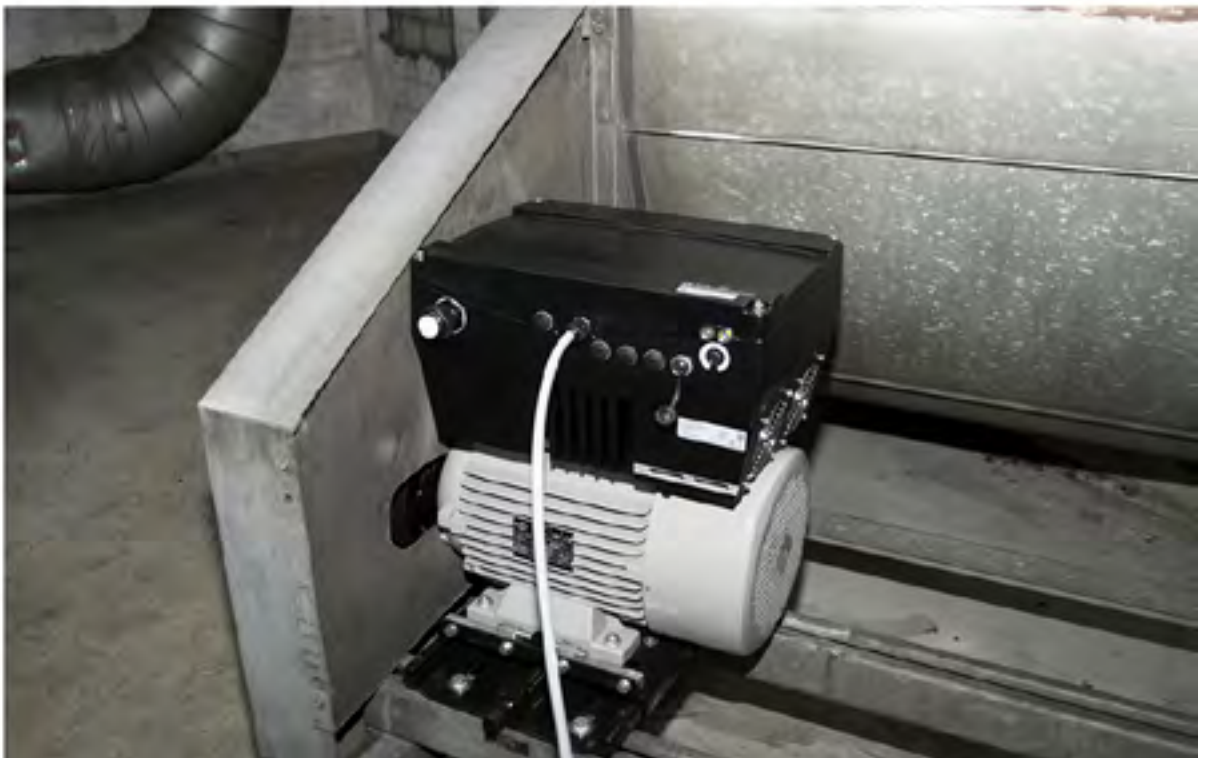
- Jeder Umbau am Schaltschrank erfordert einen Sicherheitsnachweis (SINA). Dies kann dann kostenintensiv werden, wenn es sich um einen älteren Schaltschrank oder um ältere Installationen handelt, da jeweils beim Umbau die aktuellen Normen beim Sicherheitsnachweis als Referenz hinzugezogen werden.
- Bei einem Motorenersatz oder/und Einsatz eines FU ist immer zu prüfen, ob die vorhandenen Kabelquerschnitte ausreichend sind. Gegebenenfalls sind Kurzschluss- und Isolationsmessungen vorzunehmen um den Zustand der Kabel zu beurteilen.
- Der Motorenanschlusskasten sollte aus Metall sein. Die EMV-Verträglichkeit muss durch den Installateur gewährleistet werden.

- Beim Einsatz eines getrennt installierten FU können diverse zusätzliche, kostenintensive Installationen erforderlich sein, z.B. geschirmte Kabel, Steuerungskabel, Anpassungen im Schaltschrank, Kommunikationsschnittstelle, etc. Der Umfang sollte unbedingt vorab geklärt werden.
- Es gilt zu beachten, dass bei einem Motorenersatz (geplant und ungeplant) immer auch das Elektroschema entsprechend ergänzt wird. Dies geht oftmals vergessen.
- Die Anforderung an die Verlegung der Kommunikationskabel sind je nach System (MOD-Bus, etc.) unterschiedlich und teilweise kostenintensiv (Mindestabstände zu Starkstrominstallationen). Es muss geprüft werden, wie die Anforderungen der FU-Produzenten definiert worden sind.
- Bei grossen Leistungen und ungünstigen Umgebungsbedingungen kann die Kühlung des FU erforderlich sein.

Fehler, die es zu vermeiden gilt



**Abbildung 9:** Die Lüftungsanlage zur Prüfhalle des Strassenverkehrsamtes Zürich wurde wie folgt optimiert (S.22 vor Umbau und S.23 nachher): Der 2-stufige Asynchronmotor wurde durch einen zwei Baugrössen kleineren, stufenlosen Permanentmagnetmotor mit aufgebautem FU ersetzt. Dieser Motor wurde spezifisch für den hochtourigen Betrieb entwickelt und erreicht die Effizienzklasse IE4. Durch den Umbau des Riemenantriebs mit grösserer Scheibe auf der Ventilatorseite wird trotz höherer Motordrehzahl die gleiche Ventilatoren-Drehzahl wie vor der Umrüstung erreicht. Der Vergleich der Leistungsmessungen zeigt eine Energieeinsparung von rund 42% bei gleichem Volumenstrom. Durch die Ablösung des Leitsystems musste der Schaltschrank ersetzt werden. Dies ermöglicht im Weiteren mit dem aufgebauten FU eine bedarfsgerechte Lüftungsregelung anhand der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Prüfhalle. Dadurch kann die Energieeinsparung nochmals deutlich erhöht werden. (Quelle: ELEKTRON AG/ZITT Motoren AG)



# ICH WILL MEHR WISSEN

---

## **EFFIZIENZVORSCHRIFTEN VON DER ENEV FÜR**

Elektromotoren (Anhang 2.7) und  
Ventilatoren (Anhang 2.6)

## **PROKILOWATT**

Eingeben von Projekten oder Teilnahmen an  
einem bestehenden Programm

## **PEIK**

Die Beratungsplattform für KMU

## **WEITERE INFORMATIONEN ZU FÖRDERPROGRAMMEN FÜR FEINANALYSEN**

EnAW oder  
ACT  
kontaktieren

## **ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZU AKTIVITÄTEN VON ENERGIESCHWEIZ IM BEREICH VON ELEKTRISCHEN ANTRIEBSSYSTEMEN**

### **Diese Broschüre ist in Zusammenarbeit mit**

Weisskopf Partner GmbH, 8047 Zürich,  
ARENA, S.A.F.E., 8006 Zürich,  
Ingenieurbüro US, 8832 Wollerau,  
ZITT Motoren AG, 8045 Zürich und  
EE AG Hinwil, 8340 Hinwil  
**entstanden.**