

Beschaffungsvorgaben für Elektro- Motoren für stationäre Anwendungen

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Die vorliegenden Beschaffungsvorgaben wurden im Rahmen des Programms klima**aktiv** Energieeffiziente Betriebe in Zusammenarbeit mit dem FEEI und den Firmen Siemens, Danfoss, ABB aktualisiert.

Wien, Stand: 22. März 2022

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMK und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an eebetriebe@energyagency.at.

Inhalt

Definition der Ausgangslage	5
Beschaffungsprozess für elektrische Antriebssysteme	6
Anlagendefinition durch technischen Einkauf, Unterstützung durch Fachfirmen	6
Definition und Ermittlung der Anlagenparameter	6
Bestimmung der Kennlinie der Arbeitsmaschine.....	6
Definition der Betriebsart	7
Ermittlung des Lastprofils	7
Anlagenspezifische Charakteristika.....	8
Anlagendesign durch Planer:in oder Berater:in	8
Information zu Energieeffizienzklassen und Regelung.....	10
Energieeffizienzklassen für Elektromotoren	10
Energieeffizienzklassen für Frequenzumrichter.....	12
Energieeinsparung durch Regelung	14
Rahmenbedingungen bei Planung und Installation	16
Netzanforderung	16
Lokale Gegebenheiten.....	16
Motor- und Installationsanforderung	16
Über klimaaktiv	18
Kontakt	18
Abkürzungen.....	19

Definition der Ausgangslage

Die Energiekosten entsprechen einem maßgeblichen Anteil an den Lebenszykluskosten. Der Anteil der Energiekosten an den Lebenszykluskosten eines einzelnen Motors beträgt circa 95 %. Die Beschaffungskosten für einen 15 kW Motor betragen circa 5 % an den gesamten Lebenszykluskosten. Zur Minimierung der laufenden Energiekosten stehen Ihnen zahlreiche Effizienzmaßnahmen zur Verfügung. Die folgende Aufzählung zeigt Ihnen Maßnahmenvorschläge am Gesamtsystem:

- Definieren Sie zunächst Ihre Anlage, überprüfen Sie die tatsächlichen Erfordernisse!
- Bei bestehenden Anlagen prüfen Sie insbesondere jene mit großer Leistung, die noch direkt vom Netz (also ohne Umrichter) betrieben werden. Hier besteht erfahrungsgemäß das größte Einsparpotenzial.
- Betrachten Sie den gesamten Antriebsstrang von Steuerung, Motor, Kupplung, Getriebe bis zur Maschine! Die Effizienz ergibt sich erst aus dem Zusammenspiel der Einzelkomponenten, eine hohe Effizienz einer einzelnen Komponente garantiert nicht eine hohe Gesamteffizienz.
- Schließen Sie bei Retrofit-Lösungen, wie z. B. Umbau oder Austausch aufgrund Schadensfall oder Leistungsveränderung keine Variante im Vorhinein aus. Tauschen Sie nicht „nur“ den Motor aus, sondern prüfen Sie das Gesamtsystem.

Beschaffungsprozess für elektrische Antriebssysteme

In diesem Kapitel ist der Beschaffungsprozess für elektrische Motorsysteme dargestellt. Wobei zunächst die Anlagendefinition durch den technischen Einkauf erfolgt, anschließend das Anlagendesign durch Planer:innen oder Berater:innen durchgeführt wird. Zu berücksichtigen sind dabei insbesondere die Informationen zu Energieeffizienzklassen und Regelung im entsprechenden Kapitel.

Anlagendefinition durch technischen Einkauf, Unterstützung durch Fachfirmen

Definition und Ermittlung der Anlagenparameter

Ermitteln Sie zunächst genau die Anlagenparameter, auch für bestehende Anlagen. Die Erfahrung zeigt, dass Anlagen überdimensioniert oder nicht geregelt sind und daher nicht optimal betrieben werden.

- Welche physikalische, tatsächliche Leistung benötigt ihre Anlage je Betriebspunkt (z. B. hydraulische Leistung, Volumenstrom)
- Welches Drehmoment, welche Drehzahl sind erforderlich

Bestimmung der Kennlinie der Arbeitsmaschine

In der Antriebstechnik unterscheidet man folgende Kennlinien:

- Quadratische Kennlinie des Drehmoments (Pumpen, Lüfter, Zentrifugen)
- Lineare Kennlinie des Drehmoments (Kalander mit viskoser Reibung)
- Konstantes Drehmoment (Förderbänder, Walzwerk)
- Sinkendes Drehmoment bei konstanter Antriebsleistung (Wickel-, Spindelantriebe)

Definition der Betriebsart

Die Nennbetriebsarten sind in der Norm IEC 60034-1 definiert.

Tabelle 1: Nennbetriebsarten nach IEC 60034-1

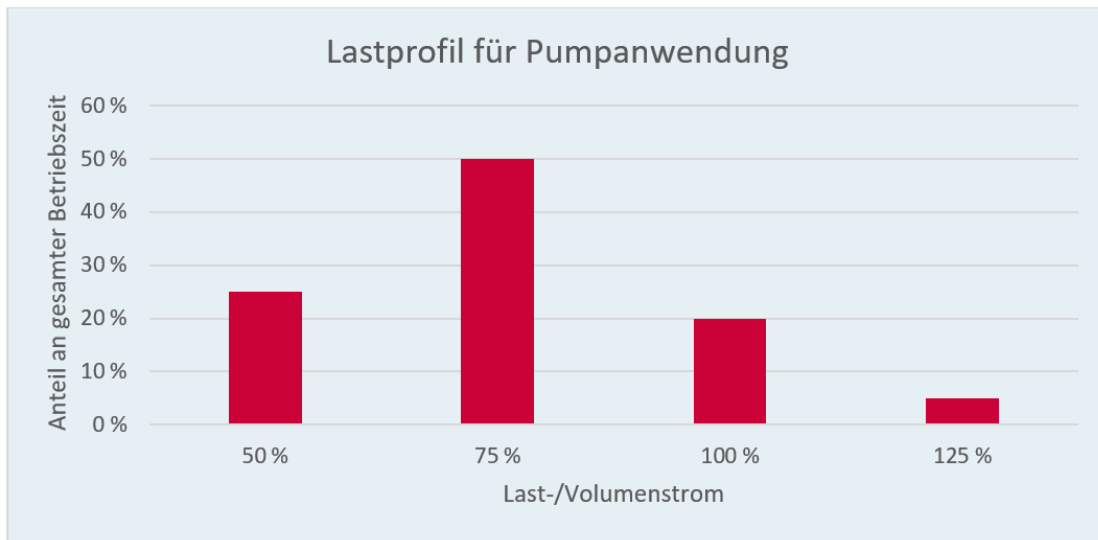
Kürzel	Betriebsart
S1	Dauerbetrieb, konstante Belastung
S2	Kurzzeitbetrieb, konstante Belastung
S3	Aussetzbetrieb ohne Einfluss des Anlaufens auf die Temperatur
S4	Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufens auf die Temperatur
S5	Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufens und Bremsens auf die Temperatur
S6	Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung
S7	Dauerbetrieb mit Anlauf und Bremsen
S8	Dauerbetrieb mit Laständerung
S9	Betrieb mit nichtperiodischen Last- und Drehzahländerungen
S10	Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen

Für die Betriebsarten S4, S5, S7, S8, S9 benötigen Sie zur Auswahl des Motors auch die Schaltspiele pro Stunde, Trägheitsmoment, Hochlauf- und Auslaufzeit.

Ermittlung des Lastprofils

Erstellen, messen oder schätzen Sie ein Lastprofil Ihrer Anlage. Die allerwenigsten Anwendungsfälle haben konstanten Bedarf. Daher ist es sinnvoll zu ermitteln, welche Leistung mit wie viel Stunden pro Jahr (oder pro Tag) benötigt wird. Gibt es mögliche Rückspeisung aufgrund von erforderlicher Bremsenergie, also negative Lastzustände?

Abbildung 1: Lastprofil für Pumpenanwendung



Quelle: Lot 11, Eco Design Requirements for Pumps (Endbericht), S. 164

Anlagenspezifische Charakteristika

Welche spezifischen Anforderungen stellen sich aufgrund der Anwendung an das Antriebssystem? Beispiele sind der Anteil der statischen Förderhöhe bei Pumpensystemen, spezielle Sicherheitsanforderungen, erforderliche kinetische Speicher, sanftes Stoppen oder Anfahren.

Anlagendesign durch Planer:in oder Berater:in

Generell müssen jetzt folgende Varianten durchgerechnet werden:

- **Motorauswahl:** Unter anderem werden dabei Leistungsklasse, Effizienzklassen, Wirkungsgrade bei erwarteter Auslastung ausgewählt und festgelegt.
- **Motoranspeisung:**
 - **Direkt:** Also direkt vom Netz, damit ist keine Regelung möglich. Anlauf ist aber über die sogenannte Stern Dreieck Schaltung möglich, um den sonst hohen Anlaufstrom zu verringern.
 - **Über Frequenzumrichter:** Dabei wird über Änderung der Frequenz die Drehzahl des Motors stufenlos verändert.

- Über Softstarter: Diese begrenzen den Anlaufstrom und ermöglichen einen sanften Anlauf. Dies ist aber nur bei Anlagen mit einer geeigneten Drehmomentcharakteristik möglich. Nach dem Anlauf wird der Motor typischerweise ans Netz übergeben.
- Bremsenergie: Ist diese relevant nutzbar? Dies bestimmt die Auswahl der Art des Frequenzumrichters. Wichtig: Rückspeisefähige Umrichter haben oft höhere Verluste.
- Getriebe: Ohne Getriebe, sonst Auswahl der Getriebeart

Wichtig ist hier die Gesamtoptimierung des Antriebsstranges, falls möglich über einen Planer. Sicherheitszuschläge durch mehrere Planer ergeben ineffiziente Anlagen!

In Abhängigkeit der Betriebsstunden und der über die erwarteten Betriebspunkte aufgenommenen Leistung ergibt sich hinsichtlich der Lebenszykluskosten die wirtschaftlichste Anlage.

Information zu Energieeffizienzklassen und Regelung

In diesem Kapitel sind die wichtigsten Informationen zu aktuellen Mindest-Energieeffizienzklassen von Elektromotoren und Frequenzumrichtern in der EU enthalten. Außerdem wird dargestellt, warum die Ausstattung von Motoren mit Frequenzumrichtern auch aus energetischer Sicht sehr sinnvoll ist.

Energieeffizienzklassen für Elektromotoren

In der Norm IEC 60034-30-1 sind die Energieeffizienzklassen (IE=International Efficiency) für Asynchronmotoren für unterschiedliche Polzahlen definiert:

- IE1 (Standard Efficiency)
- IE2 (High Efficiency)
- IE3 (Premium Efficiency)
- IE4 (Super Premium Efficiency)

IE4 Motoren weisen die derzeit höchste Effizienz auf. Bis 2010 waren allerdings noch IE1 Motoren Stand der Technik (damals unter der Bezeichnung: eff2 Klasse).

Die Europäische Union publizierte am 25. Oktober 2019 die Revision der Verordnung (EG) 640/2009 für Elektromotoren: EU (2019/1781) sowie Anfang 2021 ein Amendment EU 2021/341.

Seit Juli 2021 müssen demnach

- dreiphasige Motoren im Leistungsbereich 0,75 kW bis 1.000 kW mit zwei, vier, sechs und acht Polen der Energieeffizienzklasse IE3 entsprechen. (Ausnahme für Ex eb-Motoren)
- Motoren im Leistungsbereich 0,12 bis 0,75 kW (mit zwei bis acht Polen) IE2 entsprechen. (Ausnahme für Ex eb-Motoren)

Drehzahlregelungen sollen seit Juli 2021 im Leistungsbereich 0,12 kW bis 1.000 kW IE2 Niveau entsprechen.

Ab Juli 2023 müssen

- zwei-, vier- und sechspolige Drei-Phasen Motoren im Leistungsbereich 75 kW bis 200 kW (die nicht Bremsmotoren oder explosionsgeschützte Motoren sind) der Energieeffizienzklasse IE4 entsprechen und
- Ex eb-Motoren im Leistungsbereich 0,12 bis 1.000 kW und einphasige Motoren ab 0,12 kW IE2 Niveau haben.

Seit dem 1. Juli 2021 müssen Drehzahlregelungen, die für Motoren mit einer Nennausgangsleistung von mindestens 0,12 kW und höchstens 1 000 kW bestimmt sind, dem Effizienzniveau IE2 entsprechen. (Anmerkung: Das entspricht 0,278 kVA bis 1.209 kVA Ausgangsscheinleistung von Drehzahlregelungen.)

Ab 1. Juli 2022 fordert die Verordnung Informationen bei verschiedenen Lastpunkten und Drehzahlen für Motor und Umrichter. Dieses hat den Vorteil, dass der Anwender den Energiebedarf über den gesamten Lastbereich seiner Anwendung evaluieren kann.

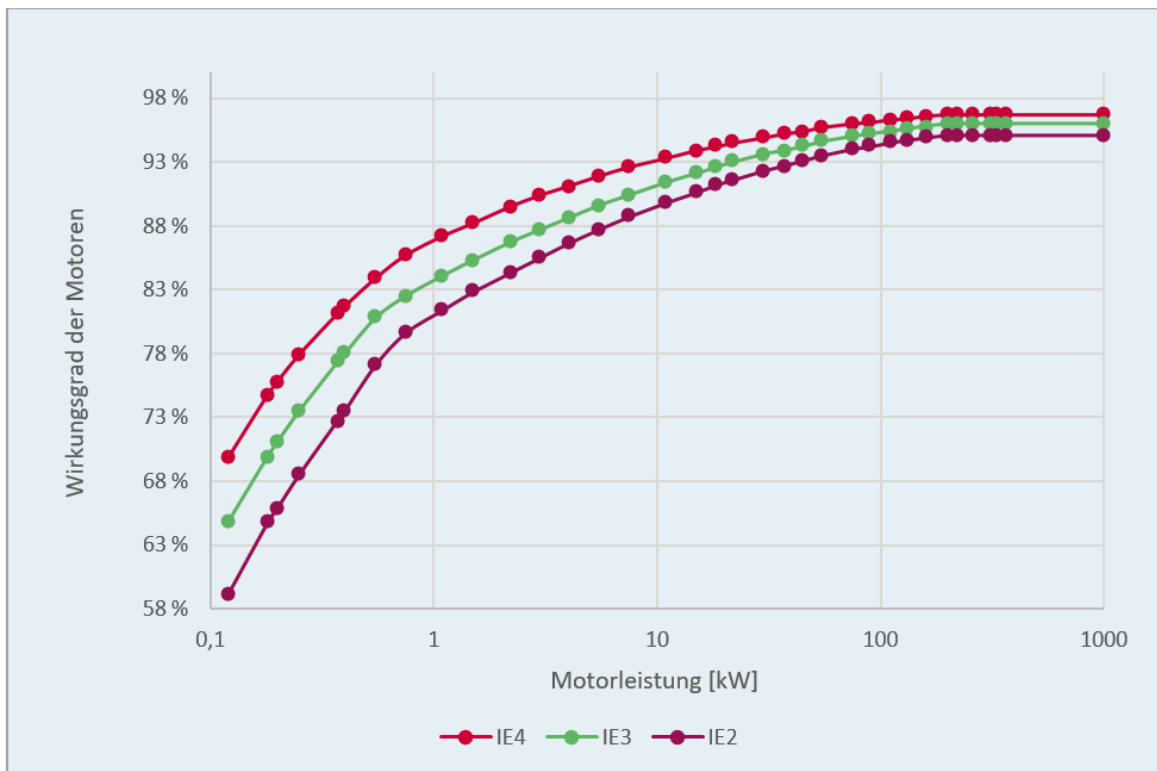
Konkret müssen Leistungsverluste in den folgenden Betriebspunkten (relative Motorständerfrequenz versus relativer Drehmoment erzeugender Strom): (0;25) (0;50) (0;100) (50;25) (50;50) (50;100) (90;50) (90;100) sowie Verluste im Bereitschaftszustand angegeben werden.

Die Abbildung unten zeigt die Wirkungsgradkurven für vierpolige Asynchronmotoren bei Volllast gemäß IEC-Norm. Die Wirkungsgrade sind international bereits für Leistungsklassen bis 1 MW und bis IE4 definiert. Es ist deutlich erkennbar, dass mit steigender Motorleistung die Differenz der Wirkungsgrade zwischen den Wirkungsgradklassen abnimmt. Allerdings haben größere Motoren auch deutliche höhere Laufzeiten, wodurch sich auch in diesem Leistungsbereich höhere Wirkungsgrade auch finanziell auszahlen können.

Wichtige Ausnahme: Motoren, die keine Asynchronmotoren sind, also z. B. Permanentmagnetmotoren und Synchron-Reluktanzmotoren, fallen nicht unter diese Richtlinie.

Diese Motortechnologien erreichen oft höhere Wirkungsgrade bei Vollast aber vor allem im Teillastbereich. Zu ihrem Betrieb wird zwangsläufig ein entsprechender Regler benötigt. Schlanke Bauformen mit geringer Massenträgheit kommen oft als sogenannte Servo-Motoren zum Einsatz und eignen sich für Anwendungen mit vielen Hochläufen.

Abbildung 2: Wirkungsgradanforderungen für Elektromotoren als Beispiel für vierpolige Asynchronmotoren laut IEC 60034-1:2014



Quelle: Eigene Darstellung

Energieeffizienzklassen für Frequenzumrichter

Frequenzumrichter sparen bei variablen Anforderungen im Durchschnitt über alle Anwendungen circa 30 % der aufzuwendenden Leistung ein. Ihre Anwendung sollte daher bei der Planung und Adaptierung von Anlagen jedenfalls geprüft werden.

Die IEC 61800-9 legt Energieeffizienzklassen für sogenannte Complete Drive Modules (CDM) (Frequenzumrichter) fest. Für den Referenz-CDM werden für acht Betriebspunkte

Werte in Abhängigkeit der Leistung festgelegt, für die Klassifizierung wird der Betriebspunkt 100 % Drehmomenten Strom und 90 % Drehzahl herangezogen.

Tabelle 2: Verlustleistung von Frequenzumrichtern in Abhängigkeit der Leistung nach Effizienzklassen

Ausgangsscheinleistung von Drehzahlregelungen (kVA)	Nennleistung des Motors (kW) (indikativ)	Referenzwerte der Leistungsverluste (kW)	Verlustleistung in [kW] für IE2 [-25 % im Vergleich zu IE1]
0,278	0,12	0,1	0,075
0,381	0,18	0,104	0,078
0,5	0,25	0,109	0,082
0,697	0,37	0,117	0,088
0,977	0,55	0,129	0,097
1,29	0,75	0,142	0,107
1,71	1,1	0,163	0,122
2,29	1,5	0,188	0,141
3,3	2,2	0,237	0,178
4,44	3	0,299	0,224
5,85	4	0,374	0,281
7,94	5,5	0,477	0,358
9,95	7,5	0,581	0,436
14,4	11	0,781	0,586
19,5	15	1,01	0,758
23,9	18,5	1,21	0,908
28,3	22	1,41	1,058
38,2	30	1,86	1,395
47	37	2,25	1,688
56,9	45	2,7	2,025
68,4	55	3,24	2,430
92,8	75	4,35	3,263

Ausgangsscheinleistung von Drehzahlregelungen (kVA)	Nennleistung des Motors (kW) (indikativ)	Referenzwerte der Leistungsverluste (kW)	Verlustleistung in [kW] für IE2 [-25 % im Vergleich zu IE1]
111	90	5,17	3,878
135	110	5,55	4,163
162	132	6,65	4,988
196	160	8,02	6,015
245	200	10	7,500
302	250	12,4	9,300
381	315	15,6	11,700
429	355	17,5	13,125
483	400	19,8	14,850
604	500	24,7	18,525
677	560	27,6	20,700
761	630	31,1	23,325
858	710	35	26,250
967	800	39,4	29,550
1.088	900	44,3	33,225
1.209	1.000	49,3	36,975

Referenzwerte: Von Leistungsverlusten bei 90 % der Motorständernennfrequenz und 100 % des das Drehmoment erzeugenden Nennstroms

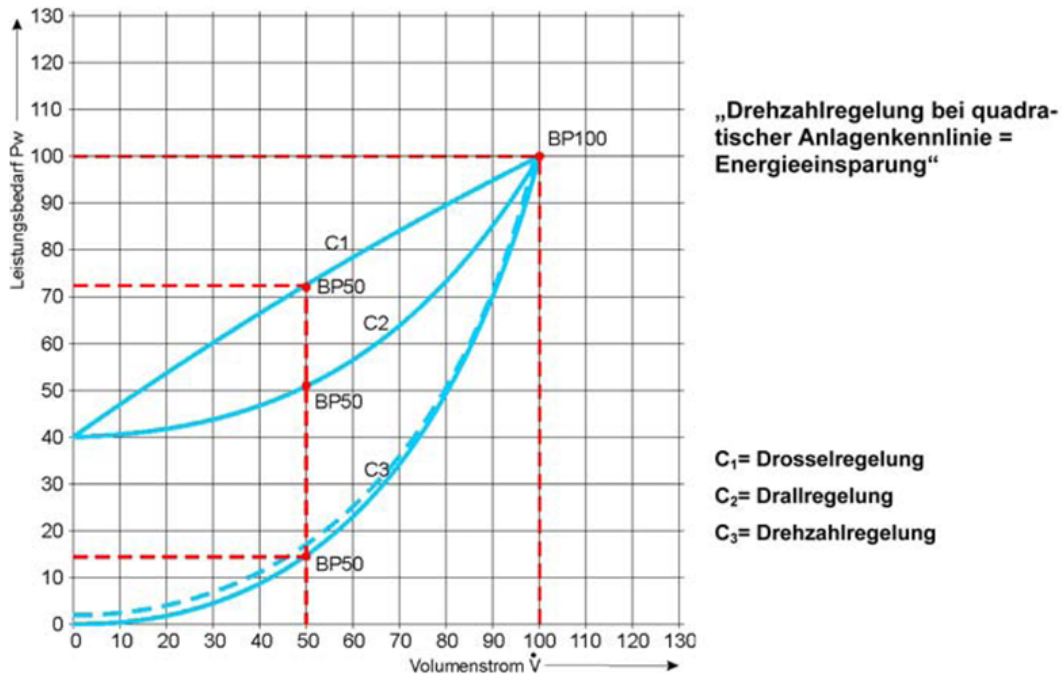
Quelle: Eigene Berechnung

Energieeinsparung durch Regelung

Die wenigsten Anlagen benötigen die volle Leistung über die gesamte Laufzeit. Durch Regelung über Frequenzumrichter lässt sich die Drehzahl des Motors verändern und damit die Leistung der angetriebenen Maschine an die tatsächlichen Erfordernisse anpassen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ergibt sich aber bei Pumpen mit niedriger statischer Förderhöhe (z. B. Umwälzpumpen) und Ventilatoren dadurch, dass sich die aufgenommene Leistung (und damit der Energieverbrauch) mit der dritten Potenz der Drehzahl verringert. In nachstehender Abbildung sind drei unterschiedliche

Regelungsvarianten für Ventilatoren dargestellt. Die Abbildung zeigt den jeweiligen Leistungsbedarf am Betriebspunkt 50 % des Volumenstromes im Auslegungszustand im Vergleich zum Auslegungspunkt (100 %).

Abbildung 3: Gegenüberstellung der Leistungsbedarfskurve C in Abhängigkeit des Volumenstroms bezogen auf den Auslegungszeitpunkt



Quelle: Benderoth, H.: Regelung von Ventilatoren, Reitz Ventilatoren, 2008

In der Regel ergeben sich die größten wirtschaftlichen Einsparpotenziale, wenn die Volumenstromregelung durch Drosselung auf eine FU-Regelung umgestellt wird.

Rahmenbedingungen bei Planung und Installation

Sie beeinflussen die konkrete Auswahl der jeweiligen Technologie, haben aber keinen oder nur indirekten Einfluss auf den Energieverbrauch. Folgende Rahmenbedingungen sind bei allen Planungen und Installationen zu beachten.

Netzanforderung

- Art des Industrienetzes
- Schwankungen im Netz (Spannungsversorgung)
- Auflagen hinsichtlich Netzurückwirkung (vom Energieversorger)
- THD-Total Harmonic Distortion bei Einsatz von Frequenzumrichtern: Hier sind ab circa 40 % Gleichrichterlast am Trafo gegebenenfalls Vorkehrungen, z. B. durch passive oder aktive OberschwingungsfILTER zu treffen.

Lokale Gegebenheiten

- Aufstellungshöhe, Platzbedarf
- Erwarteter Umgebungstemperaturbereich der Anwendung
- Anforderung an Geräuschentwicklung (Schalldruck-, Schalleistungspegel)
- Notwendige Kabellänge

Motor- und Installationsanforderung

- Schutzklasse IP: Die Schutzklasse legt fest, in welchem Ausmaß elektrische Bauteile Umwelteinflüssen (Berührung durch Fremdkörper, Eindringen von Wasser) ausgesetzt werden können, z. B.
 - IP 20 in Schaltschränke: Schutz gegen Fremdkörper größer 20 mm, kein Wasserschutz

- IP 54 für freistehende Anlagen: Vollständiger Berührungsschutz, Schutz gegen Staubablagerung im Inneren und sprühwassergeschützt
- Ex-Schutz: Festlegung der Anforderungen hinsichtlich Explosionsschutzes sind in vielen Fällen notwendig. (Zoneneinteilung: Gas (Zone 0, Zone 1, Zone 2), Staub (Zone 20, Zone 21, Zone 22))
- Wartungsanforderungen: Nachschmierfristen, Betriebsstunden bis zur Lagerüberprüfung
- Nachrüsten eines alten Motors: Bei Ausstattung eines bestehenden alten Motors (älter als 10 Jahre) mit Frequenzumrichter beim Hersteller Maßnahmen (Motordrossel oder Sinusfilter) nachfragen. Motoren für FU-Betrieb benötigen isolierte Lager, bei alten Motoren mit großer Leistung kann diese nachgerüstet werden.
- EMV Kategorie: Auswahl der Geräte je nach Bereich: für Wohnbereich (öffentliches Netz, inklusive Kleingewerbe) zumindest C1, für Industrie C2 oder C3
- Prüfen der Vorgabe des Motorherstellers für spezielle Filter bei Frequenzumrichterbetrieb (häufig bei Nassläuferpumpen)

Über klimaaktiv

klima**aktiv** ist die Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Seit 2004 bietet sie in den Themenschwerpunkten „Bauen und Sanieren“, „Energiesparen“, „Erneuerbare Energie“ und „Mobilität“ ein umfassendes, ständig wachsendes Spektrum an Information, Beratung sowie Weiterbildung und setzt Standards, die international Vorbildcharakter haben.

klima**aktiv** zeigt, dass jede Tat zählt: Jede und jeder in Kommunen, Unternehmen, Vereinen und Haushalten kann einen aktiven Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Damit trägt die Initiative zur Umsetzung des nationalen Energie- und Klimaplanes (NEKP) für Österreich bei. Näheres unter klimaaktiv.at

Das klima**aktiv** Programm Energieeffiziente Betriebe setzt gezielt Impulse zur Erhöhung der Energieeffizienz in österreichischen Produktions- und Gewerbebetrieben und unterstützt diese auf Ihrem Weg in Richtung Klimaneutralität. Informationen, Angebote und Good Practice Beispiele von umgesetzten Maßnahmen finden Sie unter klimaaktiv.at/effizienz.

Kontakt

Strategische Gesamtsteuerung klima**aktiv**

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Sektion Klima und Energie

Stabsstelle Dialog zu Energiewende und Klimaschutz

Stubenbastei 5, 1010 Wien

Programmmanagement klima**aktiv** Energieeffiziente Betriebe

Österreichische Energieagentur

Petra Lackner

eebetriebe@energyagency.at

klimaaktiv.at/effizienz

Abkürzungen

CDM	Complete Drive Modules
EG	Europäische Gemeinschaft
Ex	Explosion
Ex eb	Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“
FU	Frequenzumformer
IE	International Efficiency
IEC	International Electrotechnical Commission
IP	International Protection
ISO	International Standards Organisation
kW	Kilowatt
kVA	Kilovoltampere
Mm	Millimeter
MW	Megawatt
THD	Total Harmonic Distortion

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)