



**Bericht** vom 14. September 2023

---

# Vorstudie Förderprogramm effizienter elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen

---



Quelle: iStock / Hramovnick



DENKEN  
ÜBER  
MORGEN



**Datum:** 14. September 2023

**Ort:** Bern

**Auftraggeberin:**

Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer/in:**

INFRAS  
Binzstrasse 23, 8045 Zürich  
[www.infras.ch](http://www.infras.ch)

Impact Energy  
Stahlrain 6, 5200 Brugg  
[www.impact-energy.ch](http://www.impact-energy.ch)

**Autor/in:**

Stephan Hammer, Gabrielle Siegrist und Rolf Iten, INFRAS, [info@infras.ch](mailto:info@infras.ch)  
Rita Werle und Conrad U. Brunner, Impact Energy, [info@impact-energy.ch](mailto:info@impact-energy.ch)

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.**

**Bundesamt für Energie BFE**

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern  
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · [contact@bfe.admin.ch](mailto:contact@bfe.admin.ch) · [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

## Inhalt

<b>Das Wichtigste in Kürze</b>	<b>5</b>
<b>L'essentiel en bref</b>	<b>6</b>
<b>L'essenziale in breve</b>	<b>7</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1. Ausgangslage	9
1.2. Ziele und Fragen	9
1.3. Methodik	11
<b>2. Situationsanalyse</b>	<b>14</b>
2.1. Einsatz elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen	14
2.2. Bestehende Massnahmen	23
2.3. Ausländische Förderprogramme	37
<b>3. Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff</b>	<b>41</b>
3.1. Anforderungen an ein Programm EntEIEff	41
3.2. Generelle Beurteilung der Zweckmässigkeit	43
3.3. Mögliche Stossrichtungen und Bausteine eines Programms EntEIEff	49
<b>4. Umsetzungskonzept eines Programms EntEIEff</b>	<b>61</b>
4.1. Ziele und Herausforderungen	61
4.2. Förderparameter	66
4.3. Umsetzung	82
4.4. Flankierende Massnahmen	88
<b>5. Fazit</b>	<b>93</b>
<b>Annex</b>	<b>97</b>
A1. Ergänzende Angaben zum Einsatz elektrischer Antriebssysteme	97
A2. Befragte Experten (Schweiz)	122
A3. Ausführungen zu den Bausteinen 2 (EVU-Programm) und 3 (Innovationsprogramm)	123
<b>Literatur</b>	<b>133</b>



## Das Wichtigste in Kürze

Im Zusammenhang mit allfälligen neuen Fördermöglichkeiten<sup>1</sup> beabsichtigt das Bundesamt für Energie (BFE), in einer Vorstudie die Zweckmässigkeit eines schweizweiten und sektorübergreifenden Programms zur Förderung von effizienten elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen («EntEIEff»<sup>2</sup>) zu prüfen. Basierend auf einer Situationsanalyse soll die Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff aus genereller Sicht beurteilt werden. Zudem sollen mögliche Stossrichtungen für die Umsetzung erarbeitet werden.

Die Erkenntnisse der Vorstudie können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Das Effizienzpotenzial bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen ist nach wie vor sehr hoch, insbesondere bei Systemoptimierungen. Einer Ausschöpfung des Potenzials stehen jedoch gewichtige Hemmnisse seitens der Unternehmen entgegen.
2. Die ProKilowatt-Programme zu elektrischen Antriebssystemen haben gezeigt, dass Förderprogramme zur Ausschöpfung des Effizienzpotenzials beitragen können. Die ProKilowatt-Programme haben jedoch erst einen vergleichsweise geringen Anteil des Potenzials adressiert und ausgeschöpft.
3. Ein allfälliges Programm EntEIEff scheint im Vergleich zur heutigen Situation zweckmässig. Die Chancen sind sehr gross, dass mit dem Programm ein deutlich höheres Effizienzpotenzial bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen ausgeschöpft werden kann. Erfolgskritische Faktoren sind eine möglichst wirksame Ausgestaltung des Programms, die Nutzung und der Ausbau von etablierten und bewährten Zugängen zu den Unternehmen und die Sicherstellung einer ausreichenden Anzahl gut ausgebildeter Fachleute zur Beratung und Unterstützung der Unternehmen.
4. Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen sollten Überlegungen zu einer möglichst weitgehenden Ausweitung der Fördergegenstände, zu Fördermodellen mit ausreichenden Anreizen zu Systemoptimierungen (inkl. Analysen) und zur Ergänzung des Förderprogramms mit weitergehenden verpflichtenden Massnahmen angestellt werden.
5. Für ein allfälliges Programm EntEIEff können verschiedene Überlegungen zu dessen Umsetzung abgeleitet werden, insbesondere zu den Förderparametern, zur organisatorischen Umsetzung und zu den flankierenden Massnahmen.

---

<sup>1</sup> Im Zusammenhang mit dem Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien soll der Bundesrat neu die Möglichkeit erhalten, schweizweite Programme von standardisierten und skalierbaren Massnahmen zur Förderung des sparsamen und effizienten Umgangs mit Elektrizität in Gebäuden, Anlagen, Unternehmen und Fahrzeugen direkt auszuscheiden (vgl. Bundesrat 2021).

<sup>2</sup> «EntEIEff»: entraînements électriques efficaces.

## L'essentiel en bref

Dans la perspective d'un élargissement éventuel des possibilités d'encouragement<sup>3</sup>, L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) fait analyser dans le cadre de la présente étude préliminaire la pertinence d'un programme d'encouragement national et intersectoriel pour accroître l'efficacité énergétique des systèmes d'entraînement électriques (EntEIEff<sup>4</sup>) au sein des entreprises. Partant d'une analyse de la situation actuelle, il s'agit d'évaluer d'un point de vue général l'adéquation d'un programme EntEIEff et d'élaborer des orientations possibles pour sa mise en œuvre. Les résultats de l'étude préliminaire peuvent être résumés comme suit:

1. Les systèmes d'entraînement électriques dans les entreprises recèlent un important potentiel en matière d'amélioration de leur efficacité énergétique, en particulier au moyen d'une optimisation du système. D'importants obstacles freinent pourtant ces améliorations.
2. Les programmes ProKilowatt dédiés aux systèmes d'entraînement électriques ont démontré que les programmes d'encouragement peuvent contribuer à améliorer l'efficacité énergétique. Jusqu'ici, ces programmes n'ont cependant exploité qu'une part relativement faible de ce potentiel.
3. Un programme EntEIEff apparaît comme une solution appropriée en regard de la situation actuelle. Les chances qu'un tel programme permette d'augmenter très sensiblement l'efficacité énergétique des systèmes d'entraînement électriques sont élevées. Parmi les facteurs qui contribueraient de manière significative au succès d'un tel programme figurent une conception efficace du programme, l'utilisation et le développement des contacts déjà établis avec les entreprises ainsi que la mise à disposition d'un nombre suffisant de spécialistes bien formés et aptes à conseiller et à accompagner les entreprises.
4. Pour accroître au maximum l'efficacité énergétique des systèmes d'entraînement électriques dans les entreprises, il convient d'élargir les catégories d'installations soutenues, de créer des modèles d'encouragement assortis d'incitations suffisamment intéressantes pour déclencher une optimisation du système (y. c. les analyses nécessaires à cette fin) et d'assortir les programmes d'encouragement de mesures contraignantes supplémentaires.
5. Diverses variantes de mise œuvre seraient envisageables pour un éventuel programme EntEIEff notamment en ce qui concerne les paramètres d'encouragement, l'organisation de la mise en œuvre et les mesures d'accompagnement.

---

<sup>3</sup> La loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables prévoit de donner au Conseil fédéral la possibilité de mettre au concours directement la création de programmes nationaux de mesures standardisées et modulables pour encourager l'utilisation efficace de l'électricité dans les bâtiments, installations, entreprises et véhicules (cf. Conseil fédéral 2021).

<sup>4</sup> «EntEIEff» : entraînements électriques efficaces.

## L'essenziale in breve

In relazione ad eventuali nuove possibilità di sostegno<sup>5</sup>, l'Ufficio federale dell'energia (UFE) intende esaminare, nell'ambito di uno studio preliminare, l'adeguatezza di un programma inter-settoriale, su scala nazionale, mirato a promuovere i sistemi di azionamento elettrici efficienti nelle aziende («EntEIEff»<sup>6</sup>). Sulla base di un'analisi della situazione, si valuterà l'adeguatezza di un programma EntEIEff da un punto di vista generale. Verranno inoltre elaborati anche possibili orientamenti per la realizzazione del programma.

I risultati dello studio preliminare possono essere riassunte come segue:

1. Il potenziale di efficienza energetica dei sistemi di azionamento elettrici nelle aziende resta molto elevato, in particolare per quanto concerne l'ottimizzazione dei sistemi nella loro totalità e non nell'ottimizzazione dei singoli componenti. Lo sfruttamento del potenziale tuttavia è condizionato da considerevoli ostacoli da parte delle aziende.
2. I programmi ProKilowatt per i sistemi di azionamento elettrici hanno dimostrato che i programmi di incentivazione possono rappresentare un valido contributo allo sfruttamento del potenziale di efficienza. Tuttavia, i programmi ProKilowatt hanno interessato e sfruttato solo una parte relativamente piccola del potenziale di efficienza energetica su scale nazionale.
3. Un eventuale programma EntEIEff appare più appropriato a fronte della situazione attuale. Le probabilità che il programma renda possibile lo sfruttamento di un potenziale di efficienza energetica significativamente più ampio nei sistemi di azionamento elettrici delle aziende sono molto alte. I fattori critici per il successo sono una progettazione del programma il più efficace possibile, l'utilizzo e l'ampliamento degli accessi alle aziende già consolidati e collaudati e la garanzia di un numero sufficiente di esperti ben formati per consigliare e sostenere le imprese.
4. Al fine di sfruttare il più possibile il potenziale di efficienza dei sistemi di azionamento elettrici nelle aziende, si dovrebbe prendere in considerazione la possibilità di estendere il più possibile gli oggetti dell'incentivazione, di sostenere modelli con sufficienti incentivi per l'ottimizzazione dei sistemi nella loro totalità (analisi comprese) e di integrare il programma di incentivazione con misure vincolanti di maggiore portata.
5. Per un eventuale programma EntEIEff si possono trarre diverse considerazioni in merito alla sua realizzazione, in particolare per quanto concerne i parametri di finanziamento, la realizzazione del programma da un punto di vista organizzativo e le misure di accompagnamento.

---

<sup>5</sup> Nel quadro della legge federale per un approvvigionamento elettrico sicuro con le energie rinnovabili, il Consiglio federale avrà la possibilità di indire direttamente gare d'appalto per programmi nazionali di misure standardizzate e scalabili volti a promuovere l'uso economico ed efficiente dell'elettricità in edifici, impianti, aziende e veicoli (cfr. Consiglio federale 2021).

<sup>6</sup> «EntEIEff»: entraînements électricques efficaces.





## 1. Einleitung

### 1.1. Ausgangslage

Im Zusammenhang mit dem Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien soll der Bundesrat neu die Möglichkeit erhalten, schweizweite Programme von standardisierten und skalierbaren Massnahmen zur Förderung des sparsamen und effizienten Umgangs mit Elektrizität in Gebäuden, Anlagen, Unternehmen und Fahrzeugen direkt auszusprechen (Bundesrat 2021). Durch eine bessere Sichtbarkeit und Kontinuität gegenüber den bisherigen ProKilowatt-Programmen<sup>7</sup> soll damit ein grösserer Anteil des Effizienzpotenzials ausgeschöpft werden, dies bei mindestens gleichbleibender Fördereffizienz.

Im Zusammenhang mit diesen allenfalls neuen Fördermöglichkeiten beabsichtigt das Bundesamt für Energie (BFE), in einer Vorstudie die Zweckmässigkeit eines schweizweiten und sektorübergreifenden Programms zur Förderung von effizienten elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen («EntEIEff»<sup>8</sup>) zu prüfen.<sup>9</sup> Aufgrund einer Konkurrenzausschreibung beauftragte das BFE im Dezember 2021 INFRAS und Impact Energy mit der Durchführung dieser Vorstudie. Unter "Unternehmen" werden hier gemeinhin kleine, mittlere und grössere Betriebe im Dienstleistungs- und Industriesektor verstanden, die eine breite Palette von gewerblichen und industriellen Produkten herstellen und Dienstleistungen erbringen.

### 1.2. Ziele und Fragen

Mit der Vorstudie werden zwei Ziele verfolgt:

- Basierend auf einer Situationsanalyse soll erstens die Zweckmässigkeit eines Förderprogramms EntEIEff aus genereller Sicht analysiert und beurteilt werden. Zudem soll aufgezeigt werden, welche Stossrichtungen ein Programm EntEIEff verfolgen müsste, um das Effizienzpotenzial von elektrischen Antriebssystemen möglichst weitgehend auszuschöpfen.
- Bei einer positiven Beurteilung der Zweckmässigkeit soll zweitens ein Konzept zur Umsetzung eines allfälligen Programms EntEIEff erarbeitet werden. Ausgehend von den Zielen und den Herausforderungen der Umsetzung des Programms ist ein Vorschlag für die Förderparameter, die organisatorische Umsetzung und die flankierenden Massnahmen zu erstellen.

In den verschiedenen Teilen der Vorstudie stellen sich folgende Fragen:

---

<sup>7</sup> ProKilowatt ist ein seit 2010 laufendes Förderprogramm des BFE zur Unterstützung von Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich mit wettbewerblichen Ausschreibungen für Projekte und Programme (vgl. [www.prokw.ch](http://www.prokw.ch)).

<sup>8</sup> «EntEIEff»: entraînements électriques efficaces

<sup>9</sup> Die Vorgaben an ein allfälliges Programm EntEIEff werden in Kapitel 3.1 konkretisiert.

**Tabelle 1: Vorstudie Förderprogramm effiziente elektrische Antriebssysteme in Unternehmen: Fragen**

Gegenstände	Fragen
Situations- analyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wie kann der Einsatz von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen charakterisiert werden?</li> <li>▪ Welche Energieeffizienzpotenziale bestehen bei den elektrischen Antriebssystemen?</li> <li>▪ Welche Anreize und Hemmnisse bestehen bei Unternehmen, die Potenziale auszuschöpfen?</li> <li>▪ Wie sind die bestehenden Politikmassnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen zu beurteilen, insbesondere die entsprechenden ProKilowatt-Programme?</li> </ul>
Zweckmässigkeit und Stossrich- tungen eines Programms EntEIEff	<p>Generelle Beurteilung der Zweckmässigkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Was sind die Vor- und Nachteile sowie Chancen und Risiken eines Programms EntEIEff gegenüber ProKilowatt-Programmen?</li> <li>▪ Wie ist die Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff aus genereller Sicht zu beurteilen?</li> <li>▪ Welche Faktoren sind für den Erfolg eines allfälligen Programms EntEIEff zentral?</li> </ul> <p>Mögliche Stossrichtungen und Bausteine:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Welche Fördergegenstände könnte ein Programm EntEIEff umfassen? Wie könnte das Fördermodell möglichst wirksam ausgestaltet werden (inkl. Varianten)?</li> <li>▪ Welche Bausteine eines Förderprogramms EntEIEff wären zweckmässig? Wie können diese Bausteine charakterisiert werden (Stossrichtungen und Förderansätze; Adressaten; Fördergegenstände, -kriterien und -beiträge; Umsetzung und flankierende Massnahmen; Abstimmung auf andere Massnahmen)?</li> <li>▪ Was sind die Vor- und Nachteile sowie die Chancen und Risiken dieser Programmvarianten (bzw. -bausteine)? Welche Faktoren sind für deren Erfolg wichtig?</li> </ul>
Umsetzungs- konzept	<p>Ziele und Herausforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Welche Ziele sollen mit einem Programm EntEIEff verfolgt werden?</li> <li>▪ Welche erfolgskritischen Herausforderungen stellen sich? Wie könnten diese gelöst werden?</li> </ul> <p>Förderparameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ An welche Adressaten soll sich die Förderung richten?</li> <li>▪ Welche Fördergegenstände sollen gefördert werden? Welche Anforderungen werden an die zu fördernden elektrischen Antriebssysteme gestellt?</li> <li>▪ Wie und in welcher Höhe sollen die verschiedenen elektrischen Antriebe und die unterstützenden «Soft Measures» (v.a. Grob- und Feinanalysen) gefördert werden? Welche Fördermodelle würden sich eignen?</li> </ul> <p>Organisation der Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wie sollen die Rollen (bzw. Zuständigkeiten) und Verantwortlichkeiten zwischen BFE, Programmleitung, BeraterInnen und Unternehmen definiert werden?</li> <li>▪ Wie sollen die Umsetzungsprozesse (Anträge, Bescheide, Begleitung der Umsetzung inkl. Kontrollen) organisiert werden?</li> <li>▪ Wie sollen die Wirkungen des Programms beurteilt (Instrumente, Anforderungen und Verantwortlichkeiten) und über das Programm Bericht erstattet werden?</li> </ul> <p>Flankierende Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Welche flankierenden Massnahmen braucht es, um das Programm erfolgreich umzusetzen?</li> </ul>

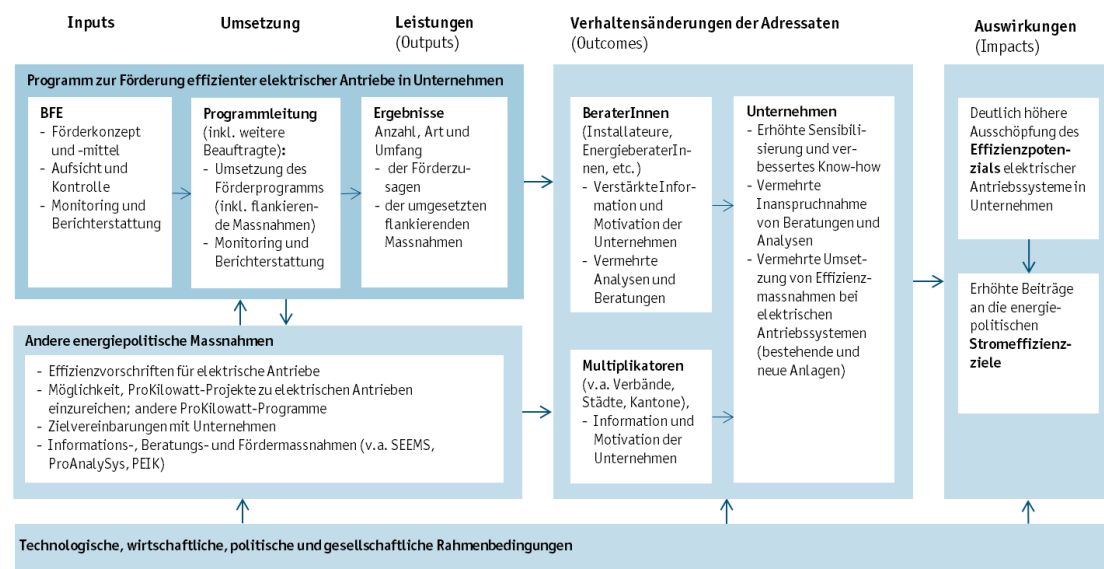
Tabelle INFRAS und Impact Energy.

## 1.3. Methodik

### Analysekonzept

Zur Strukturierung der Situationsanalyse, Analyse der Zweckmässigkeit und Erarbeitung des Umsetzungskonzepts orientieren wir uns an einem Wirkungsmodell des Förderprogramms EntEIEff (vgl. Abbildung 1). Das Wirkungsmodell stellt die Wirkungslogik des Programms dar und dient als zentrale Analysegrundlage.

Abbildung 1: Wirkungsmodell Förderprogramm EntEIEff



Grafik INFRAS und Impact Energy.

Die Analyse und die Beurteilung der Zweckmässigkeit eines allfälligen Programms EntEIEff erfolgte anhand folgender Kriterien:<sup>10</sup>

- Wichtigstes Kriterium ist die Wirksamkeit eines allfälligen Programms EntEIEff. Das Programm muss – in Kombination mit bestehenden Massnahmen – geeignet sein, innert nützlicher Frist einen deutlich grösseren Anteil des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen auszuschöpfen.
- In Ergänzung zur Wirksamkeit sind folgende Kriterien von Bedeutung: Fördereffizienz, Abstimmung auf bestehende Massnahmen (sog. äussere Kohärenz), Umsetzbarkeit und Akzeptanz, Abstützen auf bestehende Erfahrungen (empirische Evidenz). Dabei verstehen wir

<sup>10</sup> Weitere Ausführungen siehe Kapitel 3.1.

unter Fördereffizienz ein gutes Verhältnis von eingesetzten Fördermitteln zur eingesparten elektrischen Energie (CHF/kWh).

Die Wirksamkeit, die Fördereffizienz, die Kohärenz sowie die Umsetzbarkeit und Akzeptanz eines allfälligen Programms EntEIEff analysierten wir anhand folgender Vergleiche:

- Zur Beurteilung der Wirksamkeit und der Fördereffizienz des Programms verglichen wir die Situation der Unternehmen («EndkundInnen») vor und nach dessen hypothetischer Einführung. Dabei schätzten wir qualitativ ab, in welchem Ausmass die Unternehmen ihr (Investitions-) Verhalten ändern würden.
- Anhand von Soll-Ist-Vergleichen analysierten wir, inwieweit es einem Programm EntEIEff gelingen könnte, entsprechende Ziele auf den verschiedenen Wirkungsebenen zu erreichen. Zudem wurden die Kohärenz, die Umsetzbarkeit und Akzeptanz sowie die empirische Evidenz ebenfalls anhand entsprechender Vorgaben bzw. Ziele beurteilt.

Die Ergebnisse der Beurteilung der Zweckmässigkeit wurden in einer SWOT-Analyse (Stärken/Schwächen, Chancen/Risiken) zusammengefasst.

### **Forschungsmethoden**

Zur Beantwortung der Fragen (vgl. Tabelle 1) kombinierten wir verschieden Forschungsmethoden:

- Als Grundlage für die Situationsanalyse werteten wir verschiedene Dokumente aus. Erstens analysierten wir Studien zu den Effizienzpotenzialen und den Hemmnissen bei elektrischen Antriebssystemen. Zweitens werteten wir Konzepte und Berichte zu ausgewählten ProKilowatt-Programmen aus. Vereinzelt nahmen wir auch eigene Abschätzungen basierend auf verfügbaren Datengrundlagen vor.<sup>11</sup> Drittens analysierten wir Dokumente zu ausländischen Massnahmen zur Förderung effizienter elektrischer Antriebssysteme.
- Zur Beurteilung von ProKilowatt-Programmen sowie der Zweckmässigkeit eines allfälligen Programms EntEIEff führten wir 11 qualitative Experteninterviews mit Vertretenden von Trägerschaften von ProKilowatt-Programmen und mit weiteren Akteuren durch.<sup>12</sup> Eine weitere Trägerschaft von ProKilowatt-Programmen beantwortete die Fragen schriftlich. Ergänzend führten wir Interviews mit zwei Vertretenden von ausländischen Massnahmen bzw. Programmen zur Förderung effizienter elektrischer Antriebe durch.

<sup>11</sup> Z.B. zur Abschätzung des Anteils elektrischer Antriebssysteme am Stromverbrauch von Industrie- und Dienstleistungsunternehmen.

<sup>12</sup> Liste der befragten ExpertInnen siehe Annex A2. Die Befragung der ExpertInnen erfolgte im Februar und März 2022 durch INFRAS. In die Protokolle der Interviews sowie in die Konzepte und Berichte zu den ProKilowatt-Programmen hatte nur INFRAS Einsicht.

- Ergänzend nutzten wir unser eigenes (empirisches) Expertenwissen, insbesondere zur Konzeption eines möglichst wirksamen Programms EntEIEff und deren Beurteilung sowie zur Erarbeitung eines Vorschlags für ein Umsetzungskonzept.

### **Grenzen der Analyse**

Die Analyse weist folgende Grenzen auf:

- Erstens beinhaltet die Arbeit keine umfassende Analyse und/oder Evaluation der relevanten ProKilowatt-Programme sowie ausländischer Ansätze und Massnahmen. Insbesondere erheben die Ergebnisse der Experteninterviews keinen Anspruch auf Repräsentativität.
- Zweitens analysiert wird die Zweckmässigkeit des Programms EntEIEff in qualitativer Form. Eine quantitative Abschätzung dessen Wirksamkeit und Fördereffizienz (inkl. verlässlicher Beurteilung von Mitnahmeeffekten) war nicht beabsichtigt.

### **Gliederung**

Der Zwischenbericht ist wie folgt gegliedert:

- Das Kapitel 2 dokumentiert die Ergebnisse zur Situationsanalyse. Neben der Darstellung des Einsatzes elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen, inkl. Effizienzpotenzialen und Hemmnissen (Kapitel 2.1) werden die bestehenden Massnahmen (v.a. ProKilowatt-Programme) beschrieben und analysiert (Kapitel 2.2) und die Erfahrungen von ausländischen Massnahmen und Programmen zusammengefasst (Kapitel 2.3).
- In Kapitel 3 beurteilen wir die Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff. Nach der Konkretisierung der Anforderungen an ein Programm EntEIEff (Kapitel 3.1) beurteilen wir ein allfälliges Programm EntEIEff zum einen aus genereller Sicht (vgl. Kapitel 3.2). Anschliessend stellen wir mögliche Stossrichtungen und Bausteine für ein möglichst wirksames Förderprogramm dar (vgl. Kapitel 3.3).
- In Kapitel 4 stellen wir Überlegungen zur Umsetzung eines Programms EntEIEff dar. Neben der Beschreibung der Ziele und der Herausforderungen (vgl. Kapitel 4.1) konkretisieren wir die Förderparameter (vgl. Kapitel 4.2), die organisatorische Umsetzung (vgl. Kapitel 4.3) und die flankierenden Massnahmen (vgl. Kapitel 4.4).
- Das Kapitel 5 fasst die Erkenntnisse in einem Fazit zusammen.
- Der Anhang enthält ergänzende Angaben zum Einsatz elektrischer Antriebssysteme (vgl. Anhang A1) und zu den befragten Experten (vgl. Anhang A2). Zudem werden die vorgeschlagenen Bausteine 2 (EVU-Programm) und 3 (Innovationsprogramm) eines Programms EntEIEff beschrieben (vgl. Anhang A3).<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Nach Absprache mit dem BFE wurden diese Bausteine nicht im Umsetzungskonzepts (vgl. Kapitel 4) konkretisiert.

## 2. Situationsanalyse

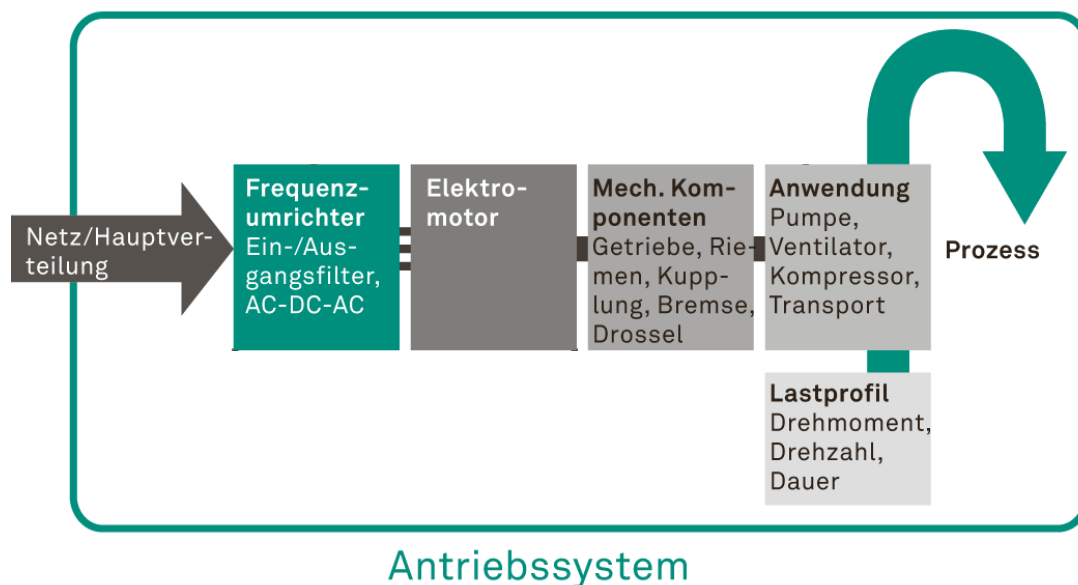
### 2.1. Einsatz elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen

#### Grundlagen

In Unternehmen werden mittelgroße und größere elektrische Antriebssysteme als Querschnittstechnologie zum Betrieb von Pumpen, Ventilatoren, Kälte- und Druckluftkompressoren sowie für Transportsysteme und weitere rotierende Systeme etc. verwendet. Diese oft spezifisch für ihre Anwendung ausgestattete industrielle Maschinen unterscheiden sich von standardisierten steckbaren elektrischen Geräten kleiner Leistungen im Haushaltbereich.

Ein Antriebssystem besteht aus mehreren Komponenten beginnend mit der Stromversorgung des Motors (z.B. mittels eines Frequenzumrichters, FU), einem Motor, einer mechanischen Komponente wie einer Kupplung oder Transmission zur Kopplung der Anwendung (z.B. Pumpe, Ventilator), die dann den Prozess mit gewünschten physikalischen Größen wie Volumenstrom oder Druck versorgt (vgl. Abbildung 2). Es besteht immer aus mindestens zwei Komponenten (Elektromotor und Anwendung), häufig aber aus insgesamt drei bis vier Komponenten. Bei der Optimierung von elektrischen Antriebssystemen in der Industrie sollte nie der Antrieb, also der Motor, isoliert betrachtet werden, sondern immer das gesamte Antriebssystem.

**Abbildung 2: Hauptelemente eines elektrischen Antriebssystems**  
(FU und mechanische Komponenten sind nicht immer vorhanden)



Quelle: Topmotors

Zwischen den einzelnen Komponenten eines Antriebssystems gibt es Wechselwirkungen, die einen Einfluss auf den Systemwirkungsgrad haben. Der Systemwirkungsgrad beschreibt die Effizienz eines Antriebssystems und sollte möglichst hoch sein. Für einen optimalen Wirkungsgrad des Gesamtsystems sind gute Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten entscheidend. Dies erfordert z.B. eine effiziente Anwendung mit richtiger Dimensionierung auf den häufigsten Betriebspunkt des Prozesses auszulegen, etc.<sup>14</sup>

Ausschlaggebende Grösse bei der Definition und der Dimensionierung eines Antriebssystems ist immer der reale Bedarf des Prozesses bei konstanter oder schwankender Leistung. Alle Komponenten müssen so gewählt werden, dass sie die Anforderungen des Prozesses erfüllen und dabei möglichst lange in einem möglichst optimalen Betriebspunkt mit hohem Wirkungsgrad betrieben werden. Die Komponenten müssen so ausgewählt werden, dass der Betriebspunkt des Systems auch bei schwankenden Lasten (Lastprofil) in den verschiedenen Betriebspunkten möglichst hoch ist. Nur so lässt sich während des Betriebs ein hoher Systemwirkungsgrad erreichen, was niedrige Energiekosten zur Folge hat – das Antriebssystem ist effizient.

Antriebssysteme beinhalten eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen. Die häufigsten Anwendungen und gleichzeitig mit dem grössten Anteil am elektrischen Energieverbrauch eines Unternehmens in allen Sektoren und Branchen sind Pumpen, Ventilatoren, Kälte- und Druckluftkompressoren, Transportsysteme und rotierende Maschinen wie Walzen oder Prozessmaschinen. Bezogen auf den gesamten Stromverbrauch eines typischen industriellen Unternehmens könnten die Anteile grob wie folgt geschätzt werden: Ventilatoren: etwas über 40 Prozent; Pumpen und Kältesysteme: je rund 25 Prozent; Druckluftsysteme: etwas über 5 Prozent (vgl. Annex A1, Tabelle 17).

### **Energieeffizienzpotenziale**

Ein Effizienzpotenzial ist in erster Annäherung eine auf Erfahrung gestützte technisch/ökonomische Vermutung, die erst durch die konkrete Umsetzung an einer im Betrieb stehenden Anlage verifiziert werden kann. Wie erwähnt ist die Verbesserung durch eine Massnahme an nur einer Komponente wenig ergiebig. Zielführend sind systematische Systemverbesserungen mit ex ante Berechnungen basierend auf einer messtechnisch überprüften Bestandesanalyse und der Verifizierung durch ex post Messungen nach der Umsetzung. Bei mittleren (ab 5–10 kW) und grösseren Anlagen ist diese Vorgehensweise zwingend erforderlich.

Das Ergebnis von Effizienzverbesserungen streut in grossem Bereich, je nach Prozess, Vorzustand und Grösse der Anlage, Interventionstiefe, zeitlichem Einsatz und Betriebsregelung. Im Einzelfall können sie sehr grosse oder sehr geringe Einsparungen erbringen (vgl. Annex A1,

---

<sup>14</sup> Ergänzende Ausführungen zum Systemwirkungsgrad (inkl. eines Beispiels einer häufig eingesetzten Wasserpumpe) siehe Annex A1.

Abbildung 15). Allgemein gültige Mittelwerte sind nicht möglich, wohl aber Bereiche und typische Werte. Bei einer Gesamtoptimierung eines Antriebssystems besteht typischerweise ein Effizienzpotenzial von 30 Prozent. Bei einzelnen Komponenten und Anwendungen bestehen folgende typische Effizienzpotenziale:<sup>15</sup>

**Tabelle 2: Effizienzpotenziale bei bestehenden elektrischen Antriebssystemen**

Komponenten und Anwendungen	Effizienzmassnahmen	Typische Effizienzpotenziale
Motoren	Frequenzumrichter (neu IE3)	30%
	Ersatz von Motoren (neu IE3/IE4)	3%-10%
	Redimensionierung	10%
Transmission	Transmission entfernen, bessere Riemen oder kein Getriebe	2%-7%
Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren	Effizientere Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren und richtige Dimensionierung	10%
	Druckreduzierung (bessere Auslastung)	5%
	Volumenreduktion (FU statt Drossel)	10%
	Zeitreduktion (bessere Regelung, Vermeidung Betrieb ohne Nutzen)	10%
System	Gesamtoptimierung	30%

Tabelle INFRAS und Impact Energy. Quelle: siehe Tabelle 18 im Annex A1.

Systematisch durchgeführte Einzelmassnahmen (z.B. Ersatz aller Keilriemen durch Flachriemen, Erneuerung aller Getriebemotoren bei Förderbändern, Einsatz von FU für alle Ventilatoren) können rasche Einsparungen mit gutem Payback ergeben, liegen aber bei weitem unterhalb des Effizienzpotenzials eines Betriebes und versperren häufig die Sicht auf systematische Erneuerungsprogramme mit jährlichen Budgets. Besser sind - wenn aus externen Gründen nicht überall sofort eine Gesamtsanierung geplant werden kann - spezifische Filter zur Massnahmenauswahl, z.B.:

- alle Motoren älter als 10 Jahre (kleine bis 5 kW) bis 20 Jahre (grösser als 20 kW) ersetzen
- alle alten und ineffizienten Lagermotoren entsorgen; insbesondere für Motoren, die für die Produktion kritisch sind, Frühwarnsystem mit «Smart Sensors» einsetzen
- für alle Pumpen im geschlossenen Kreis FU-Einsatz prüfen
- bei allen Pumpen und Ventilatoren Sensoren für Druck- und Volumenstrommessung einbauen; Vorbereitung für späteren Ersatz und evtl. Redimensionierung

<sup>15</sup> Detailliertere Angaben zu den Effizienzpotenzialen bei bestehenden Antriebssystemen siehe Annex A1.



- bei allen Motoren über ca. 10 kW «Remote Control» Sensoren einbauen zur Überprüfung von Laufzeit, Vibrationen, Temperatur; Vorbereitung für späteren Ersatz und evtl. Redimensionierung.

Die befragten Experten (siehe Annex A2) bestätigen das hohe Effizienzpotenzial bei den bestehenden elektrischen Antriebssystemen. Sie weisen ebenfalls darauf hin, dass die Potenziale v.a. bei älteren Motoren, Anlagen, etc. bestehen (Überdimensionierung), eine Systembetrachtung zu deren Ausschöpfung wichtig ist (Messungen sind dazu wichtig) und der «grosse» Hebel weniger beim Ersatz einzelner Komponenten, sondern der ganzen Anlage liegt.

Gute betriebliche Erfahrungen bei einzelnen Maschinen, die rasch multipliziert werden können («scaling up»), unterstützen das Ausschöpfen der Effizienzpotenziale. Damit sind Kosten, Betriebsunterbruch, Zuverlässigkeit, etc. geklärt und das Vertrauen der Betriebsleitung leichter zu gewinnen. Oft können «multiple benefits»<sup>16</sup> im Laufe der Untersuchung erkannt werden, die für die Projektentscheidung häufig den Ausschlag geben.

Wichtig ist, dass unabhängige Fachleute für effiziente Antriebssysteme mit den betriebsinternen Fachleuten der Produktion eng zusammenarbeiten. Damit können aussagekräftige IST-Zustand-Messungen und Systembeurteilungen, Lebenszykluskostenanalysen, offene und präzise Ausschreibungsunterlagen für Konkurrenzofferten für Ersatz und Unterhalt gemacht werden. Damit erhält der Betrieb zuverlässige «state of the art» Technologie zu lohnenden Kosten. Eine zuverlässige Vorausberechnung der Kosten und des Nutzens als Basis für den Projektentscheid erfordert bei industriellen Anlagen immer eine ingenieurmässige Untersuchung<sup>17</sup>.

Sowohl für KMU wie auch für grössere und grosse Unternehmen ist ein systematischer Erneuerungsplan samt jährlichem Budget und regelmässiger Überprüfung notwendig. Bei KMU werden dazu immer externe Fachleute nötig sein, bei grösseren Unternehmen sind (manchmal) zuverlässige Energieeffizienzteams betriebsintern vorhanden.

### **Bestand der Antriebssysteme**

Der Anteil des Energieverbrauchs der elektrischen Antriebssysteme am gesamten Stromverbrauch des Industrie- und Dienstleistungssektors wird für 2019 auf rund 60 Prozent (17.6 TWh von insgesamt 29.7 TWh) geschätzt (vgl. Annex A1, Tabelle 19). Davon fallen etwas weniger als zwei Drittel auf die Industrie und etwas mehr als ein Drittel auf den Dienstleistungssektor.<sup>18</sup> Die

<sup>16</sup> «Multiple benefits» sind Zusatznutzen bei der Erneuerung von Anlagen, z.B. höhere Zuverlässigkeit, geringere Ausfallrate, weniger Betriebskosten, weniger Abwärme, etc.

<sup>17</sup> Dies im Gegensatz zum Austausch eines Haushaltskühlschranks, einer Bürobeleuchtung oder eines elektronischen Unterhaltungsgerätes, wo meistens geringe Kosten und (fast) kein Einbauaufwand vorhanden sind und wo zuverlässige Bandbreiten für Kosten- und Nutzenschätzungen leicht erhältlich sind.

<sup>18</sup> Im Annex A1 finden weitere Angaben zur Schätzung des Stromverbrauchs elektrischer Antriebssysteme in der Schweiz und weltweit.

wichtigsten und grössten stromverbrauchenden Branchen sind in der Industrie die Branchen Chemie/Pharma, Metall/Geräte und Nahrungsmittel, im Dienstleistungssektor die Branchen Handel, Gesundheit/Soziales und Gastgewerbe. Die höchsten spezifischen Elektrizitätsverbräuche pro Beschäftigten weisen die Branchen Zement/ Beton, Metall/Eisen und Nicht-Eisen Metalle (Industrie) sowie Gastgewerbe und Handel (Dienstleistungen) auf.<sup>19</sup>

Zum Bestand der Antriebssysteme könnten folgende Ergebnisse nach Anzahl, Alter, Verwendung von Frequenzumrichtern, Betriebsstunden und Lastprofil festgehalten werden:<sup>20</sup>

- Der Bestand an **Motoren** wird für das Jahr 2020 auf rund 2.0 Mio. geschätzt. Der Verkauf neuer effizienter Motoren anstelle alter aus dem Verkehr genommener ineffizienter Motoren schlägt nur sehr langsam auf den Bestand durch. Der entsprechende Effizienzerfolg wird durch die gleichzeitig zu erwartende Bestandesausweitung teilweise oder sogar vollständig kompensiert. Aus diesem Grund sind effizientere Motoren allein noch keine genügende Effizienzpolitik. Grössere Einsparungen bei Antriebssystemen können nur durch eine systematische Verbesserung des gesamten Antriebssystems (d.h. aller Komponenten) erzielt werden.
- Für die Erneuerung bestehender Antriebssysteme ist u.a. das **Alter** ein massgebender Parameter. Untersuchungen deuten darauf hin, dass über 50 Prozent der elektrischen Antriebssysteme in der Schweiz im Vergleich zu deren «technischen Nutzungsdauer» von 10 bis 20 Jahren zu alt bzw. sogar fast doppelt so alt sind wie geplant (vgl. Annex A1, Abbildung 19). Daraus folgt, dass im Anlagebestand ein sehr grosses Erneuerungspotenzial schlummert. Alte Anlagen weisen typischerweise deutlich geringere Wirkungsgrade auf, sind in vielen Fällen technologisch überholt und werden nicht mehr im ursprünglichen Lastbereich eingesetzt. Laufende Anlagen werden heute meist erst ersetzt, wenn sie gravierende und wiederkehrende Defekte (z.B. aufwendiger Wicklungersatz) haben, einen grossen Wartungsaufwand erfordern (Gleichstrommotoren, regelmässiger Bürstenwechsel) oder andere Probleme mit der Zuverlässigkeit aufweisen (Vibrationen, Überhitzungen, Lagerschäden). Zudem haben viele Unternehmen einzelne oder systematische Lagermotoren, die bei Defekten rasch eingesetzt werden können. Dies garantiert einen kurzen Produktionsunterbruch, erlaubt aber keine technischen Verbesserungen oder eine Neu-Dimensionierung entsprechend der tatsächlichen Aufgabe, da die Lagermotoren in der Regel ebenso gross und ebenso alt wie die zu ersetzenden Motoren sind.
- **Frequenzumrichter (FU)** werden zur Lastregelung noch ungenügend eingesetzt. Eine Untersuchung zeigt, dass im Jahr 2013 nur rund 20 Prozent der Anlagen mit einem FU ausgerüstet waren (vgl. Annex A1, Abbildung 20). Der FU-Einsatz hat durch die regelbare Drehzahl eine grosse Effizienzwirkung, besonders bei Pumpen im geschlossenen Kreislauf und bei Ventila-

<sup>19</sup> Weitere Angaben zum Stromverbrauch nach Sektoren und Branchen siehe Tabelle 18 in Annex A1.

<sup>20</sup> Weiterführende Angaben und Abbildungen siehe Annex A1.

toren. Hier kann eine FU-geregelte Anlage gegenüber einer unregulierten Anlage, die ständig auf Nennleistung mit der Nenndrehzahl arbeitet, vergleichsweise grosse Einsparungen bewirken. Wir gehen davon aus, dass heute der FU-Anteil im Bestand sich bereits leicht erhöht hat (ca. 25%) und dass es aus anlagentechnischen und ökonomischen Gründen sinnvoll ist, einen Bestandesanteil von 40–60 Prozent (je nach Anwendung) anzustreben.

- Die **Betriebszeit** ist für die Wirtschaftlichkeit des energetisch bedingten Ersatzes einer Anlage sehr wichtig: bei industriellen Anlagen mit typischerweise 4'500 Betriebsstunden sind die Payback-Zeiten meist unter 5 Jahren erreicht. Bei Anlagen im Dienstleistungsbereich mit typischerweise rund 2'500 Betriebsstunden (entsprechend der Bürozeit oder Ladenöffnungszeiten) dauert die Payback-Zeit doppelt so lange. Bei Anlagen mit weniger als 1'000 Betriebsstunden ist die Payback-Zeit oft nicht im gewünschten Bereich (d.h. nicht wesentlich kürzer als die technische Nutzungsdauer).
- Sehr häufig werden Anlagen beim Bau mit ungenügenden Grundlagen geplant, ungenau dimensioniert und damit in den aller meisten Fällen aus vermeintlichen Sicherheitsgründen **überdimensioniert**. Der Betrieb einer Anlage kann leicht mit dem Lastfaktor (LF) in Prozent, d.h. dem Verhältnis der tatsächlich bezogenen mittleren elektrischen Leistung im Verhältnis zur installierten Nennleistung, beurteilt werden. Eine starke Überdimensionierung (Lastfaktor oft oder sogar dauernd unter 60% der Nennleistung) führt zu einem stark abnehmenden Wirkungsgrad, sowohl beim Motor, beim FU wie auch bei den angetriebenen Anwendungen wie Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, etc. Eine im Jahr 2013 bei etwas über 100 Antriebssystemen im Betrieb durchgeführte messtechnische Untersuchung zeigte einen mittleren Lastfaktor von 52 Prozent (vgl. Annex A1, Abbildung 22). Daraus kann geschlossen werden, dass bei der Erneuerung eine Redimensionierung in rund zwei Drittel der Fälle zweckmässig ist. Durch die kleinere Dimensionierung der neueren Anlagen können sowohl Anlagekosten gespart wie auch Effizienzgewinne erzielt werden.
- Für die Optimierung jeder Anlage ist die Kenntnis des **Lastprofils** und des Start-/Stoppverhaltens entscheidend wichtig. Das Lastprofil kann bei bestehenden Anlagen durch kurze Messperioden (1 Tag bis 1 Woche), längere Beobachtungen und Befragungen der Maschinenführer und -programmierer eruiert werden. Bei neuen Anlagen ist die rechnerische Analyse entscheidend. Die gute Kenntnis des Lastprofils ermöglicht die richtige Auswahl und Dimensionierung der einzelnen Komponenten und den allfälligen Einsatz eines FU. Sie sichert auch durch die Minimierung der Start-/Stoppzyklen einen störungsfreien und langlebigen Betrieb.
- **Systemeinbindung**: Ein Antriebssystem ist selten ein "stand-alone". Es ist oft integriert in einen industriellen oder gebäudetechnischen Prozess, wo parallel gleiche oder unterschiedliche Maschinen, zusammen mit seriellen Systemen, ein Produkt herstellen oder eine Dienstleistung erbringen. Die energetische Optimierung eines Antriebssystems muss deshalb

immer ein Prozessverständnis beinhalten, um sicherzustellen, dass nicht Verbesserungen einer Anlage negative Wirkungen auf das Produkt oder auf die Effizienz anderer am Prozess beteiligten Maschinen haben.

- **Ersatzraten und -motive:** Anlagen werden in der Industrie oder im Dienstleistungsbereich meist unter folgenden Voraussetzungen ersetzt oder neu gebaut:
  - Ausweitung oder starke Änderung des Prozesses oder der Dienstleistung
  - Totalschaden (irreparabler Defekt) einer Anlage (u.U. Rückgriff auf hausinterne Ersatzmotoren)
  - Neue Systeme sind am Markt erhältlich mit höherer Energie- und Produktionseffizienz, besserer Betriebssicherheit, geringeren Betriebskosten oder erweiterter Performance (permanente elektronische Regelung und Fernüberwachung).

Selten werden ältere, aber noch gut funktionstüchtige Anlagen in Unternehmen aus rein energetischen Motiven (auch bei relativ kurzem Payback) ersetzt. Dies geschieht, weil fast jede Anlagenveränderung resp. -verbesserung mit einem Betriebsunterbruch durch die Neuinstallation, -programmierung und -schulung des Betriebspersonals verbunden ist. Zudem sind bei neuen Technologien und Verfahren oft Anfangsschwierigkeiten, resp. normale Einregulierungszeiten zu verkraften. Unter Umständen erfordert der Eingriff in einen zertifizierten Prozess eine aufwendige Neuzertifizierung einer Anlage, die zusätzliche Kosten zur Folge hat.

### **Vertriebskanäle**

Ein wichtiges Element für den Einsatz von Förderprogrammen ist die Kenntnis der Vertriebskanäle. Für die Schweiz sind dazu keine neueren Daten vorhanden. Aufgrund der Überlegungen internationaler Untersuchungen (ACEEE, ISI, etc.) kann davon ausgegangen werden, dass folgende Lieferkanäle zum Endabnehmer, resp. dem Planungsbüro wichtig sind (vgl. auch Annex A1, Abbildung 28): Anlagenbauer (OEM): 60 Prozent; Komponentenhersteller 25 Prozent; Hersteller/Grosshandel: 15 Prozent. Damit sind die Anlagenbauer («Original Equipment Manufacturers») aller Art dominant. Sie beliefern u.a.: Maschinenbauer, Liftbauer, Förderbänder, Walzen, Krane, Werkzeugmaschinen, Bearbeitungszentren, Pressen, Fräsen, Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, etc. Der Direktverkauf (z.B. Hersteller Siemens an Endkunde Unternehmen Mülser) ist relativ selten und wohl eher für grosse Maschinen an grosse Endabnehmer wichtig.

Eine wichtige Rolle für die Systembestimmung, Komponentenwahl und -dimensionierung sowie die Ausschreibung mit Pflichtenheft, etc. haben die Energieberater und Planungsbüros. Dazu gehören neben spezialisierten Industrieanlagenberater für die Haustechnikanlagen auch Heizungs-, Sanitär- (Pumpen), Lüftungs- (Ventilatoren), Druckluft- (Kompressoren), Kälte-Planer und -Installateure. Dabei ist zu berücksichtigen, dass industrielle Komponenten für Antriebssys-

teme (FU, Motoren, Getriebe, Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren) in Herstellerkatalogen in Baugrößen von 0.1 kW bis gegen 1000 kW nach den gängigen IEC und ISO Normen beschrieben und angeboten werden. Tatsächlich sind aber meist nur Komponenten bis etwa 100 kW beim Hersteller (oft im Ausland) am Lager, grössere Maschinen werden erst auf Bestellung hergestellt und nach Kundenwunsch ausgestattet. Dies erschwert bei grösseren Anlagen eine rasche Kostenschätzung und kurzfristige Lieferung. Zudem ist zu berücksichtigen, dass viele Herstellerfirmen Spezialisten sind, d.h. sie stellen z.B. nur Pumpen oder nur FU her. Für ein optimiertes Gesamtsystem mit gut integrierten Komponenten sind oft Angebote von drei verschiedenen Herstellern nötig: z.B. FU, Motor und Ventilator. Diese Ausschreibung und das Einholen von Konkurrenzangeboten stellt eine wichtige Aufgabe von kompetenten Energieberatern und Planungsbüros dar.

### **Hemmnisse**

Investitionen in die Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen werden von Unternehmen trotz grundsätzlich wirtschaftlichen Amortisationsfristen oftmals nicht getätigt. Häufige Hindernisse waren bis anhin relativ tiefe Energiekosten – durchschnittlich 5 Prozent der Gesamtkosten (vgl. Universität St. Gallen 2018), andere Prioritäten (Kerngeschäft bzw. Produktionsicherheit), ungenügende Kapazitäten von Fachkräften, Trennung von Investitions- und Betriebskostenverantwortung, Komplexität der Systemoptimierung, Vermeidung von Produktionsunterbrüchen, Überdimensionierung aus Sicherheitsgründen, mangelnde Datengrundlagen zum Betrieb sowie schwer zu ändernde zertifizierte Prozesse.

Neben den bereits genannten Investitionsbarrieren für effizientere Systeme werden oft eine mangelnde systematische Erneuerungs- und Ersatzplanung sowie die Unkenntnis der effektiven Energie- und Kosteneinsparungspotenziale beobachtet. Zudem haben KMU mit 10 bis 100 Mitarbeitenden (im Gegensatz zu grösseren Firmen mit 1'000 und mehr Mitarbeitenden) meistens keine betriebsintern verfügbare Fachkompetenz für die energetische Optimierung ihrer eigenen Anlagen. Sie sind technisch stark von Servicefirmen und ihren traditionellen "Hoflieferanten" abhängig, die ihnen nicht in allen Fällen uneigennützig und kompetente Empfehlungen geben können.

Die befragten Experten bestätigen die vielfältigen und sehr grossen Hemmnisse von Unternehmen, in effiziente elektrische Antriebssysteme zu investieren. Der Anreiz, eine bestehende Anlage aus Effizienzgründen zu ersetzen, sei äusserst gering. Die Motoren und Anlagen (Pumpen, Lüftungen, Kompressoren, etc.) würden ersetzt, wenn sie nicht mehr (gut) laufen oder die Betriebssicherheit gefährdet sei. Ausnahme seien für die Produktion kritische, oft grosse Motoren und Anlagen, die eine sehr grosse Bedeutung für ein Unternehmen aufweisen. Die meisten Unternehmen nähmen, falls betrieblich notwendig, einen 1:1-Ersatz vor. Zentrale Hemmnisse

seien die grossen Vorbehalte, in laufender (Produktions-) Prozesse einzugreifen, fehlende Fachleute und ungenügendes Know-how, fehlende (vorzeitige) Analysen, Schwierigkeiten bei der Finanzierung und unterschiedliche Interessen/Kompetenzen der beteiligten Akteure. Zudem weisen viele Befragten (vgl. Annex A2) darauf hin, dass Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen im Vergleich zu anderen Stromeffizienzmassnahmen (z.B. Beleuchtung) weniger attraktiv seien (komplexer, höhere Investitionen, geringere Kostenwirksamkeit, geringere Zusatznutzen).

Für eine verstärkte Ausschöpfung der Effizienzpotenziale sollen die oben beschriebenen Hemmnisse angegangen und müssen nach Möglichkeit überwunden werden:

- Zugang zu unabhängiger Fachkompetenz für Systemanalyse, Messungen und Ersatzanlagenplanung, Unterstützung bei Ausschreibung neuer Anlagen, Offertanalyse und Umsetzungsplanung sowie Inbetriebnahme
- Übersicht über Finanzierungshilfen am Markt und bei öffentlichen kantonalen und nationalen Programmen
- Unkomplizierter, rascher Zugang zu Fördermitteln mit Lebenszykluskosten (LCC)- und Payback-Kalkulationen sowie technische Unterstützung zum besseren Projekterfolg innerhalb des untersuchten Unternehmens
- Standardisierung der Ausschreibung neuer, effizienter Antriebssysteme unter Einbezug der Fachverbände und Industrievertreter
- Checkliste für Anwender der "Do's" and "Don't's" nach Anwendung und Komponenten.

### **Verkauf neuer Motoren und Marktentwicklungstendenzen<sup>21</sup>**

In der Schweiz werden jährlich etwas über 180'000 Motoren verkauft. Rund 70 Prozent dieser Motoren weisen 2019 die Effizienzklasse IE3 auf, etwas weniger als 30 Prozent sind IE3 Motoren, 2 Prozent IE4 Motoren (vgl. Annex A1, Abbildung 25). Bei den Grössen von 0.5 kW bis 50 kW ist der Einsatz eines IE4 Motors gegenüber einem IE3 Motor wirtschaftlich interessant, d.h. die Zusatzkosten können unter 3 Jahren amortisiert werden (vgl. Annex A1, Tabelle 24). Die Mehrkosten beim Kauf des Motors vom alten Marktstandard IE2 gegenüber dem heute als Mindestanforderung vorgeschriebenen IE3 Motor liegen im gesamten Leistungsbereich (ausser 100–150 kW) zwischen 10 bis 20 Prozent, gegenüber einem IE4 Motor (wiederum mit Ausnahme von Motoren mit 100–150 kW) zwischen 25–45 Prozent (vgl. Annex A1, Abbildung 30).

Während die verkauften Stückzahlen im Bereich von 0.2 bis 2 kW sehr gross sind, ist der elektrische Energieverbrauch der kleinen Motoren bei Standardbetriebsbedingungen (4'500 Betriebsstunden pro Jahr, Lastfaktor 0.7) relativ gering. Bei den Grössenklassen zwischen 7 kW bis

<sup>21</sup> Im Annex A1 finden sich weitere Angaben und Abbildungen zu den verkauften Motoren, den Preisen von Motoren und Frequenzumrichtern sowie zu den verkauften Pumpen und Ventilatoren.

150 kW trifft das Gegenteil zu: geringe verkaufte Stückzahlen, aber hoher Anteil des elektrischen Energieverbrauchs (vgl. Annex A1, Abbildung 24).

Aufgrund der Entwicklung weltweit, in Europa und in der Schweiz, die durch technologische Weiterentwicklungen und ökonomische Veränderungen (Energie- und Materialpreis) bestimmt werden, kann heute für die nächsten 10 Jahre von folgenden Marktentwicklungstendenzen für elektrische Motoren in der Schweiz ausgegangen werden:

- Dominanz der 3-phasigen Asynchronmotoren
- Deutliche Vergrößerung des Marktanteils der Mindestanforderung IE3 bis zur Sättigung bei 70 bis 80 Prozent (Rest sind nicht im Geltungsbereich der EU- und Schweizer Mindestanforderungen liegende Motoren, siehe Tabelle 3)
- Langsame Verbreitung höherer Effizienzklassen IE4 (später auch IE5)
- Langsame Zunahme neuer Motortechnologien: Permanentmagnet (mit oder ohne Verwendung Seltener Erden) und Synchronreluktanz
- Langsames Verschwinden älterer Motortechnologien wie Gleichstrommotoren (mit Bürsten) und Synchronmotoren
- Stärkerer Einsatz von FU zur kontinuierlichen elektronischen Lastregelung bei neuen Anlagen: sinnvoll bis ca. 50 bis 60 Prozent Marktanteil
- Stärkerer Einsatz digitaler Reglungs- und Fernüberwachungssysteme (Betriebsüberwachung mit Sensoren, online Datenübermittlung, Störungsmeldung und Fern-Regelungseingriffe)
- Digital Twins<sup>22</sup> für grössere, komplexere Anlagen in industriellen Prozessmaschinen zur optimierten Einsatzplanung, Unterhaltsplanung und Störungsbehebung.

## 2.2. Bestehende Massnahmen

### Effizienzvorschriften

Die Energieeffizienzverordnung (EnEV) definiert verbindliche Mindestanforderungen an die Effizienz von elektronischen und elektro-mechanischen Komponenten von Antriebssystemen. Die Anforderungen für Motoren, Frequenzumrichter (FU), Umwälz- und Wasserpumpen sowie Ventilatoren basieren auf den entsprechenden Ecodesign Richtlinien der EU und werden jeweils synchron in der Schweiz Kraft gesetzt:

---

<sup>22</sup> Digital Twins (digitaler Zwilling) ist bei komplexen Maschinen wie Antriebssystemen eine virtuelle Repräsentation eines Produktes oder eines Arbeitsablaufes über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg ([https://de.wikipedia.org/wiki/Digitaler\\_Zwilling](https://de.wikipedia.org/wiki/Digitaler_Zwilling), abgerufen am 16.1.2023).

**Tabelle 3: Effizienzvorschriften**

Gegenstände	Anforderungen
Motoren	<p>Ab 1. Juli 2021 gilt für das Abgeben und in Verkehr bringen (EnEV Anhang 2.7):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effizienzklasse IE2 (oder besser) für Motoren mit einer Nennleistung ab 0.12 kW bis weniger als 0.75 kW</li> <li>▪ Effizienzklasse IE3 (oder besser) für Motoren mit einer Nennleistung ab 0.75 kW bis 1 000 kW</li> </ul> <p>Ab dem 1. Juli 2023 müssen zudem in Verkehr gebrachte und abgegebene Motoren mit einer Nennleistung von mindestens 75 kW bis höchstens 200 kW die Anforderungen der Effizienzklasse IE4 (oder besser) erfüllen. Ex-eb- Motoren mit erhöhter Sicherheit und Einphasenmotoren (Nennleistung 0.12 kW bis 1 000 kW) müssen ab diesem Datum Effizienzklasse IE2 (oder besser) erfüllen. Für die Abgabe von vor dem 1. Juli 2023 in Verkehr gebrachten Motoren gilt eine Übergangsfrist von einem Jahr (bis 30. Juni 2024).</p>
Frequenzumrichter	Gleiche Vorschriften wie in der EU <sup>1)</sup> (EnEV Anhang 2.6): Ab 1. Juli 2021 Effizienzklasse IE2 für Frequenzumrichter, die für den Betrieb mit Motoren von 0.12 kW bis 1 000 kW ausgelegt sind.
Pumpen	<p>Seit 1. August 2015 wird für Nassläufer-Umwälzpumpen von 1 W bis 2500 W hydraulischer Leistung ein Energieeffizienzindex (EEI) von 0.23 verlangt (EnEV Anhang 2.8).</p> <p>Seit 1. Januar 2015 müssen Wasserpumpen im Bestpunkt den erforderlichen hydraulischen Pumpenwirkungsgrad mit dem Mindesteffizienzindex (MEI) von 0.4 einhalten (EnEV Anhang 2.9).</p>
Ventilatoren	Seit 1. Januar 2015 müssen Ventilatoren mit einer elektrischen Antriebsleistung zwischen 125 W und 500 kW die Mindestanforderungen an die Energieeffizienz der zweiten Stufe erzielen (EnEV Anhang 2.6).

<sup>1)</sup> In der Schweiz und in der Europäischen Union gelten ab dem 1. Juli 2021 einheitliche Vorschriften betreffend Energieeffizienz von Elektromotoren und Frequenzumrichtern, da durch den Beschluss des Bundesrates vom 22. April 2020 die Bestimmungen der Verordnung (EU) 2019/1781 in die Energieeffizienzverordnung (EnEV) aufgenommen wurden.

Tabelle INFRAS und Impact Energy. Quelle: verschiedene Rechtsgrundlagen.

Für den Systemwirkungsgrad von Antriebssystemen sind bisher noch keine Mindestanforderungen der EU in den Ökodesign-Verordnungen oder in der Schweiz in der EnEV vorhanden. Eine Ausnahme von dieser Regel sind nur integrierte Kleinsysteme wie Nassläufer-Umwälzpumpen sowie kleine Küchenabluftventilatoren, die üblicherweise einen Frequenzumrichter, einen Motor und eine Pumpe oder Ventilator beinhalten. Bisher sind Mindestvorschriften immer Komponentenanforderungen. Neuere ISO-Normen (z.B. Ventilatoren ISO 12759) und IEC-Normen (z.B. FU und Motor IEC 61800-9-2) sind erste Vorbereitungen dazu, auf deren Basis später Mindestanforderungen für gesamte Systeme erlassen werden können.

### ProKilowatt-Programme

Im Rahmen von ProKilowatt (vgl. [www.prokw.ch](http://www.prokw.ch)) können Projekte oder Programme für Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen eingereicht werden. Aus Unternehmenssicht ist von Bedeutung, dass Programme pro «Endkunde» Mass-



nahmen mit einem Investitionsvolumen von maximal CHF 300'000 unterstützen können (BFE 2022a). Für weitergehende Anträge für Fördermittel muss ein Projektantrag eingereicht werden (Förderbeitrag von max. CHF 2'000'000). Im Hinblick auf die Unterstützung von Energieeffizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen sind verschiedene Rahmenbedingungen und spezifische technische Anforderungen zu beachten (vgl. BFE 2022a und 2022b). U.a. sind Massnahmen im Zusammenhang mit dem Neubau von Anlagen und im Bereich der Messung für die Förderung nicht zugelassen (Stand 2023).

Nachfolgend fokussieren wir auf ProKilowatt-Programme. Diese Programme sind im Zusammenhang mit einem allfälligen neuen Förderprogramm EntEIEff von besonderer Relevanz. Generell ist festzuhalten, dass eine systematische Übersicht über diese ProKilowatt-Programme, die auf die Förderung der Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen abzielen (inkl. Angaben zu effektiven Fördersummen, Kostenwirksamkeit, etc.), fehlt. Ein zentraler Grund dafür dürfte sein, dass verschiedene Programme zielgruppenorientiert ausgerichtet sind und Effizienzmassnahmen zu verschiedenen Technologien bzw. Anwendungen (z.B. inkl. Beleuchtung) fördern. Im Monitoringbericht zu den Jahren 2010–2021 (BFE 2022c) sind Planwerte der eingegebenen Programme dargestellt. Dabei handelt es sich nicht um realisierte Einsparungen, sondern um Angaben der Programmträger zu den nach Möglichkeit über die ganze Dauer ihres Programms realisierbaren Einsparungen. Wie weiter unten gezeigt wird, sind die Unterschiede der realisierten Einsparungen von Programm zu Programm sehr unterschiedlich. Insgesamt sind die realisierten Einsparungen deutlich tiefer als die geplanten Einsparungen. Betreffend die geplanten Werte lassen sich zu den technologie- bzw. anwendungsspezifischen Programmen folgende Erkenntnisse ziehen:

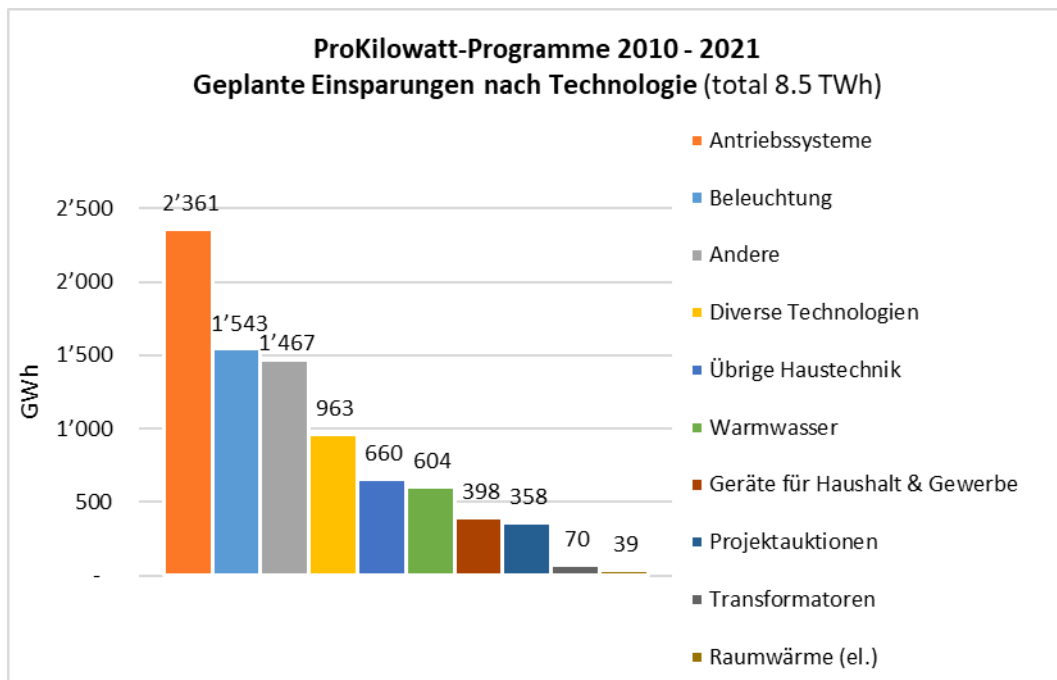
- Förderbeiträge von CHF 61.5 Mio. waren insgesamt geplant für Umwälzpumpen (9 Programme, CHF 17.9 Mio.), Kälteanlagen (12 Programme, CHF 10.9 Mio.), Ventilatoren (5 Programme, CHF 10.8 Mio.), mechanische Prozesse (8 Programme, CHF 7.7 Mio.), Druckluftkompressoren (5 Programme, CHF 7.4 Mio.), Elektromotoren (4 Programme, CHF 5.3 Mio.) und Frequenzumrichter (2 Programme, CHF 1.4 Mio.). 16 Programme (CHF 29.4 Mio.) förderten mehrere Technologien (Beleuchtung, Umwälzpumpen, Pumpensysteme, Elektromotoren, Frequenzumrichter, Klimaanlage, Ventilatoren). Programme mit Projektauktionen (5 Programme, CHF 10.9 Mio.) förderten ebenfalls verschiedene Technologien.<sup>23</sup>
- Die geplante Kostenwirksamkeit betrug bei den Programmen zu elektrischen Antriebssystemen bei den meisten Technologien/Anwendungen durchschnittlich zwischen 2 und etwas

<sup>23</sup> Demgegenüber dominieren bei den Projekten Kälteanlagen (77 Projekte, CHF 13.8 Mio.) vor mechanischen Prozessen (29 Projekte, CHF 4.0 Mio.), Elektromotoren (26 Projekte, CHF 2.2 Mio.), Druckluftkompressoren (19 Projekte, CHF 2.3 Mio.), Ventilatoren (15 Projekte, 1.3 Mio.), Pumpensysteme (10 Projekte, CHF 1.3 Mio.) und Frequenzumrichter (5 Projekte, CHF 0.5 Mio.). Zudem wurden von 8 Projekten (CHF 1.4 Mio.) verschiedene Technologien gefördert.

über 3 Rp./kWh. Am höchsten war die geplante Kostenwirksamkeit bei Frequenzumrichtern mit knapp 4 Rp./kWh.

- Aufgrund der in den Jahren 2010–2021 geförderten Programme wurden Stromeinsparungen von insgesamt 8.5 TWh während der Nutzungsdauer der neuen Geräte geplant (BFE 2022c). Die meisten Einsparungen können den folgenden Technologien zugewiesen werden (siehe Abbildung 3): An erster Stelle stehen Antriebssysteme (2.5 TWh), gefolgt von Einsparungen bei der Beleuchtung (1.5 TWh), Programme der Kategorie «Andere» – Bereiche Energiemanagement-Systeme, Demand-Side-Management, Betriebsoptimierung, Energieanalysen, Investitionsbeiträge für Haushalte und KMUs, sowie Massnahmen in Kehrlichtverbrennungs- (KVA) und Abwasserreinigungsanlagen (ARA) – (1.5 TWh) und Programme, die diverse Technologien – Innenbeleuchtung, Umwälzpumpen, Pumpensysteme, Elektromotoren, Frequenzumrichter, Klimaanlage, Ventilatoren – fördern (1.0 TWh). Bei den Kategorien «Andere» und «diverse Technologien» ist ein Teil der geplanten Einsparungen ebenfalls Antriebssystemen zuzuordnen. Wie gross dieser Anteil ist, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht genau erfasst werden.

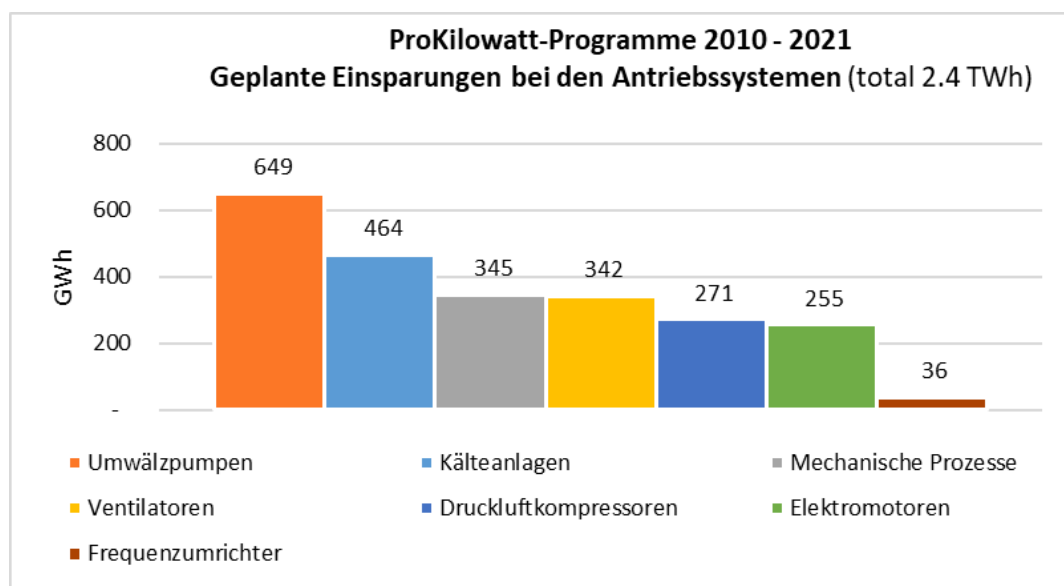
**Abbildung 3: ProKilowatt Programmen 2010–2021: Geplante Stromeinsparungen nach Technologien**



Grafik INFRAS und Impact Energy. Quelle Datengrundlagen: BFE 2022c.

- Die Verteilung der geplanten Einsparungen bei den Antriebssystemen weist darauf hin, dass diese sehr stark vom Erfolg der jeweiligen Programme abhängen und nicht die technisch möglichen Potentiale widerspiegeln (siehe 4). Nebst der Kategorie Umwälzpumpen, die die meisten Einsparungen aufweisen (0.7 TWh), kommen z.B. grössere Pumpen als eigene Kategorie bei den Programmen gar nicht vor.

**Abbildung 4: ProKilowatt Programme 2010–2021: Geplante Stromeinsparungen bei den Antriebssystemen**



Grafik INFRAS und Impact Energy. Quelle Datengrundlagen: BFE 2022c.

Nachfolgend werden die mit Bezug zu den elektrischen Antriebssystemen relevantesten ProKilowatt-Programme der letzten Jahre charakterisiert. Die Programme werden derzeit grösstenteils umgesetzt (Stand April 2022) oder sind vor kürzerer (Beispiel TopFU) oder etwas längerer Zeit (Beispiel Easy) abgeschlossen worden. Gemäss Angaben der Geschäftsstelle ProKilowatt unterstützen ProKilowatt-Programme effiziente elektrische Antriebssysteme mit jährlich ca. CHF 5 Mio. (effektive Auszahlungen). Quellen zur Charakterisierung der ProKilowatt-Programme sind Informationen von ProKilowatt und den Trägerschaften zu den Programmen (entsprechende Webseiten) sowie Programmkonzepte zu verschiedenen Programmen und Angaben aus den Experteninterviews.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Befragte Experten siehe Annex A2.

**Tabelle 4: ProKilowatt-Programme mit Bezug zu elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen**

(Stand: April 2022, abgeschlossene Projekte sind kursiv gekennzeichnet)

Ansätze	Programme	Fördergegenstände
Technologie- bzw. anwendungs- spezifisch	▪ <i>TopFU (Impact Energy)</i> <sup>1)</sup>	▪ Motoren und Frequenzumrichter
	▪ <b>PUMPEN</b> <sup>2)</sup> (EZS)	▪ Trockenläufer- und Nassläuferpumpen
	▪ <b>OPTIVENT</b> (EZS)	▪ Lüftungsanlagen (inkl. Grobanalysen)
	▪ <b>ProELA</b> (Enerprice)	▪ Druckluftanlagen (inkl. Grobanalysen)
	▪ <b>ProEDA</b> (Enerprice)	▪ Kälteanlagen
Zielgruppen- spezifisch	▪ <b>Effizienz+</b> (EnAW)	▪ Verschiedene Technologien/Anwendungen im Zusammenhang mit elektrischen Antriebssystemen
	▪ OPTI TOWN, OPTI FOOD, OPTI CARE (EZS)	▪ Weitere Technologien/Anwendungen (z.B. Beleuchtung)
	▪ <b>ProKiBE</b> <sup>3)</sup> (Enerprice)	
	▪ <b>Bergbahnen</b> (grischconculta)	
Systemansatz	▪ <i>Easy (Impact Energy)</i>	▪ Potenzialabschätzung, Motorenliste, Messungen ▪ Verschiedene Technologien/Anwendungen
	▪ <b>SPEED</b> (Planair)	▪ Grob- und Feinanalysen ▪ Verschiedene Technologien/Anwendungen

<sup>1)</sup> In Klammern sind die Trägerschaften aufgeführt (EZS: Energie Zukunft Schweiz; EnAW: Energieagentur der Wirtschaft)<sup>2)</sup> Fett markiert sind Programme mit einem oder mehreren Nachfolgeprogrammen<sup>3)</sup> ProKiBE zielt auf die Effizienzverbesserung von Produktionsanlagen/mechanischen Prozessen bei Kies-, Hartstein-, Beton- und Belagswerken

Tabelle INFRAS und Impact Energy. Quelle: Angaben von ProKilowatt (www.prokw.ch) und Programmkonzepte zu verschiedenen Programmen

### **Konzeption der Programme**

Die ProKilowatt-Programme, die Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen fördern, sind sehr unterschiedlich konzipiert. Grundsätzlich können technologie- bzw. anwendungsspezifische und zielgruppenspezifische Programme sowie Programme, die auf einen Systemansatz setzen, unterschieden werden (siehe Tabelle 4). Weiter unterscheiden sich die Programme nach den Zugängen zu den Unternehmen (bzw. den «EndkundInnen»), Fördermodellen, der Förderung von Analysen sowie der Kommunikation:

- **Ansätze:** Ein relevanter Teil der Programme verfolgt einen technologie- bzw. anwendungsspezifischen Ansatz. Relevant sind insbesondere die Programme zur Förderung der Energieeffizienz von Pumpen sowie Lüftungs-, Druckluft- und Kälteanlagen. Diese Programme bestehen in Form von mehreren Nachfolgeprogrammen. Bei den zielgruppenspezifischen Programmen ist das – ebenfalls in Form mehrerer Nachfolgeprogrammen durchgeführte – Programm Effizienz+ von Bedeutung. Dieses Programm richtet sich an Unternehmen, die mit der Unterstützung der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) eine Zielvereinbarung abgeschlossen haben. Neben den elektrischen Antriebssystemen (verschiedene Komponenten und Anwendungen und einer technologisch offen definierten Massnahme) werden auch

andere Effizienzmassnahmen gefördert (v.a. Beleuchtung). Die weiteren zielgruppenspezifischen Programme haben entweder einen vergleichsweise engen Fokus (z.B. ProKiBE, das auf Kies-, Hartstein-, Beton- und Belagswerke fokussiert) oder bestehen noch nicht lange (OPTI TOWN, OPTI FOOD, etc.).<sup>25</sup> Zwei Programme verfolgen (bzw. verfolgten) einen Systemansatz. Durch die kombinierte Förderung von Analysen (und Messungen) und effizienten Technologien/Anwendungen zielen (bzw. zielten) sie auf eine Verbesserung der Antriebssysteme ab. Während das Programm SPEED auf grosse Unternehmen mit verschiedenen (komplexen) Anlagen fokussiert, war das Programm Easy etwas breiter ausgerichtet.

- **Zugänge zu den Unternehmen:** Die befragten Experten<sup>26</sup> sind sich einig, dass der Zugang zu den Unternehmen für den Erfolg der Programme entscheidend ist. In den Programmen werden unterschiedliche Zugangskanäle (bzw. Absatzkanäle) gewählt: Während ein Teil der Trägerschaften (Energie Zukunft Schweiz, Enerprice) auf die Zusammenarbeit mit «technischen Umsetzungspartnern» (Installateure, Herstellern/Lieferanten, Planer und Service-Unternehmen) setzt, nutzt v.a. die EnAW ihren etablierten Kontakt zu den Mitgliedunternehmen über die EnAW-BeraterInnen. Zwei Trägerschaften (v.a. Planair, aber auch Enerprice) nutzen ihr Kundennetzwerk, um die Unternehmen anzusprechen und zur Teilnahme am Förderprogramm zu motivieren. Diese drei Kanäle scheinen sich grundsätzlich bewährt zu haben. Es bestehen jedoch auch Einschränkungen: Der Aufbau der Zusammenarbeit mit den «technischen Umsetzungspartnern» (v.a. Installateure und Hersteller/Lieferanten) ist aufwändig und benötigt Zeit. Die EnAW-BeraterInnen verfügen über unterschiedliches Know-how und messen den elektrischen Antriebssystemen eine unterschiedliche Bedeutung bei. Die Nutzung des eigenen Kundennetzwerks begrenzt die Absatzmöglichkeiten. Zudem hat eine Trägerschaft weniger gute Erfahrung mit der Zusammenarbeit mit EnergieberaterInnen (u.a. von Energieversorgungsunternehmen) gemacht. Diese hätten sich vor allem für Durchführung von Analysen interessiert, nicht jedoch an der Umsetzung von Massnahmen. Neu setzt diese Trägerschaft auf die Zusammenarbeit mit technischen Umsetzungspartnern (Hersteller/Lieferanten, Planer, etc.).
- **Fördermodell:** Die befragten Experten sprechen sich überwiegend für ein einfaches und gut verständliches Fördermodell aus. Dabei scheint sich eine pragmatische Förderung in Form eines prozentualen Anteils an den Investitionskosten (mit einer Obergrenze bezüglich Kostenwirksamkeit in Rp/kWh) bewährt zu haben. Mit wirkungsbezogenen Fördersätzen (in Rp/kWh) und komplizierteren Fördermodellen (z.B. Staffelung der Sätze nach Fördergegen-

<sup>25</sup> Bei verschiedenen weiteren zielgruppenspezifischen Programmen (z.B. ProHotelWatt, ProCareWatt und OfficeWatt von EBP oder OPTIMO plus von Alpiq) weist die Förderung von Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen in der Umsetzung eine sehr untergeordnete Bedeutung auf.

<sup>26</sup> Grundlage sind 12 Experteninterviews, davon 7 Interviews mit Trägerschaften von ProKilowatt-Programmen (Liste der Befragten siehe Annex A2).

ständen wie Analyse und Umsetzung) sind weniger gute Erfahrungen gemacht worden. Eine Trägerschaft hat deshalb von wirkungsbezogenen zu pauschalen Fördersätzen gewechselt. Erstens könne der Förderbeitrag den Unternehmen neu zu einem frühen Zeitpunkt kommuniziert werden. Zweitens erhielten kleinere Projekte neu vergleichsweise mehr Fördermittel. Die Umstellung des Fördermodells habe zu einem markanten Anstieg der Fördergesuche geführt. Eine weitere Trägerschaft hat von Auktionen (basierend auf der Kostenwirksamkeit der Projekte in Rp./kWh) auf einen Fördersatz in Form eines pauschalen Anteils an den Investitionskosten gewechselt. Begründet wurde dies insbesondere damit, dass das Fördermodell einfacher sei und der Förderbetrag rasch und mit wenig Aufwand bestimmt werden könne. Damit verbessere sich die Planungssicherheit für die Unternehmen.

- **Analysen:** Das Angebot zur Förderung von Analysen unterscheidet sich je nach Ausrichtung der Programme. Während einzelne Programme (z.B. ProFrio) keine Analysen fördern, sehen verschiedene Programme (z.B. PUMPEN, Effizienz+) eine ergänzende Unterstützung von Grobanalysen vor. Bei mehreren Programmen werden Grob- und teilweise auch Feinalysen explizit gefördert (z.B. OPTIVENT, ProELA, ProEDA, ProKiBE). Bei Programmen, die einen Systemansatz verfolgen (v.a. SPEED) gehören Grob- und Feinalysen (inkl. Messungen) zu festen Programmbestandteilen, die systematisch durchgeführt werden. Tendenziell lässt sich bei den Programmen ein Rückgang des Angebots an Analysen festzustellen, zum einen aus Wettbewerbsgründen (Sicherstellen der Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Programmen; Analysen werden als Kostenfaktor gewertet), zum anderen aufgrund der Vorgaben von ProKilowatt (max. 10% der Förderbeiträge an die «Endkunden» dürfen für Analysen eingesetzt werden).
- **Kommunikation:** Die Trägerschaften verfolgen in der Kommunikation bzw. der Vermarktung der Programme unterschiedliche Strategien. Während ein Teil der Trägerschaften auf die Zusammenarbeit mit «technischen Umsetzungspartnern» der Unternehmen (u.a. Installateure, Planer, Hersteller/Lieferanten) und Branchenverbände setzt, nutzen andere Trägerschaften vor allem eigene BeraterInnen- oder KundInnen-Netzwerke für die Kommunikation. Mehrere befragte Experten empfehlen explizit eine Zusammenarbeit mit BeraterInnen und Branchenverbänden.

### ***Erfolg der Programme***

Die Beurteilung des Erfolgs der ProKilowatt-Programme mit Bezug zu elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen ist auf Basis den uns zur Verfügung stehenden Informationen schwierig. Erstens bestehen zu den aktuell umgesetzten Programmen kaum Angaben zu deren Erfolg. Die uns zur Verfügung stehenden Berichte beziehen sich grösstenteils auf Programme, die seit kürzerer oder längerer Zeit abgeschlossen sind. Zweitens liegen uns neben Angaben aus Berich-

ten zu ausgewählten Programmen nur jeweils wenige Einschätzungen je Programm vor. Die empirischen Informationen sind mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Drittens bestehen gewisse Hinweise auf Mitnahmeeffekte der Programme. Aufgrund der uns vorliegenden Informationen ist eine einigermaßen verlässliche Abschätzung der Mitnahmeeffekte nicht möglich.<sup>27</sup> Gemäss einer von der Eidgenössischen Finanzkontrolle (EFK) durchgeführte Evaluation der Wettbewerblichen Ausschreibungen beträgt der Mitnahmeeffekt bei den Programmen 23 Prozent (Befragung Programmträgerschaften) bzw. 47 Prozent (Befragung von Teilnehmenden an drei Programmen) (EFK 2019).<sup>28</sup>

Die Auswertung von Zwischen- und Abschlussberichten zu ausgewählten Programmen sowie die Einschätzung der befragten Experten weisen darauf hin, dass die Programme betreffend der Erreichung der Unternehmen (bzw. der «EndkundInnen») und der Einsparziele unterschiedlich erfolgreich sind (bzw. waren):

- Erfolgreich scheint das von der EnAW umgesetzte Programm Effizienz+: Das Programm der Jahre 2016–2018 konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Das Stromeinsparziel wurde übertroffen.<sup>29</sup> Das Programm scheint erfolgreich konzipiert zu sein (u.a. Einfachheit und etablierter Zugang zu Unternehmen). Es wird von den Unternehmen gut akzeptiert und ist immer bekannter. Die Fördermittel des Programms scheinen bei jedem Nachfolgeprogramm schneller ausgeschöpft zu werden. Zudem wird auf ein weiteres bedeutendes Potenzial bei den Unternehmen hingewiesen, erstens bei Unternehmen mit Zielvereinbarungen, die noch keine Massnahmen umgesetzt hätten, zweitens bei grösseren Projekten (limitierende Grenze von max. CHF 300'000 förderbare Investitionssumme).
- Als ebenfalls erfolgreich können die technologie- bzw. anwendungsspezifischen Programme von ESZ (PUMPEN und OPTIVENT) und teilweise von Enerprice (z.B. ProEla Lüftungsanlagen, ProFrio Kälteanlagen) beurteilt werden. Die Einsparziele konnten bei diesen Programmen – teilweise nach einer gewissen Anlaufzeit bzw. nach einer Programmverlängerung – erreicht bzw. teilweise sogar übertroffen werden. Betreffend Einsparzielen ebenfalls erfolgreich sind die auf eine Systemoptimierung fokussierte Programme Easy (Impact Energy) und SPEED (Planair) zu beurteilen. SPEED wurde verlängert, weil die Umsetzung mehr Zeit als geplant erforderte.

---

<sup>27</sup> Ein Teil der befragten Experten schätzt die Mitnahmeeffekte als gering ein. Insbesondere wird betont, dass die Unternehmen grösstenteils erst nach der Kontaktnahme auf die Effizienzmassnahmen und die Förderung aufmerksam würden. Bei einem Programm hätten Programmteilnehmende bestätigt, dass es keine Mitnahmeeffekte bei der Teilnahme gegeben habe. Bei einem weiteren Programm betreffe der Grossteil der eingereichten Projekte Optimierungsmassnahmen beim vorzeitigen Ersatz. Gemäss verschiedenen Trägerschaften führt die Förderung dazu, dass teilweise mehr Massnahmen umgesetzt würden als geplant (Multiplikationseffekte).

<sup>28</sup> Die EFK (2019) beurteilt die Angaben der Programmteilnehmenden als genauer und unabhängiger im Vergleich zu jenen der Programmträgerschaften.

<sup>29</sup> Hinweis: Der Anteil der Einsparungen aufgrund von Effizienzverbesserungen bei elektrischen Antriebssystemen betrug etwas über 50% der insgesamten Programmeinsparungen (bei einem Anteil an den Fördergeldern von ebenfalls etwas über 50%). Die restlichen Einsparungen sind vor allem auf Beleuchtungsmassnahmen zurückzuführen.

- Weniger erfolgreich waren das Programm TopFU (Impact Energy) und ein früheres Pumpenprogramm von Energie Zukunft Schweiz. Die entsprechenden Einsparziele wurden deutlich unterschritten.

Die Kostenwirksamkeit der Programme, zu denen wir Abschlussberichte auswerten konnten und die mehr oder weniger erfolgreich waren, beträgt zwischen 1.4 Rp./kWh und 2.8 Rp./kWh. Bezogen auf die Strompreise in der Industrie und bei KMU bedeutet dies grundsätzlich ein sehr geringer Förderaufwand von rund 7 bis 9 Prozent (bei tieferer Kostenwirksamkeit), resp. 14 bis 18 Prozent (bei höherer Kostenwirksamkeit).<sup>30</sup>

Bei verschiedenen dieser Programme konnten die Erwartungen betreffend Kostenwirksamkeit übertroffen werden. Generell zeigt sich, dass die Umsetzung von grösseren Projekten die Kostenwirksamkeit begünstigt. Gleichzeitig stösst die Förderung der Programme bei kleineren Projekten an ihre Grenzen, weil das Verhältnis des administrativen Aufwandes zu den finanziellen Einsparungen ungünstiger ist, je kleiner die Projekte sind. Entsprechend sehen verschiedene Programme auch Untergrenzen für die Förderbeiträge vor. Gleichzeitig weist Egger (2012) darauf hin, dass sich die wettbewerblichen Ausschreibungen nur bedingt für kleine Unternehmen eignen, insbesondere weil die Konzeption entsprechender Projekte eine gewisse Komplexität aufweise und einer Begleitung durch externe ExpertInnen bedürfe. Kleinere Unternehmen, für die die Stromkosten kein zentraler Kostentreiber sei, seien mit Förderbeiträgen kaum zur Einreichung entsprechender Projekte zu bewegen.

### **Erfolgsfaktoren**

Die Ergebnisse der Experteninterviews zeigen, dass der Zugang zu den Unternehmen, die Einfachheit der Programme und ein für die Unternehmen «spürbarer» finanzieller Anreiz zentrale Erfolgsfaktoren der ProKilowatt-Programme zur Förderung von Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen sind. Für den Erfolg ebenfalls wichtig sind die fachliche Kompetenz der Beratenden und die Bekanntheit der Programme:

- Da sich die Unternehmen grösstenteils wenig für Effizienzmassnahmen und entsprechende Förderprogramme interessierten, spielte der Zugang und der Kontakt zu den Unternehmen über etablierte Kanäle (z.B. Kundenkontakte der Trägerschaften; Installateure, Planer und Hersteller; EnergieberaterInnen) eine entscheidende Rolle. Erstens sollte dieser Kontakt kontinuierlich sein und auf Vertrauen basieren. Zweitens sollten die BeraterInnen<sup>31</sup> einen aus-

<sup>30</sup> Mittlere Strompreise 2020 für Unternehmen in der Schweiz gemäss Statista 6.7.2022 (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/330392/umfrage/industriestrompreis-in-der-schweiz/>): KMU: 19.7 Rp./kWh, Industrie: 15.4 Rp./kWh, Grossverbraucher: 11.8 Rp./kWh.

<sup>31</sup> Unter den «BeraterInnen» werden Fachleute zusammengefasst, die die Unternehmen zu effizienten Technologien und Anwendungen sowie zu entsprechenden Förderprogrammen informieren und beraten. Zum einen sind dies «technische Um-



reichenden Anreiz haben, die EndkundInnen bezüglich Effizienzmassnahmen zu beraten und/oder diese umzusetzen.

- Um die Eintrittsbarrieren für die BeraterInnen und die Unternehmen möglichst tief zu halten, sollten die Konzeption und die Umsetzung (inkl. Einreichung und Kontrolle von Projekten) der Programme einfach sein.
- Der finanzielle Anreiz sollte für die Unternehmen «spürbar» sein (z.B. zwischen 20% und 30% der Investitionskosten betragen). Erstens verbessere dies die Wirtschaftlichkeit der Massnahme deutlich. Zweitens erleichtere ein «nennenswerter» Fördersatz die Vermarktung und die Bereitschaft, einen administrativen Aufwand für die Förderung in Kauf zu nehmen.
- Um die Unternehmen beraten zu können, sei eine ausreichende fachliche Kompetenz der Beratenden unabdingbar. Dazu gehöre auch die Fähigkeit, entsprechende Analysen durchführen zu können.
- Programme, die bei den Zielgruppen zunehmend bekannt seien und über die gesprochen werde, würden stärker nachgefragt. Mehrere Programme hätten zu Beginn Anlaufschwierigkeiten gehabt, seien aber u.a. aufgrund der zunehmenden Bekanntheit stärker nachgefragt worden.

### ***Grenzen der ProKilowatt-Programmförderung***

Gemäss mehreren befragten Experten werden die Programme durch den Wettbewerbscharakter und spezifische Vorgaben von ProKilowatt in ihren Entwicklungsmöglichkeiten begrenzt:

- Der Wettbewerb zwischen den ProKilowatt-Programmen führt gemäss mehreren Befragten dazu, dass die Programme möglichst kostenwirksam konzipiert werden. Bei verschiedenen Programmen seien die «Overhead»-Kosten (v.a. Beratung, Kommunikation) reduziert, die Fördersätze möglichst tief gehalten, hohe Anforderungen an die zu erzielenden Einsparungen gestellt und/oder Analyseangebote abgebaut worden, um möglichst konkurrenzfähig zu sein. Dies mache die Programme für die Unternehmen jedoch weniger attraktiv und reduziere deren Wirksamkeit.
- Bei den Vorgaben kritisieren viele Befragten die Grenze von CHF 300'000 für das pro «EndkundIn» max. zu unterstützende Investitionsvolumen. Dies verhindere, dass grosse und interessante Projekte sowie die Kombination mehrerer Projekte, die diese Grenze übersteigen würden, gefördert werden könnten. Weitere limitierende Vorgaben seien die max. Laufzeit (3 Jahre) und die max. Fördersumme (CHF 3 Mio.), der max. Fördersatz (30% der Investitionskosten), der max. Betrag für Analysen (10% der Förderbeiträge an die «EndkundInnen»)

---

setzungspartner» der Unternehmen (Installateure, Planer, Hersteller/Lieferanten, Service-Unternehmen), zum anderen EnergieberaterInnen von Energieagenturen, EVU, etc.

und der max. Anteil für flankierende Massnahmen (Kommunikation, Weiterbildung, Schulung, Beratung, Monitoring, etc.) und das Programm-Management (30% des Förderbeitrags). Verschiedene Befragte kritisieren zudem die vielen technischen Bedingungen, die teilweise bei den neuen Programmausschreibungen wieder änderten. Ebenfalls kritisiert wird, dass die ProKilowatt-Massnahmen zukünftig allenfalls nicht mehr den Zielvereinbarungen angerechnet bzw. im entsprechenden Monitoring ausgewiesen werden könnten. Dadurch könnte die Motivation der Unternehmen sinken, entsprechende Projekte einzureichen.

Die Erfahrungen mit den Programmen deuten unseres Erachtens darauf hin, dass ProKilowatt bei der Förderung von effizienten elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen eine Grenze erreicht haben könnte und die Ausschöpfung des weitergehenden Potenzials in diesem Rahmen schwierig sein dürfte:

- Erstens fokussieren die Programme auf die Ausschöpfung möglichst kostenwirksamer Potenziale («low hanging fruits»<sup>32</sup>). Einer weitergehenden Potenzialausschöpfung sind aus Wettbewerbsgründen Grenzen gesetzt.
- Zweitens können erfolgreiche Programme aufgrund der Vorgaben von ProKilowatt nur teilweise grössere Potenziale je Unternehmen ausschöpfen und/oder bedeutend ausgeweitet bzw. «hochskaliert» werden. Die Vorgaben begrenzen insbesondere auch die Möglichkeiten des Ausbaus und der Schulung von Beratenden sowie die Kommunikation- und Beratungsaktivitäten zur Steigerung der Bekanntheit der Programme und der Motivation der Unternehmen zur Umsetzung von Effizienzmassnahmen.
- Drittens weisen einzelne befragte Experten darauf hin, dass die Unternehmen einen gewissen Anreiz haben, noch nicht in den Zielen von Zielvereinbarungen enthaltene Massnahmen nicht fördern zu lassen, damit sie sie zu einem späteren Zeitpunkt zur Erfüllung eines ambitionierteren Ziels verwenden können.
- Viertens ist es den Programmen nur ansatzweise gelungen, die mit einem Systemansatz möglichen Potenziale auszuschöpfen. Gründe dafür sind begrenzende Vorgaben (Anteil Beratung und Analysen) und der Wettbewerbscharakter von ProKilowatt. Zudem bestehen jedoch auch Begrenzungen durch die ungenügende Anzahl Fachkräfte/Spezialisten in diesem Bereich.

<sup>32</sup> Unter «low hanging fruits» werden einfache, rasch realisierbare, rentable Effizienzmassnahmen verstanden, die keinerlei vertiefte Abklärung benötigen, aber auch nicht das gesamte mögliche und wirtschaftliche Effizienzpotenzial einer Maschine oder eines Unternehmens erfassen.

### SWOT-Analyse

Nachfolgend werden die Vorteile und die Nachteile sowie die Chancen und die Risiken einer Weiterführung von ProKilowatt-Programmen zusammengefasst.

**Tabelle 5: SWOT-Analyse zur Weiterführung von ProKilowatt-Programmen**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Programme sind mehrheitlich etabliert und stützen sich auf bestehende Erfahrungen. Sie wurden kontinuierlich weiterentwickelt.</li> <li>▪ Die Programme werden zunehmend bekannt. Sie stützen sich mehrheitlich auf etablierte und akzeptierte Zugänge zu den Unternehmen.</li> <li>▪ Der Wettbewerb ermöglicht das Ausschöpfen verschiedener Zugänge zu den Unternehmen und das Testen verschiedener Förderansätze/-modelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die verfügbaren Fördermittel und die Laufzeit der Programme sind beschränkt.</li> <li>▪ Es bestehen verschiedene Vorgaben von ProKilowatt, die eine weitere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials hemmen.</li> <li>▪ Den Programmen ist nur ansatzweise gelungen, mit einem Systemansatz mögliche Potenziale auszuschöpfen.</li> <li>▪ Die Vielfalt der Förderprogramme führt zu einem «Förderdschungel»<sup>33</sup> mit entsprechender Intransparenz aus Sicht der Unternehmen.</li> </ul>
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufgrund von Folgeprogramme zu erfolgreichen Programmen kann eine kontinuierliche Wirkung erzielt werden.</li> <li>▪ Evtl. kann die Wirksamkeit der Programme durch deren grösserer Bekanntheit und Lerneffekte sowie allfällige neue Ansätze leicht erhöht werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eine deutliche Steigerung der Wirksamkeit der Förderung effizienter elektrischer Antriebe ist nicht zu erwarten.</li> <li>▪ Möglich ist auch, dass nur noch die kosteneffizientesten Programme weiterbestehen und die übrigen Programme nicht verlängert werden. Dadurch könnte sich die Wirksamkeit verringern.</li> </ul>

Tabelle INFRAS und Impact Energy

### Zielvereinbarungen mit Unternehmen

Unternehmen schliessen aus verschiedenen Gründen Zielvereinbarungen zur Energieeffizienz ab, sei es zur Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe, zur Erfüllung des sog. Grossverbraucherartikels der Kantone, zur Rückerstattung des Netzzuschlags oder auf freiwilliger Basis. Nach Angaben von befragten Experten wird im Zielvereinbarungsprozess das Potenzial an möglichen Effizienzmassnahmen erfasst (sog. «long-list»). Neben thermischen Massnahmen würden auch Strom-effizienzmassnahmen erfasst, insbesondere weil die Zielvereinbarungen als «Universalzielvereinbarung» auch zur Erfüllung des Grossverbraucherartikels verwendet werden können. Die wirtschaftlichen Massnahmen (Prozesse: Payback bis 4 Jahre; Infrastruktur: Payback bis 8 Jahre) würden bei der Bestimmung der Ziele berücksichtigt. Bei den Zielvereinbarungen zur Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe, zur Erfüllung des Grossverbraucherartikels der Kantone und zur

<sup>33</sup> Unter "Förderdschungel" wird allgemein eine unübersichtliche Zahl paralleler Fördermöglichkeiten von Bund, Kantonen, Gemeinden oder Privaten verstanden, die sich teilweise überdecken oder gegenseitig ausschliessen.

Rückerstattung von Netzzuschlägen müssten sie von den Unternehmen umgesetzt werden. Damit weisen die Zielvereinbarungen folgende Bezüge zu den ProKilowatt-Programmen auf:

- Erstens sollten bei Unternehmen mit einer Zielvereinbarung im Rahmen der Potenzialanalyse auch Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen erfasst worden sein. Damit sollte bereits eine Grundlage zur Förderung entsprechender Massnahmen bestehen.
- Zweitens sollten Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen, die in Zielen von verbindlich umzusetzenden Zielvereinbarungen enthalten sind, nicht von ProKilowatt gefördert werden können. Explizit ausgeschlossen ist dies bei Massnahmen mit einer Payback-Zeit von unter 4 Jahren, die bei ProKilowatt-Programmen nicht zugelassen sind (vgl. BFE 2022a). Damit sind grundsätzlich alle Massnahmen mit einer Payback-Zeit ab 4 Jahren förderbar, sofern sie nicht in den Zielen enthalten sind (Ausnahme: freiwillige Zielvereinbarung).
- Drittens zeigt insbesondere das Programm Effizienz+, dass die Förderung von Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen weitgehend in den Zielvereinbarungsprozess (inkl. Zugang, Analyse und Begleitung durch die EnAW-BeraterInnen und entsprechende Tools) eingebunden werden kann. Gemäss verschiedenen befragten Experten können damit entsprechende Synergien genutzt und die Kosten der Programmumsetzung vergleichsweise tief gehalten werden.

### Informations- und Beratungsangebote

Bei den Informations- und Beratungsangeboten sind vor allem die vom BFE bzw. Energie-Schweiz umgesetzten Programme (bzw. Projekte) ProAnalySys, SEEMS («SwissEnergy Efficient Motor System») und PEIK («Professionelle Energieberatung für Ihr KMU») relevant:

- **ProAnalySys**<sup>34</sup> fördert Feinanalysen bei elektrischen Antriebssystemen und die Begleitung bei der Umsetzung von Effizienzmassnahmen mit bis zu 40 Prozent der Kosten. Zielgruppen sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen mit einem jährlichen Stromverbrauch von mindestens 0.5 GWh. Ziel ist, das vorhandene Energiesparpotenzial festzustellen und auszuschöpfen. Auf der Grundlage von Messungen im Betrieb identifiziert und beschreibt die Feinanalyse konkrete Effizienzmassnahmen und beurteilt deren Realisierungschancen. Gemäss Angaben des BFE ist das Programm seit wenigen Jahren auf dem Markt und bei den Zielgruppen noch nicht so bekannt. Jährlich würden zurzeit ca. 20 Feinanalysen unterstützt. In den Berichten seien auch Hinweise zu Förderprogrammen (v.a. ProKilowatt) enthalten. Aufgrund der identifizierten Massnahmen könnten Förderbeiträge bei ProKilowatt-Projekten und -Programmen beantragt werden. Verschiedene befragte Experten äussern sich positiv zum Angebot von ProAnalySys, insbesondere auch zu den entsprechenden qualitativen

---

<sup>34</sup> Vgl. <https://www.energieschweiz.ch/beratung/proanalySys/> (abgerufen am 13.4.2022).

Vorgaben für eine Feinanalyse. Es wird begrüsst, dass die durch ProAnsys unterstützten Feinanalysen mit der Förderung von ProKilowatt kombinierbar sind.

- Im Rahmen von **SEEMS**<sup>35</sup> sollen primär technische und ökonomische Grundlagen sowie Informations-, Beratungs- und Vernetzungsangebote für Unternehmen zu energieeffizienten Antriebssystemen erbracht werden. Dadurch sollen die Unternehmen motiviert werden, Stromeffizienzmassnahmen bei bestehenden und neuen Anlagen umzusetzen. Für die Erarbeitung von technischen Grundlagen und die Beratung ist ein entsprechendes Kompetenzzentrum zuständig. Die Kommunikationsaktivitäten sollen sich auch an EnergieberaterInnen und Energieversorgungsunternehmen sowie (mit zweiter Priorität) an Hersteller und Importeure sowie «Original Equipment Manufacturer» (OEM) richten. Zudem sollen im Rahmen von SEEMS interessierten (kleineren) Energieberatungsbüros verschiedene Messgeräte ausgeliehen werden können, um detaillierte Analysen zu elektrischen Antrieben durchzuführen. Nach Angaben des BFE ist ein zentrales Ziel von SEEMS, das Thema Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen bei Unternehmen bekannter zu machen. Zurzeit werde ein entsprechendes Marketing- und Kommunikationskonzept erarbeitet. Die «Messkampagne» sei wichtig, um zusätzliche Fachleute auszubilden.
- Das Energieberatungsangebot **PEIK**<sup>36</sup> unterstützt KMU bei der Analyse und der Ausschöpfung des Effizienzpotenzials. Das Programm unterstützt zum einen die Potenzialanalyse anhand des PEIK-Tools (inkl. Bericht zu Massnahmen, Kosten, Payback-Zeiten und Umsetzungsplan), zum anderen die Beratung und die Begleitung bei der Umsetzung, jeweils zu 50 Prozent der Kosten bis zu einem Maximalbetrag. Neben Sofortmassnahmen zielt PEIK auch auf die Identifikation von kurz- und mittelfristig rentablen Massnahmen ab. Aufgrund der Konzeption von PEIK gehen wir davon aus, dass bei den elektrischen Antriebssystemen von KMU vor allem einfache Sofortmassnahmen sowie allenfalls kurz- und mittelfristige Massnahmen im Vordergrund stehen.

### 2.3. Ausländische Förderprogramme

Zur Analyse und Beurteilung ausländischer Massnahmen und Förderprogramme für Antriebssysteme wurden verschiedene ausländische ExpertInnen kontaktiert und je ein qualitatives Interview mit Vertretenden aus Schweden und den USA durchgeführt. Mit Hilfe der kontaktierten ExpertInnen wurden zudem Informationen und Unterlagen zu diversen ausländischen Massnahmen und Förderprogrammen gesammelt und analysiert. Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Erkenntnisse zusammen.

<sup>35</sup> Vgl. Pflichtenheft SEEMS (BBL 2020)

<sup>36</sup> Vgl. <https://www.energieschweiz.ch/beratung/peik/> (abgerufen am 13.4.2022).

**Tabelle 6: Untersuchte ausländische Förderprogramme für Antriebssysteme**

Länder/Regionen	Programme
China	Förderung IE3 Motoren mit Beitrag in RMB/kW. Zweifelhafter Effekt, weil nur Komponenten und nicht das System adressiert wird. Beitrag pro kW Leistung führt zu 1:1-Ersatz ohne bessere Anpassung an erforderliche Leistung.
Indien	Beschaffungsprogramm mit staatlicher Organisation EESL, Innovation durch vorbereitete Spezifikationen für effiziente Produkte, Mengeneffekt führt zu niedrigeren Preisen, die teilweise die Förderbeiträge ersetzen.
Indonesien, Japan	Diverse Programme
Deutschland	Querschnittstechnologien, Energieeffizienz in der Wirtschaft, STEP up!, Energieeffizienzfonds
Dänemark	Sparemotor Kampagne für Motoren, Pumpen und Ventilatoren; Auktionen
Europäische Union	Hinweise für erfolgreiche Programme: weisse Zertifikate, wettbewerbliche Ausschreibungen (Auktionen), PFE in Schweden
Schweden	PFE Programme for Energy-intensive Industries, Energy STEP, Industrial STEP
Österreich	Umweltförderung
USA	XMP Extended motor product label - pumps initiative

Tabelle INFRAS und Impact Energy. Quellen: diverse Dokumente und Angaben aus Interviews.

Im Ausland werden (bzw. wurden) verschiedene Ansätze von Programmen zur Förderung von elektrischen Antrieben verfolgt (vgl. Tabelle 6). Besonders hervorzuheben ist, dass in vielen Programmen Weiterbildung eine wichtige Rolle spielt. Wichtige Elemente (bzw. Ansätze) bei ausländischen Programmen sind die folgenden:

- **Förderung der Investition** (z.B. für neue Motoren, Pumpen, etc.): bei mehreren Programmen beträgt der Fördersatz 30 Prozent der Förderungsbasis (Deutschland, Schweden, Österreich). Die Förderungsbasis kann die Gesamtinvestition sein oder die Zusatzinvestition die für die effizientere Lösung (z.B. im Vergleich zur Standardtechnologie). Im zweiten Fall muss die Alternative zur effizienteren Lösung dargestellt werden (Österreich). Eine Evaluation zur Förderung in Deutschland erachtet die Berechnung der Zusatzinvestition (Investitionsmehrkosten) als intransparent. Weiter wird bemängelt, dass die Förderung der Mehrkosten zum Teil zu nicht akzeptablen Amortisationszeiten führe (Hirzel 2019).
- Die **Mindestamortisationszeit** (Payback) beträgt bei verschiedenen Programmen ohne Förderung 2 bis 4 Jahre (Deutschland, Dänemark, Schweden). In Deutschland wird in einer Evaluation des Pilotprogramms STEP up! (analog Wettbewerbliche Ausschreibungen in der Schweiz) erwähnt, dass sich das Zulassungskriterium der Mindestamortisationszeit von 3 Jahren ohne Förderung bewährt habe. Insbesondere in grossen Unternehmen wurden 3 Jahre als Grenzwert genannt, die Projekte einhalten müssen, um umgesetzt zu werden (Heinrich, 2019). In Schweden wurde beobachtet, dass die Unternehmen Dank der Förderung bereit waren, auch längere Payback-Zeiten in Kauf zu nehmen. Dies deutet darauf hin,

dass mit Hilfe der Förderung Investitionen gemacht wurden, die sonst (ohne Förderung) nicht umgesetzt würden. Zwar lässt sich die Additionalität nicht klar nachweisen. Dies ist jedoch ein starker Indikator dafür.

- In **Dänemark** wurde für die Programme, die erfolgreich waren, ein umfassender Ansatz mit mehreren Elementen gewählt. Als Ziele wurden zum einen ein höherer Anteil des Verkaufs von effizienten Geräten (z.B. Pumpen) bei den Herstellern, zum anderen aber auch diverse Anstrengungen bei der Kommunikation (Auftritte an Messen, Industrie-Grossanlässen, in Fachzeitschriften, Darstellung Guter Beispiele, etc.) und der Weiterbildung angestrebt.
- In den **USA** sind viele Energieversorgungsunternehmen sehr aktiv und bieten ihren Kunden diverse Förderprogramme an. In einer Initiative für effiziente Pumpen wird eine engere Zusammenarbeit mit den Unternehmen im Vertriebskanal umgesetzt. Im Rahmen eines Interviews wurden die Programmelemente im Detail diskutiert. Die Förderung beinhaltet:
  - Die Förderung der Erarbeitung eines Konzeptes, wie der Verkauf (bzw. das Angebot) und die Bekanntmachung der effizienten Pumpen gesteigert werden kann (inkl. Weiterbildungsmassnahmen).
  - Im Gegenzug werden Daten zu den Verkäufen (v.a. Anteil effizienter Produkte) pro Quartal erwartet. Falls die Datenlieferung rechtzeitig und vollständig erfolgt, wird diese ebenfalls gefördert.
  - Zusätzlich wird der Verkauf jeder einzelnen effizienten Pumpe gefördert.
  - Zudem besteht die Möglichkeit, einen Bonus zu erhalten, der individuell bestimmt wird.
- Das **schwedische PFE Programm** lief zwischen 2005 und 2017. Es wird auch heute noch bzw. in der Literatur (IEA 2012) als ein durchaus erfolgreiches Programm zitiert. Das Programm wurde aufgrund eines Interviews in die Analyse aufgenommen. Das umgesetzte Modell ist vergleichbar mit dem Modell der Zielvereinbarungen in der Schweiz. Das wichtigste Ergebnis ist, dass durch das Programm ein kontinuierliches Energiemanagement mit regelmässigen Audits bei den Unternehmen eingeführt werden konnte. Dies führte zu einer strukturellen Veränderung bei den Unternehmen, sogar über die Programmdauer hinaus. Ein wichtiges Programmelement war, dass die Teilnehmenden verpflichtet waren, bei Neubeschaffung entweder einen IE3 Motor zu kaufen (damals war IE3 noch keine Mindestanforderung), oder sie mussten ihren Kaufentscheid auf eine Lebenszyklusanalyse basieren. Die Weiterbildung des Betriebspersonals war ebenfalls ein Bestandteil des Programms. Eine Erkenntnis aus dem Programm ist, dass solche Programme in einem Dialog mit den Stakeholdern konzipiert und aufgebaut werden sollten.
- Das **indische EESL-Programm** verbindet seit 2009 die Beschaffung mit Innovationen. Die staatliche Trägerorganisation schreibt national sehr anspruchsvolle Produktspezifikationen für effiziente Produkte in Konkurrenz aus und bestellt sie in hohen Stückzahlen. Dadurch

können die Produkte günstiger beschafft werden und Rabatte an die Unternehmen weitergegeben werden. Dadurch sind deutlich weniger Fördermittel notwendig. Nach der Ausschreibung der Beschaffung von verschiedenen Haushalts- und Lichtprodukten läuft gegenwärtig ein Motorenersatzprogramm (National Motor Replacement Program NMRP <https://eeslindia.org/en/nmrp/>). Gegenwärtig umfasst das Programm die Beschaffung von IE3 Motoren von 0.75 kW bis 75 kW für Pumpen, Ventilatoren, Gebläse, und Kompressoren.



### 3. Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff

Nachfolgend wird die Zweckmässigkeit eines allfälligen Programms EntEIEff beurteilt. Im ersten Schritt werden die Vorgaben des Bundes für ein entsprechendes Programm sowie die Kriterien zur Beurteilung der Zweckmässigkeit konkretisiert (vgl. Kapitel 3.1). Im zweiten Schritt wird die Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff aus genereller Sicht analysiert und beurteilt (vgl. Kapitel 3.2). Im dritten Schritt zeigen wir auf, welche Stossrichtungen ein Programm EntEIEff verfolgen müsste, um das Effizienzpotenzial von elektrischen Antriebssystemen möglichst weitgehend auszuschöpfen (vgl. Kapitel 3.3).

#### 3.1. Anforderungen an ein Programm EntEIEff

##### Vorgaben

Das BFE konkretisiert die Vorgaben für ein allfälliges Programm zur Förderung effizienter elektrischer Antriebssysteme (EntEIEff) wie folgt:<sup>37</sup>

**Tabelle 7: Vorgaben für ein allfälliges Programm zur Förderung effizienter elektrischer Antriebssysteme**

Aspekte	Vorgaben	Hinweise
Ausrichtung und Laufzeit	Schweizweites und sektorübergreifendes Programm zur Förderung effizienter elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen mit einer Laufzeit von 10 und mehr Jahren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unternehmen, d.h. kleine, mittlere und grössere Betriebe</li> <li>▪ Sektorübergreifend, d.h. im Dienstleistungs- und Industriebereich<sup>38</sup></li> <li>▪ Aber keine kleinen Motoren in standardisierten Haushalt- und Elektronikgeräten</li> </ul>
Ziel	Ausschöpfung eines grösseren Anteils des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen (in Kombination mit bestehenden Massnahmen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stärkere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials in Bereichen, in denen bestehende Programme beschränkt wirksam sind (z.B. aufgrund von zeitlichen, regionalen und/oder sektoriellen Beschränkungen)</li> </ul>
Fördergegenstände	Förderung von mehr oder weniger standardisierten und skalierbaren Massnahmen zur weiteren Ausschöpfung des Effizienzpotenzials effizienter elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fokus auf die Förderung von «Hardware» (z.B. Motoren, Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, etc.)</li> <li>▪ Neben der Förderung bestehender kann auch die Beschaffung neuer Antriebssysteme gefördert werden</li> <li>▪ Die Förderung von Information, Beratung und Analysen kann bis zu einem Anteil von 30% bis 40% des Gesamtbudgets unterstützt werden</li> </ul>

<sup>37</sup> Vgl. Botschaft zum Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien (Bundesrat 2021). Pflichtenheft der Vorstudie EntEIEff (BFE 2021) und ergänzende Angaben des BFE.

<sup>38</sup> Möglicherweise auch in anderen Sektoren (z.B. Landwirtschaft, Infrastrukturanlagen, grosse Wohnsiedlungen, etc.), die ähnliche Typologien von mittleren und grossen Antriebssystemen aufweisen.

Aspekte	Vorgaben	Hinweise
Fördereffizienz	Mindestens gleichbleibend im Vergleich zu den bisherigen ProKilowatt-Programmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allenfalls können die Vorgaben an die Fördereffizienz im Zusammenhang mit der Aktualität der langfristig notwendigen Realisierung von Winterstromeinsparungen noch gelockert werden</li> </ul>
Finanzierung	Verwendung der nicht ausgeschöpften finanziellen Mittel von ProKilowatt	<ul style="list-style-type: none"> <li>In den letzten Jahren schöpft ProKilowatt ca. CHF 10–15 Mio. pro Jahr des maximal möglichen Budgets nicht aus</li> <li>Eine Mittelaufstockung bei der Konzeption eines Programms mit grossem Wirkungspotenzial ist nicht ausgeschlossen</li> </ul>

Tabelle INFRAS und Impact Energy. Quellen: Bundesrat 2021, BFE 2021, ergänzende Angaben des BFE.

### Kriterien

Für die Analyse und die Beurteilung der Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff sind folgende Kriterien massgebend (vgl. Kapitel 1.3):

- Wichtigstes Kriterium ist die **Wirksamkeit** eines allfälligen Programms EntEIEff: Das Programm muss – in Kombination mit bestehenden Massnahmen – geeignet sein, einen grösseren Anteil des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen in nützlicher Frist auszuschöpfen. Aufgrund der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel und der Anforderungen an die Fördereffizienz gehen wir davon aus, dass das Programm im Vergleich zu den bisherigen ProKilowatt-Programmen deutlich wirksamer sein sollte. Andernfalls würde es sich kaum lohnen, ein neues Programm aufzubauen, entsprechende Vorbereitungen zu treffen und Risiken einzugehen.
- In Ergänzung zur Wirksamkeit sind folgende Kriterien ebenfalls von Bedeutung:
  - Die Fördereffizienz (bzw. die Kostenwirksamkeit) eines neuen Programms sollte gemäss Botschaft des Bundesrats (2021) mindestens derjenigen der bisherigen ProKilowatt-Programme entsprechen. Die Auswertung von Angaben zu bisherigen ProKilowatt-Programmen zeigt, dass deren Kostenwirksamkeit eine Spanne von ca. 1.5 bis 3 Rp./kWh (bzw. bis 4 Rp./kWh) aufweist. Zur Vergleichbarkeit müsste eigentlich ein Vergleich zur Fördereffizienz in der gleichen Periode gemacht werden. Beispielsweise ist denkbar, dass sich die Kostenwirksamkeit von ProKilowatt-Programmen zukünftig etwas verschlechtert, weil die «einfachen» Potenziale (sog. «low hanging fruits») bereits ausgeschöpft sind.
  - Ein allfälliges Förderprogramm EntEIEff sollte möglichst gut auf die bestehenden Massnahmen abgestimmt sein (sog. äussere Kohärenz). Ziel ist, dass ein neues Förderprogramm in Kombination mit bestehenden Massnahmen und unter Nutzung entsprechender Synergien geeignet ist, ein möglichst grosses Effizienzpotenzial bei elektrischen Antriebssystemen auszuschöpfen.

- Ein allfälliges Programm EntEIEff sollte in der Praxis umsetzbar sein und von den BeraterInnen («technische Umsetzungspartner» der Unternehmen und EnergieberaterInnen) sowie den Unternehmen (als «EndkundInnen») möglichst gut akzeptiert werden. Die Akzeptanz bei den Unternehmen ist erfahrungsgemäss hoch bei einfachen administrativen Abläufen mit geringem Dokumentationsaufwand, schnellen Entscheiden der Fördermittelzusage und hohen relativen Fördersätzen oder hohen absoluten Förderbeiträgen. Dies sind wichtige Voraussetzungen für die Wirksamkeit eines neuen Programms EntEIEff.
- Ein neues Programm EntEIEff sollte sich – soweit möglich und zweckmässig – auf die Erfahrungen bisheriger ProKilowatt-Programme und entsprechende Lehren stützen (empirische Evidenz). Obwohl dies aus unserer Sicht keine zwingende Voraussetzung für ein Programm EntEIEff ist, verbessert die Berücksichtigung der Erfahrungen bisheriger Programme die Erfolgchancen und reduziert die Risiken eines Scheiterns.

### 3.2. Generelle Beurteilung der Zweckmässigkeit

Nachfolgend wird die Zweckmässigkeit eines allfälligen Programms EntEIEff entlang der genannten Kriterien analysiert und beurteilt. Da die Kriterien Kohärenz, Umsetzbarkeit und empirische Evidenz aus genereller Sicht bei einer geeigneten Ausgestaltung eines Programms EntEIEff erfüllt werden können und im konkreten Fall zu beurteilen sind, werden lediglich Hinweise auf aus unserer Sicht wichtige zu berücksichtigende Aspekte gegeben.

#### **Wirksamkeit**

Aus unserer Sicht sind die Chancen sehr gross, dass mit einem neuen Programm EntEIEff im Vergleich zu den bestehenden ProKilowatt-Programmen ein deutlich höheres Effizienzpotenzial bei den elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen ausgeschöpft werden könnte. Wir begründen dies wie folgt:

- Erstens ist das unausgeschöpfte Energieeffizienzpotenzial bei bestehenden elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen nach wie vor sehr hoch. Zum einen werden sehr viele ältere Motoren und Antriebssysteme betrieben, die zu einem grossen Teil ihre «technische Nutzungsdauer» weit überschritten haben. Diese älteren Antriebssysteme sind i.d.R. wenig effizient (ungenügende Abstimmung auf den Leistungsbedarf, ineffiziente Komponenten, schlecht abgestimmte Systeme, nur manuell gesteuerter Betrieb, etc.). Ein grosses noch unausgeschöpftes Potenzial sehen wir insbesondere in der Systemoptimierung von elektrischen Antriebssystemen. Insgesamt schätzen wir das Effizienzpotenzial von elektrischen Antriebssystemen im Mittel auf 30 Prozent (bzw. 20 bis 50 Prozent im Einzelfall). Bei einem geschätzten Stromverbrauch von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen von jährlich rund 18 TWh scheint uns dieses Effizienzpotenzial sehr relevant. Zum anderen ist nicht

davon auszugehen, dass die Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen durch andere Massnahmen (z.B. Mindestvorschriften für neue Komponenten, ProKilowatt-Programme) oder durch Eigenaktivitäten der Unternehmen zukünftig massgeblich erhöht wird. Insbesondere bestehen bei den Unternehmen sehr viele und schwerwiegende Hemmnisse, in die Energieeffizienz ihrer bestehenden elektrischen Antriebssysteme zu investieren. Die Energieeffizienz hat im Vergleich zu einem reibungslos funktionierenden Betrieb i.d.R. kaum Priorität. Durch die ProKilowatt-Programme sind erst ein kleiner Teil der Unternehmen erreicht, nur ein Teil der Anlagen dieser Unternehmen analysiert und erst ein Teil der technisch möglichen und wirtschaftlich tragbaren Massnahmen umgesetzt worden.

- Zweitens haben die Erfahrungen mit den bisherigen ProKilowatt-Programmen gezeigt, dass die Unternehmen bei geeigneter Ausgestaltung der Programme durchaus zur Umsetzung von Effizienzmassnahmen bewegt werden können. Ein neues Programm EntEIEff hätte gegenüber den ProKilowatt-Programmen deutlich mehr Möglichkeiten, zu einer verstärkten Ausschöpfung des Effizienzpotenzials beizutragen. Zum einen könnten durch ein Programm EntEIEff zusätzliche Fördermittel zur Förderung der Energieeffizienz verwendet werden (v.a. die bisher nicht ausgeschöpften finanziellen Mittel von ProKilowatt im Umfang von CHF 10–15 Mio./Jahr) Zudem wäre die Förderung über einen längeren Zeitraum (Laufzeit von 10 oder mehr Jahren) gesichert. Dies würde die Kontinuität der Förderung und die Planungssicherheit der beteiligten Umsetzungsakteure sowie der Unternehmen erhöhen. Zum anderen würden viele Rahmenbedingungen und begrenzende Anforderungen wegfallen, die die Ausbau- und Entwicklungsmöglichkeiten der ProKilowatt-Programme beschränken. Beispielsweise würde der Wettbewerb zwischen den Programmen wegfallen. Ein Programm EntEIEff könnte so ausgestaltet werden, dass es einen möglichst hohen Anteil des Effizienzpotenzials ausschöpft. Im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen müsste es nicht auf eine möglichst gute Kosteneffizienz fokussieren, um konkurrenzfähig zu sein. Zudem können die Grenze für die förderbaren Investitionskosten je Unternehmen erhöht, der gesetzlich maximale Fördersatz (40% der Investitionskosten) ausgeschöpft und anteilmässig mehr Mittel für systematische Analysen eingesetzt werden.<sup>39</sup> Dadurch kann insbesondere ein stärkerer Fokus auf die Systemoptimierung und die Ausschöpfung entsprechender Potenziale gelegt werden. Denkbar ist auch die Förderung der Beschaffung standardisierter, neuer und effizienterer Antriebssysteme oder von Messungen (z.B. kontinuierliche Überwachung mit «remote control» Sensoren an den Motoren). Der Wettbewerb zu Pro-Kilowatt-Programmen zu anderen Technologien/Anwendungen sowie der entsprechende Kostendruck würden ebenfalls wegfallen. Damit kann sich die Förderung von Analysen stärker nach dem

---

<sup>39</sup> Im Unterschied zu den Rahmenbedingungen, die mit dem Wettbewerbscharakter von ProKilowatt einhergehen (Wettbewerb zwischen den Programmen und vergleichsweise kurze Laufzeit der Programme), könnten diese drei Bedingungen grundsätzlich auch bei ProKilowatt geändert werden.

Bedarf ausrichten und auch Technologien/Anwendungen gefördert werden, die etwas weniger kosteneffizient sind (kein Druck mehr, primär auf die effizientesten Anwendungen/Technologien mit kürzestem Payback zu fokussieren, die nur einen geringen Teil des Effizienzpotenzials erschliessen).

Im Hinblick auf eine hohe Wirksamkeit sollte ein allfälliges Programm EntEIEff einen möglichst hohen Anteil des Energieeffizienzpotenzials adressieren. Dies bedeutet, dass das Programm mindestens die relevantesten Technologien/Anwendungen von elektrischen Antriebssystemen (Motoren, Frequenzumrichter, Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, etc.) und deren Abstimmung in einem Gesamtsystem abdecken sollte. Damit ein solches Programm wirksam und effizient umgesetzt werden könnte, sollte es die bisherigen ProKilowatt-Programme, die diese Technologien/Anwendungen fördern, ersetzen. Damit könnten auch der sog. «Förderdschun- gel» reduziert und die Unternehmen einfacher erreicht werden.

Wir sehen jedoch auch gewisse Risiken eines neuen Programms EntEIEff gegenüber dem Festhalten an den bestehenden ProKilowatt-Programmen: Wenn das neue Programm – gestützt auf bestehende Erfahrungen – nicht möglichst wirksam ausgestaltet ist oder es von den massgebenden Umsetzungsakteuren und/oder den Unternehmen zu wenig akzeptiert wird, könnte dessen Wirksamkeit möglicherweise geringer als diejenige der bisherigen ProKilowatt-Programme sein. Bei einem Ersatz der bisherigen Programme würden diese verdrängt und keinen Beitrag mehr an die Ausschöpfung des Effizienzpotenzials leisten. Ein Risiko betreffend Wirksamkeit besteht auch, wenn ein neuer Programmansatz gewählt würde, der sich noch nicht bewährt hätte. Zudem besteht das Risiko, dass nicht genügend, ausreichend qualifizierte und motivierte interne und externe Fachleute zur Umsetzung des Programms verfügbar wären.

Unsere Einschätzung der mit einem neuen Programm EntEIEff verbundenen Chancen und Risiken hinsichtlich dessen Wirksamkeit wird von den befragten Experten im Wesentlichen gestützt:

- Die Mehrheit der befragten Experten würde ein allfälliges Programm EntEIEff begrüssen. Die Befürworter sind überzeugt, dass mit einem neuen Programm ein deutlich grösseres Effizienzpotenzial ausgeschöpft werden könnte, insbesondere weil mehr Fördermittel zur Verfügung stehen würden, die zum Teil begrenzenden Rahmenbedingungen von ProKilowatt-Programmen wegfallen würden und stärker auf der Systemebene angesetzt werden könnte. Die meisten Befürworter sprechen sich explizit oder implizit für einen (weitgehenden) Ersatz der ProKilowatt-Programme bei den elektrischen Antriebssystemen aus. Vereinzelt wird dies explizit als Bedingung gefordert. Ein Befürworter betont, dass ein neues Förderprogramm im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen attraktiver ausgestaltet und intensiver «vermarktet» werden müsste.

- Seitens der Minderheit der befragten Experten, die ein allfälliges Programm EntEIEff ablehnen, wird zum einen betont, dass auf den erfolgreichen ProKilowatt-Programmen aufgebaut werden sollte. Diese Programme hätten sich bewährt und könnten weiter ausgebaut werden. Bei einem neuen Programm bestünde das Risiko, dass es nicht erfolgreich wäre und gleichzeitig bestehende erfolgreiche Programme verdrängt würden. Zum anderen wird bezweifelt, dass ein neues Programm erfolgreicher wäre als die bestehenden Programme, die etablierte Zugänge zu den Unternehmen nutzten. Bei einem neuen Programm bestünde das Risiko, dass es von den Unternehmen nur ungenügend nachgefragt würde oder dass die Fachleute fehlten (z.B. für Analysen), um es im geplanten Umfang umzusetzen.

### **Fördereffizienz**

Ob die Anforderung an die Fördereffizienz eines allfälligen Programms EntEIEff eingehalten werden kann, ist schwierig zu beurteilen. Aus unserer Sicht gibt es Argumente, die für eine Erhöhung der Fördereffizienz eines Programms EntEIEff gegenüber den bisherigen ProKilowatt-Programmen sprechen, und solche, die dagegen sprechen:<sup>40</sup>

- **Für eine Verbesserung der Fördereffizienz** durch ein Programm EntEIEff sprechen erstens die Möglichkeiten, grössere Projekte zu fördern und höhere Wirkungen über Systemverbesserungen (z.B. richtige Auslegung und Dimensionierung) zu erzielen. Im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen besteht damit bei dieser Stossrichtung die Chance, eine höhere Wirkung pro Förderfranken zu erzielen. Die Erfahrungen mit den ProKilowatt-Programmen haben insbesondere gezeigt, dass die Fördereffizienz u.a. von der Grösse der geförderten Projekte beeinflusst wird. Zweitens spricht für eine höhere Fördereffizienz eines Programms EntEIEff, durch die Grösse des Programms Skaleneffekte, Synergien und Effizienzgewinne bei den flankierenden Massnahmen (v.a. Kommunikation) und dem Programmmanagement zu erzielen. Insbesondere besteht die Chance, dass das Programm nach einer gewissen Anlaufzeit bei den Zielgruppen breit bekannt ist und dadurch stärker genutzt wird.
- **Gegen eine Verbesserung der Fördereffizienz** durch ein Programm EntEIEff spricht erstens, dass die ProKilowatt-Programme aus Wettbewerbsgründen möglichst kostenwirksam konzipiert werden müssen. In der Praxis hat das u.a. dazu geführt, dass die Programme auf die Förderung möglichst kostenwirksamer Effizienzmassnahmen abzielen (sog. «low hanging fruits»). Im Hinblick auf eine hohe Wirksamkeit wird das Programm EntEIEff auch weniger kostenwirksame Effizienzmassnahmen adressieren müssen. Gleichzeitig dürften die Fördersätze erhöht werden, um einen wirksamen Anreiz für die Unternehmen zu bieten. Zudem werden bei den ProKilowatt-Programmen die Kosten von Analysen und flankierenden

<sup>40</sup> Vgl. ergänzend auch die Diskussion zur Fördereffizienz eines Förderprogramms EntEIEff, das auch eine möglichst hohe Ausschöpfung der Effizienzpotenzials abzielt in Kapitel 3.3.

Massnahmen (z.B. Kommunikation und Marketing) teilweise möglichst tief gehalten. Bei einem Programm EntEIEff sind höhere Investitionen in die flankierenden Massnahmen (v.a. Aus- und Weiterbildung, Kommunikation, Tools) erforderlich. Aus unserer Sicht dürfte es – mit Ausnahme allfälliger Skaleneffekte – schwer sein, durch ein Förderprogramm EntEIEff die bisher von den ProKilowatt-Programmen unterstützten Massnahmen kostenwirksamer zu fördern. Zweitens ist zu berücksichtigen, dass die ProKilowatt-Programme mit Nachfolgeprogrammen von ihrer Aufbauarbeit und Erfahrung profitieren. Ein allfälliges Programm EntEIEff muss erst noch im Markt implementiert werden und sich anschliessend bewähren. Je nach Ausgestaltung des Programms sind die entsprechenden Herausforderungen kleiner oder grösser mit entsprechenden Auswirkungen auf die Fördereffizienz.

Insgesamt gehen wir davon aus, dass die Fördereffizienz eines Programms EntEIEff gegenüber den ProKilowatt-Programmen tendenziell etwas schlechter sein dürfte.

#### **Kohärenz, Umsetzbarkeit und Akzeptanz sowie empirische Evidenz**

Die Kriterien Kohärenz, Umsetzbarkeit und Akzeptanz sowie empirische Evidenz können aus genereller Sicht bei einer geeigneten Ausgestaltung des Programms erfüllt werden. Dabei sind folgende Aspekte relevant:

- **Kohärenz:** Von Bedeutung ist insbesondere die Abstimmung auf die bestehenden (und zukünftig neuen) ProKilowatt-Programme. Falls ein Programm EntEIEff die relevantesten Technologien/Anwendungen (bzw. den grössten Teil der Effizienzpotenziale) von elektrischen Antriebssystemen adressiert, sollte es die entsprechenden ProKilowatt-Programme nach einer Übergangszeit vollständig (oder weitgehend) ersetzen. Dies trägt insbesondere auch zu einem Abbau des «Förderdschungels» bei. Falls ein Programm EntEIEff nur auf bestimmte Technologien/Anwendungen, Zielgruppen und/oder Ansätze (z.B. Systemansatz) fokussieren sollte, kann es komplementär zu den ProKilowatt-Programmen konzipiert werden. Wichtig ist zudem, dass ein Programm EntEIEff auch auf die bestehenden Informations- und Beratungsangebote abgestimmt würde, insbesondere auf das Programm ProAnalySys (Förderung von Feinanalysen) und das Projekt SEEMS (Kommunikation und Messungen).
- Aufgrund der Erfahrungen mit den bisherigen ProKilowatt-Programmen scheinen uns bei der **Umsetzbarkeit** und der **Akzeptanz** vor allem folgende Aspekte wichtig: Erstens werden ausreichende, kompetente und motivierte Fachleute zur Kontaktnahme, Beratung und Begleitung der Unternehmen und zur Durchführung der vorgesehenen Analysen benötigt. Da wir bei einem substituierenden Programmansatz davon ausgehen, dass die bestehenden Akteure und Fachleute zu einem grossen Teil in die Umsetzung eingebunden werden müssten, sollte das Programm zweitens bei diesen Akteuren und Fachleuten möglichst auf Ak-

zeptanz stossen. Drittens sollte das Programm so ausgestaltet werden, dass es für die Unternehmen (bzw. die «EndkundInnen») attraktiv ist und möglichst gut akzeptiert wird. Dies ist eine zentrale Voraussetzung, damit sie sich am Programm beteiligen. Diesbezüglich sind vor allem auch die Erfahrungen bisheriger ProKilowatt-Programme relevant (siehe nächsten Punkt).

- Bei der Abstützung auf bisherige Erfahrungen und Lehren (empirische Evidenz) sollen vor allem die Ergebnisse zu den **Erfolgsfaktoren** von ProKilowatt-Programmen berücksichtigt werden: Nutzung eines etablierten und bewährten Zugangs zu den Unternehmen, Einfachheit der Ausgestaltung und Umsetzung des Programms, ein für die Unternehmen «spürbarer» finanzieller Anreiz sowie hohe fachliche Kompetenz der Beratenden und die möglichst hohe Bekanntheit des Programms (vgl. Kapitel 2.2).

### Fazit

Nachfolgend werden die Vorteile und die Nachteile sowie die Chancen und die Risiken eines allfälligen Programms EntEIEff» gegenüber einem Szenario «Weiter-wie-bisher» zusammengefasst. Anschliessend ziehen wir ein Fazit zur Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff.

**Tabelle 8: SWOT-Analyse zu einem Programm EntEIEff im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durch EntEIEff können auch die bisher nicht ausgeschöpften finanziellen Mittel von ProKilowatt zur Förderung der Energieeffizienz eingesetzt werden.</li> <li>▪ Deutlich längere Laufzeit des Programms</li> <li>▪ Weniger einschränkende Rahmenbedingungen<sup>1)</sup></li> <li>▪ Reduktion des «Förderdschungels» (bei Ersatz der ProKilowatt-Programme)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weniger direkte Abstützung auf bestehenden (erfolgreichen) Ansätzen, Umsetzungsstrukturen und Erfahrungen</li> <li>▪ Das Programm EntEIEff ist noch nicht getestet und muss sich zuerst bewähren</li> </ul>
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Bei geeigneter Ausgestaltung:) Bessere Akzeptanz und deutlich verstärkte Nutzung der Förderung durch BeraterInnen und Unternehmen</li> <li>▪ Deutlich grössere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Bei ungeeigneter Ausgestaltung:) Schlechtere Akzeptanz und geringere Nutzung der Förderung durch BeraterInnen und Unternehmen</li> <li>▪ Verdrängung der bisherigen ProKilowatt-Programme</li> <li>▪ Geringere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen und schlechtere Fördereffizienz</li> </ul>

<sup>1)</sup> Zu unterscheiden sind einschränkende Rahmenbedingungen, die mit dem Wettbewerbscharakter von ProKilowatt einhergehen (v.a. Wettbewerb zwischen ProKilowatt-Programmen, der dazu führt, dass Programme v.a. auf die Ausschöpfung möglichst kostenwirksamer Potenziale fokussieren; Laufzeit der Programme von 3 Jahren) und Rahmenbedingungen, die grundsätzlich auch bei ProKilowatt geändert werden könnten (Grenze für das pro «EndkundIn» zu fördernde Investitionsvolumen von max. CHF 300'000, max. Fördersatz von 30% der Investitionskosten, max. Betrag für Analysen von 10% der Förderbeiträge an die Unternehmen (bzw. EndkundInnen)).

Tabelle INFRAS und Impact Energy



Insgesamt beurteilen wir ein allfälliges Programm EntEIEff aus genereller Sicht als zweckmässig. Aus unserer Sicht überwiegen die Chancen eines Programms EntEIEff die Risiken deutlich. Mit einem Programm EntEIEff besteht insbesondere die Chance, zu einer deutlich grösseren Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen beizutragen. Entscheidend dafür ist eine geeignete Ausgestaltung des Programms und die Schaffung von weiteren Voraussetzungen für den Erfolg des Programms. Dadurch können auch die Risiken minimiert werden. Zentrale Aspekte sind aus unserer Sicht:

- ein weitgehender **Verzicht auf ProKilowatt-Programme**, falls sich das Programm EntEIEff auf die relevantesten Technologien/Anwendungen bzw. Potenziale bezieht,
- die Sicherstellung einer **ausreichenden Anzahl gut ausgebildeter Fachleute** zur Beratung von Unternehmen sowie zur Durchführung von Analysen, zum einen durch die Einbindung (mindestens eines Teils) der an der Umsetzung der bisherigen ProKilowatt-Programme beteiligten Fachleuten, zum anderen durch deutlich verstärkte Aus- und Weiterbildungsanstrengungen von Fachleuten,
- eine angemessene Berücksichtigung der Erfolgsfaktoren bisheriger ProKilowatt-Programme, insbesondere die Nutzung von **etablierten und bewährten Zugängen zu den Unternehmen**, aber auch eine einfache Ausgestaltung und Umsetzung des Programms, ein für die Unternehmen «spürbarer» finanzieller Anreiz, hohe fachliche Kompetenz der Beratenden sowie eine möglichst hohe Bekanntheit des Programms.

### 3.3. Mögliche Stossrichtungen und Bausteine eines Programms EntEIEff

Nachfolgend zeigen wir auf, welche Stossrichtungen ein Programm EntEIEff verfolgen müsste, um das Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen möglichst weitgehend auszuschöpfen. Unter «möglichst weitgehend» verstehen wir, dass das Programm nicht nur wirksamer als die bestehenden Massnahmen (v.a. ProKilowatt-Programme), sondern aus energiepolitischen Gründen einen möglichst hohen Beitrag zur Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen leisten sollte. Dabei gehen wir mit unseren Überlegungen bewusst über den Untersuchungsgegenstand hinaus:

- Erstens analysieren wir, ob es zweckmässig wäre, auch weitere elektrische Anlagen (z.B. Beleuchtung und IKT) in Unternehmen und weitere Sektoren (z.B. Landwirtschaft und Infrastrukturanlagen) einzubeziehen.
- Zweitens geben wir Hinweise, wie ein Programm EntEIEff durch weitergehende verpflichtende Massnahmen ergänzt werden könnte. Unseres Erachtens würde die Kombination eines Förderprogramms EntEIEff mit verpflichtenden Massnahmen einen deutlich höheren Beitrag zur Ausschöpfung der Effizienzpotenziale bei Unternehmen leisten. Im Hinblick auf eine

möglichst hohe Potenzialausschöpfung erachten wir die Ergänzung des Förderprogramms durch Verpflichtungen als äusserst wichtig.

### **Begründung des Effizienzpotenzials und einer möglichst hohen Potenzialausschöpfung**

Wir sind überzeugt, dass ein «geeignet ausgestaltetes» Programm EnEIEff zu einer deutlich grösseren Ausschöpfung des Energieeffizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen beitragen könnte. Das unausgeschöpfte Effizienzpotenzial begründet sich unseres Erachtens wie folgt (vgl. auch Kapitel 3.2):

1. Bisher sind nicht alle für Stromeinsparungen geeignete Unternehmen untersucht worden (Limitation bei EnAW und act auf bisherige "Abonnenten") (vgl. auch TEP 2012).
2. In den bereits bearbeiteten Unternehmen wurden nicht alle geeigneten Anlagen untersucht (Budget- oder Fachkräftemangel, beschränktes Know-how intern oder extern), resp. wirtschaftliche Verbesserungsvorschläge wurden nicht umgesetzt ("Energy efficiency gap"<sup>41</sup>).
3. Bei den untersuchten Anlagen wurden nicht alle technisch möglichen und wirtschaftlichen Massnahmen untersucht. Oft werden nur sogenannte "low hanging fruits" bearbeitet, obwohl mit vertieften Untersuchungen (Feinanalysen) grosse, weitere Effizienzpotentiale aktiviert werden können.
4. Nicht alle Energieberater suchen gemäss den durchgeführten Interviews auch Effizienzpotentiale bei Antriebssystemen (Ausbildungs-, Erfahrungslücke, Mangel an Messinstrumenten und Analysetools).
5. Nicht alle 600 EVU in der Schweiz haben interne Programme und geschulte Teams, um bei ihren Kunden Effizienzmassnahmen bei Antriebssystemen zu analysieren und umzusetzen.

Zudem sollte das Programm EntEIEff möglichst auch Beiträge zu sich in letzter Zeit akzentuierende energiepolitischen Herausforderungen wie eine kurzfristige Mangellage, Kapazitätsengpässe sowie starke Preissteigerungen und Engpässe aufgrund kriegerischer Vorkommnisse und Sanktionen in Europa leisten. Die Ausgangslage für Effizienzmassnahmen im elektrischen Bereich – besonders im Winter – hat sich in letzter Zeit deutlich verändert. Seit dem Beginn des Ukrainekrieges und den von der EU und der Schweiz ergriffenen Sanktionen bestehen weitere Einschränkungen der Versorgung für russische Lieferungen von Gas, Öl und Uran. Zu erwarten ist eine Reaktion des Marktes (v.a. auch der Unternehmen) auf die sprunghaften Energiepreissteigerungen. Es ist davon auszugehen, dass die sprunghaften Preissteigerungen für Gas und Strom sich möglicherweise wieder etwas stabilisieren, aber in der Tendenz auf einem höheren Preisniveau als 2019 verharren werden. Dies ist ebenfalls in die weitere Beurteilung von ener-

---

<sup>41</sup> Energy efficiency gap bezeichnet die quantifizierbare Differenz zwischen wirtschaftlichen Verbesserungsmassnahmen und der tatsächlich realisierten Verbesserung eines Gerätes oder eines Systems.

giepolitischen Massnahmen und insbesondere von Förderprogrammen einzubeziehen. Entsprechend sollten bei der Beurteilung eines Programms EntEIEff auch diesen neuen Rahmenbedingungen soweit möglich Rechnung getragen werden.

### **Ausweitung der Fördergegenstände**

Im Hinblick auf eine möglichst hohe Potenzilausschöpfung sollten die Fördergegenstände gegenüber den ProKilowatt-Programmen ausgeweitet werden. Erstens sollte sich die Förderung nicht nur auf bestehende Antriebssysteme (inkl. noch nicht «bearbeitete» Unternehmen und Antriebssysteme), sondern auch auf neue Antriebssysteme<sup>42</sup> und weitere bestehende Anlagen (z.B. Beleuchtung, IKT, thermische Prozesse)<sup>43</sup> beziehen. Zweitens sollten neben Industrie- und Dienstleistungsunternehmen auch weitere Sektoren (z.B. Landwirtschaft, Infrastrukturanlagen, grosse Wohnsiedlungen) miteinbezogen werden.<sup>44</sup> Drittens sollten die flankierenden Massnahmen wie Aus- und Weiterbildung, Kommunikation und Bereitstellung von Tools im Sinne von zentralen Vorbereitungsinvestitionen deutlich gestärkt werden (vgl. Abbildung 5).

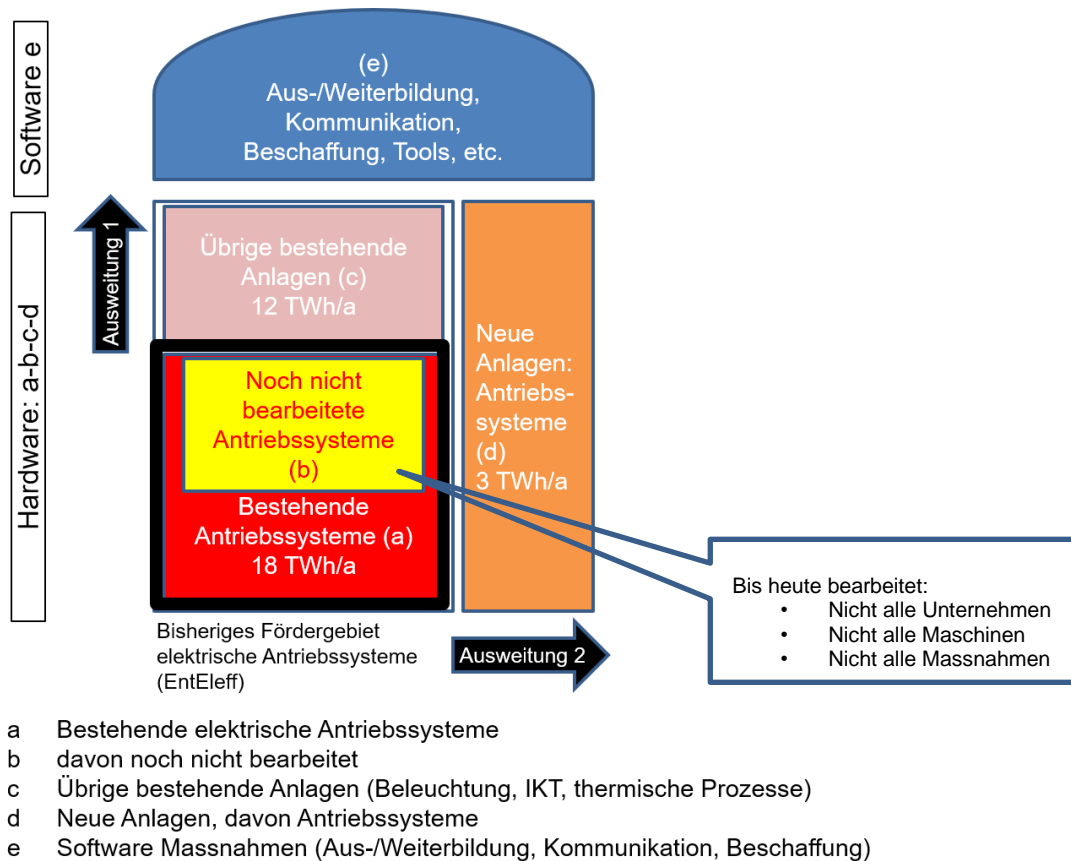
---

<sup>42</sup> Gemäss Vorgaben des BFE zu einem Programm EntEIEff möglich (vgl. Kapitel 3.1).

<sup>43</sup> Entsprechend den Vorgaben des BFE nicht Gegenstand eines Programms EntEIEff, jedoch gemäss den geplanten gesetzlichen Grundlagen für schweizweite Programm zur Förderung der Stromeffizienz aus unserer Sicht möglich.

<sup>44</sup> Gemäss den geplanten gesetzlichen Grundlagen für schweizweite Stromeffizienzprogramme sollte dies auch möglich sein.

Abbildung 5: Fördergegenstände – mögliche Vertiefungen und Ausweitungen



Grafik INFRAS und Impact Energy. Quelle: CUB 2022.

Wir begründen die Vertiefungen und Ausweitungen eines Programms EntELEff wie folgt:

- Eine der grössten Barrieren eines Förderprogrammes besteht im Erstzugang zu einem Unternehmen sowie der nachfolgenden Entwicklung eines fachlichen Vertrauensverhältnisses. Deshalb sind folgende Ausweitungen des Fördergegenstandes zu prüfen:
  - Einbezug neuer Anlagen eines Unternehmens (bei Produktionsveränderungen), um bessere Systeme im Vergleich zu den "Mindestanforderungen" zu erzielen.
  - Einbezug aller elektrischer Verbraucher eines Unternehmens (also Licht, IKT, ohmsche thermische elektrische Prozesse, etc.).
  - Umgekehrt sollen Unternehmen bei verbesserten Pumpen- und Ventilatorsystemen sowie der Abwärmenutzung bei Kompressorsystemen u.U. auch als «Zusatzbenefit» für eine Verminderung fossiler Energien entschädigt werden ("Co-benefit").

- Ausweitung der Betrachtung: "Multiple benefits", d.h. weitere positive aber nicht direkt energetisch quantifizierte Effekte wurden bis jetzt nicht routinemässig untersucht und in die Argumentation mit den Unternehmen einbezogen.
- Die gleichen Typen und Grössen der Antriebssysteme werden – neben Industrie- und Dienstleistungsunternehmen – auch in grossen Wohnsiedlungen, in der Landwirtschaft, bei Infrastrukturanlagen, etc. eingesetzt. Aus diesem Grund sollen sie gleichberechtigt an einem Förderprogramm beteiligt werden.
- Die bisherigen Förderüberlegungen haben sich im Wesentlichen auf die konkrete Umsetzung in einzelnen Projekten und in Programmen gestützt. Noch nicht diskutiert wurden die nötigen Aufwendungen für die zentralen Vorbereitungsinvestitionen des Geldgebers oder/und des Gesamtprogrammleiters, wie z.B.:
  - Ausbildungsprogramm für betriebsinterne und externe Fachleute, Aufbau und Durchführung des Programms
  - Bereitstellung eines Sets von abgestimmten Tools für die Grob- und Feinanalyse, für die Auswertung der Messungen und Berechnung der Einsparungen von einzelnen Anlagen, sowie Tools für die Gesamtbeurteilung eines Unternehmens und der Priorisierung der Massnahmen, sowie eines standardisierten Vorgehensmodelles, etc.
  - Koordinierte schweizweite Förder-, Motivierungs- und Kommunikationsplattform mit "best practice" Beispielen
  - Vorbereitung eines allfälligen Innovations- und Beschaffungsprogrammes mit einem Set von innovativen und effizienten Komplettsystemen mit verschiedenen Grössen und standardisierten Typen für gängige Typen von Pumpen, Ventilatoren, Kälte-, Druckluft- und Wärmepumpenkompressoren.

### **Angemessene Analysen zur Ausschöpfung des Effizienzpotenzials**

Die Untersuchung der möglichen, technisch sinnvollen und wirtschaftlich tragbaren Effizienzmassnahmen für Antriebssysteme bei Industrie- und Dienstleistungsunternehmen erfordert ein differenziertes, schrittweises Vorgehen unter Einbezug aller beteiligter Stakeholder (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Vorgehensschritte bei Effizienzuntersuchung



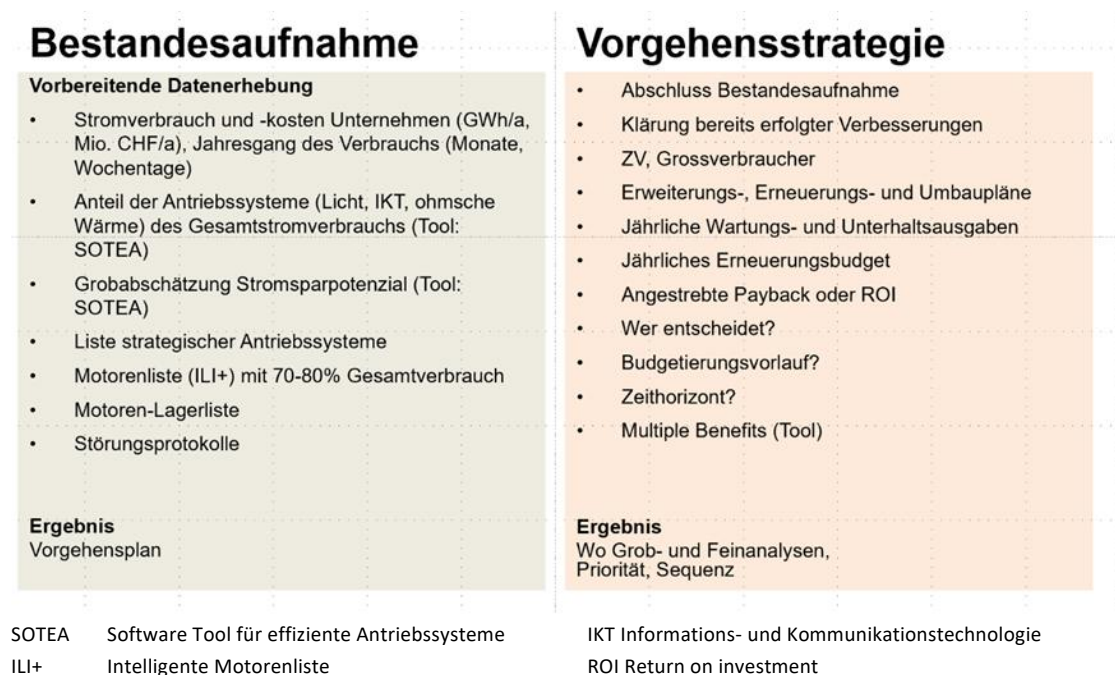
GA: Grobanalyse, FA: Feinanalyse

Grafik INFRAS und Impact Energy. Quelle: Topmotors.

Es sind zwei Ebenen von energetischen Analysen zur Bestimmung der technischen und wirtschaftlichen Vorgehensweise nötig: das gesamte Unternehmen als Energieverbraucher und die Auswahl der lohnenden Maschinen zur Verbesserung.

Bei der notwendigen Betrachtung eines gesamten Unternehmens ist eine Bestandesaufnahme und eine Vorgehensstrategie nötig, wie sie teilweise in der Energieverbrauchsanalyse (EVA) im Grossverbrauchermodell angewendet wird (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: Vorgehensschritte auf Unternehmensebene



Grafik INFRAS und Impact Energy. Quelle: Topmotors.

Bei der Untersuchung von Effizienzmassnahmen bei einem Antriebssystem sind je nach Grösse und Komplexität der Anlage standardisierte Untersuchungen mit einer Grobanalyse (GA) und allenfalls einer Feinanalyse (FA) mit den u.U. erforderlichen Messungen erforderlich (siehe Abbildung 8). Durch die Feinanalyse wird bei mittleren, grösseren und komplexeren Anlagen die Voraussagegenauigkeit der erwarteten Energieeinsparungen und Investitionskosten deutlich verbessert. Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der ex ante Beurteilung der Kosten/Nutzen ist für den Anwender entscheidend wichtig.

Abbildung 8: Vorgehensschritte bei der Untersuchung einer einzelnen Maschine (Antriebssystem)

### Grobanalyse (GA)

- Nennleistung Motor resp. P/V/K\* (kW)
- Effizienzklasse Motor (IE0/1/2/3/4)
- Alter (a)
- Betriebsstunden (h/a)
- FU vorhanden/nicht

#### Aufwand

- 1 h/Antriebssystem (wenn Daten vorliegen)

#### Tool

- ILI+ (Motorenliste, Decision Maker, Priorisierung),
- Velani (Einzelanlage)

#### Instrumente

- Einsatz von elektronischen Sensoren mit Remote Control für strategische Antriebe

\*) P: Pumpe, V: Ventilator, K: Kompressor

#### Ergebnis

- Priorisierung für FA

### Feinanalyse (FA)

- Drehzahl (Polzahl) (U/min)
- Ist-Verbrauch (kWh/a)
- mittlerer Lastfaktor (% Nennleistung)
- Abschätzung Wirkungsgrad Motor (Nennleistung, mittlere Leistung) (%)
- Abschätzung Systemwirkungsgrad (FU, Motor, Transmission, Anwendung, Verteilung) (%)

#### Aufwand

- ½ bis 1 Tag/Antriebssystem
- Input-Messungen: Dauer 2 h bis 1 Woche
- Output-Messungen: Dauer 2 h bis 1 Woche

#### Tools

- STR (Messung, Auswertung)
- MST (Detailanalyse Betriebspunkt)

#### Instrumente

- Messgerät für Eit-Leistung
- evtl. Messgeräte für Durchfluss (Luft/Wasser) und Druck

#### Ergebnis

- Verbesserungsvorschlag,
- Investitionskosten und Energieeinsparung, Kosten/Nutzen, Pay back, Life Cycle Analysis LCA
- Dringlichkeit, Mehrjahresprogramm

STR Standard test report

MST Motor systems tool

Grafik INFRAS und Impact Energy. Quelle: Topmotors

### Möglichst wirksames Fördermodell

Ausgangspunkt für die Diskussion des Fördermodells sind die aktuell bei ProKilowatt-Programmen umgesetzten Lösungen (vgl. Kapitel 2.2). Um ein Programm EntEIEff möglichst wirksam auszugestalten, sollten folgende Aspekte einbezogen werden:

- Nötige Qualität der Wirkungskontrolle und Nachvollziehbarkeit der Investitionsabrechnung: pauschale Investitionsförderung (Beitrag in % der gesamten oder der zusätzlichen Investition) vs. Förderung der eingesparten Energie in CHF/(kWh\*a)
- Differenzierte Fördermodelle für grössere relative oder absolute Einsparung
- Belohnung (zusätzlicher Förderbeitrag) für grösseren Bearbeitungs- und Untersuchungsaufwand bei grossen und komplexen Anlagen.

### ***Nachweisbarkeit der Wirksamkeit der Förderbeiträge***

Die Zuspache von Fördermitteln für Effizienzprogramme durch die politischen Gremien ist abhängig von deren Wirksamkeit (wie viele eingesparte kWh/a) im Vergleich zu den eingesetzten Fördermitteln. Der (unabhängige) Nachweis der Wirksamkeit ist ein bedeutendes Mittel der politischen Kontrolle. Je nach verlangter Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Nachweises sind entsprechende Bedingungen für die Programme einzuführen. Diesbezüglich beurteilen wir verschiedene Möglichkeiten zur Konzeption der Förderbeiträge wie folgt:

- Die bei den Anwendern besonders beliebten **pauschalen Fördersätze** (bis max. 40%) der gesamten Investition sind unseres Erachtens nur bei sehr kleinen Investitionen nach dem Prinzip der "Deemed savings" (voraussehbare mittlere Wirkung<sup>45</sup>) – z.B. bei kleinen Umwälzpumpen – zulässig. Jedenfalls ist hier ein Abzug für die unbedingt nötige Investition für die Erneuerung einer Maschine nach Ablauf der technischen Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren notwendig: z.B. nur 30%–40% der Investition (entsprechend einer allenfalls genauer zu definierenden zusätzlichen Effizienzinvestition) ist förderfähig.
- Bei einem Förderbeitrag nach der **elektrischen Leistung der Anlage** (CHF/kW) ist eine intrinsische Überdimensionierung (je mehr kW, desto höher ist der Förderbeitrag) und dadurch die Förderung des 1:1-Weiterbestands von überdimensionierten Anlagen zu vermeiden, z.B. durch einen Bonus/Malus je nach Nennleistung des neu eingesetzten Motors gegenüber dem alten Motor (z.B. 0.5\* x CHF/kW wenn der neue Motor gleich gross oder grösser ist, bzw. 1.5\* x CHF/kW wenn der neu eingesetzte Motor kleiner ist).
- Bei der Förderung der **erreichten Einsparungen** (kWh/a), resp. der Beurteilung der Fördereffizienz (Rp pro eingesparte kWh), entsprechend dem weitgehend bei ProKilowatt eingesetzten Wettbewerbskriterium, sind entsprechende Berechnungen, Abschätzungen oder Messungen des Soll- und Ist-Zustandes (wie einer Feinanalyse) nötig. Mit dieser Berechnungsmethode lassen sich die energetischen und ökonomischen Wirkungen zuverlässig berechnen, die auch für die Bestimmung des Paybacks oder des ROI, resp. des Variantenvergleichs aufgrund Lebenszykluskosten nötig sind.

### ***Anreize zur Untersuchung von grossen und komplexen Anlagen: Differenzierte Fördermodelle***

Effizienzuntersuchungen bei grösseren Anlagen erfordern vertiefte Untersuchungen (Feinanalysen, Messungen, Simulationen, Pilotanlagen, etc.) durch im elektrischen und mechanischen Bereich erfahrene Energiefachleute. Zur Erhöhung des Anreizes für Unternehmen und EnergieberaterInnen zur Umsetzung von Massnahmen mit höheren Transaktionskosten und Aussicht auf

---

<sup>45</sup> Als "Deemed savings" werden in den Clean Development Mechanisms (CDM) gemäss [energypedia.info](http://energypedia.info) vereinfacht berechnete Energieeinsparungen bezeichnet: "it is meant to simplify as it is based on stipulated values coming from historical saving values of typical projects - only installation and operation is verified. Therefore, the calculated energy savings are less complex and less resource intensive but are also less accurate (than Measurement & Verification or Gross Billing Analysis)."



höhere Energieeinsparungen können die Förderquoten differenziert gestaltet und erhöht werden, für höhere relative Einsparungen einer Anlage (30–40% statt 10–15%) und/oder höhere absolute Einsparungen bei grossen und langlaufenden Anlagen. Die Differenzierung kann für einen höheren Anreiz für intensivere Beratung (Grobanalyse, Feinanalyse, Messungen, Variantenstudium, Lebenszykluskosten-Betrachtung, Engineering, etc.) genutzt und durch einen höheren Förderprozentsatz an den Zusatzinvestitionen umgesetzt werden (siehe 4.2 Förderbeiträge).

### ***Tendenziell schlechtere Fördereffizienz***

Es gibt Effekte, die zu einer Verbesserung der Kostenwirksamkeit eines Programms EntEIEff führen. Wir erwarten aber – zumindest im Vergleich zur Fördereffizienz von Programmen in den letzten Jahren – eine tendenziell etwas schlechtere Fördereffizienz (vgl. Kapitel 3.2). Wird, wie hier postuliert, eine möglichst hohe Ausschöpfung des Effizienzpotenzials angestrebt, dürften die entsprechenden tieferen Eingriffe in das Antriebssystem mit höheren Investitionskosten, aber auch mit flankierenden Massnahmen (Weiterbildung, Analysen) und entsprechenden Kosten verbunden sind. Entsprechend empfehlen wir, dass die Fördereffizienz im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen auch etwas schlechter sein darf und nicht – wie in der Botschaft des Bundesrates (2021) postuliert – mindestens gleichbleibend wie die bisherigen ProKilowatt-Programme sein muss (vgl. Kapitel 3.1, Tabelle 7).

Die Vorschläge zum Programm EntEIEff sehen folgende Verbesserungen gegenüber den heutigen Förderprogrammen vor, die tendenziell zu einer Beeinflussung der Kostenwirksamkeit positiv/negativ führen könnten:

- Ausweitung des Fördergegenstands
- zusätzliche wichtige Akteure in das Programm einzubinden
- die Fördersätze bis an die gesetzliche Grenze (40% der Investitionskosten) zu erhöhen, um einen grösseren Anreiz zu schaffen
- die Förderung pro Maschine und pro Unternehmen zu erhöhen
- die administrativen Hürden zu senken
- die Beschlussfassung der Förderbeitragszusage und der späteren Abrechnungskontrolle durch bessere Projektbegleitung zu beschleunigen
- zusätzliche Ausbildungsprogramme für Energieberater aufzubauen und anzubieten
- zusätzliche integrierte elektronische Tools für ganze Unternehmen und einzelne Maschinen aufzubauen und anzubieten.

### Ergänzende Verpflichtungen

Die bisherigen Massnahmen (Mindestanforderungen, Förderung, Zielvereinbarungen, etc.)<sup>46</sup> dürften in Kombination mit einem Förderprogramm EntEIEff noch nicht genügen, um die Ziele der Energiestrategie 2050 für elektrische Energieeinsparungen zu erreichen und einen möglichst hohen Anteil des Effizienzpotenzials von elektrischen Antrieben bei Unternehmen auszuschöpfen. Deshalb sollten folgende weitergehende verpflichtende Massnahmen geprüft werden.

- Regelmässiges Audit (alle 4 Jahre) gemäss EU-Effizienzrichtlinie<sup>47</sup> bei grösseren Unternehmen,
- Verpflichtung zur Umsetzung der gefundenen wirtschaftlich tragbaren Optimierungsmassnahmen innert 5 Jahren,
- Vorgabe eines eindeutigen und stärkeren mittleren jährlichen Absenkpfades des elektrischen Verbrauchs eines Betriebes von 2–3% pro Jahr (oder Absenkungsziel über 10 Jahre) für die Industrie- und Dienstleistungssektoren (nach Branche, nach Unternehmen) (analog Motorfahrzeuge, mit Bonus/Malus für Zielerreichung). Basis ist eine Energieverbrauchsanalyse (Beispiel EVA<sup>48</sup>),
- Verpflichtung zur Erneuerung alter/ineffizienter elektrischer Anlagen nach einer Gebrauchsdauer von 20 Jahren (Vergleich Umweltschutzgesetz und Luftreinhalteverordnung: Verpflichtung zur Erneuerung bei alten Brennern/Kesseln mit zu hohen Abgaswerten innert Frist)
- Verpflichtendes Effizienzziel für EVU analog der europäischen Energieeffizienz-Richtlinie (z.B. 2% pro Jahr).

### Bausteine eines Förderprogramms EntEIEff

Nachfolgende Bausteine für ein Programm EntEIEff stützen sich auf die Überlegungen zu einem möglichst wirksamen Programm (vgl. vorangehende Ausführungen) sowie auf Erkenntnisse zu bestehenden Massnahmen im In- und Ausland.

Im Hinblick auf ein möglichst wirksames Förderprogramm EntEIEff ist ein «Standard»-Förderprogramm für effiziente Antriebssysteme aus unserer Sicht notwendig, jedoch nicht ausreichend. Wir schlagen insgesamt vier Bausteine vor (vgl. Abbildung 9):

- **Baustein 1:** «Standard» Förderprogramm für Antriebssysteme als Fortführung und Verbesserung der bisherigen ProKilowatt-Programme.

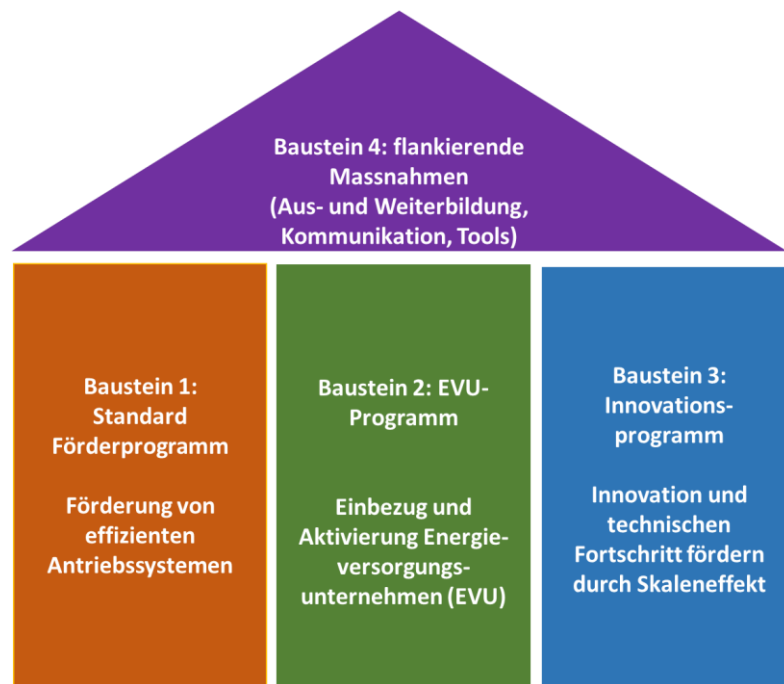
<sup>46</sup> Vgl. Kapitel 2.2

<sup>47</sup> Vgl. [Richtlinie 2012/27/EU](#).

<sup>48</sup> EVA Tool: In aller Regel wird für eine Betriebsstätte eine Verminderung des Energieverbrauchs um 15 Prozent angestrebt. Die anzustrebende Reduktion kann in zu begründenden Fällen jedoch geringer sein als 15 Prozent, z.B. weil nicht ausreichend wirtschaftlich zumutbare Massnahmen identifiziert werden können, weil beispielsweise in den vergangenen fünf Jahren bereits Massnahmen ergriffen wurden, die massgebliche Energieeinsparungen bewirkt haben und die über das vom Gesetz verlangte hinausgingen.

- **Baustein 2:** Neues EVU-Programm zum Einbezug und zur Aktivierung von EVU. Dieser Baustein soll eine bisher weniger aktive und wichtige Gruppe von Stakeholdern, die Energieversorgungsunternehmen, als Hauptakteure in das neue Programm mit einbeziehen.
- **Baustein 3:** Neues Innovationsprogramm, das die Förderung der Innovation durch ein Beschaffungsprogramm auf der Anbieterseite (Hersteller) vorsieht.
- **Baustein 4:** Umfassendes Programm flankierender Massnahmen (Aus- und Weiterbildung, Kommunikation, Tools), übergreifend und koordiniert in Abstimmung mit bestehenden Programmen und Massnahmen (z.B. ProAnalySys, SEEMS, PEIK).

Abbildung 9: Mögliche Bausteine eines Förderprogramms EntEIEff



Grafik INFRAS und Impact Energy.

Die Bausteine können einzeln oder kombiniert umgesetzt werden. Im Hinblick auf eine möglichst hohe Wirksamkeit empfehlen wir eine kombinierte Umsetzung. In Absprache mit dem BFE soll sich das Umsetzungskonzept für ein allfälliges Programm EntEIEff vorerst auf die Bausteine 1 «Standard-Förderprogramm» und 4 «Flankierende Massnahmen» beschränken. Hauptgrund, weshalb die Bausteine 2 «EVU-Programm» und 3 «Innovationsprogramm» im jetzigen Zeitpunkt nicht weiterverfolgt und vertieft werden sollen, sind gemäss BFE die zum Teil fehlenden gesetzlichen Grundlagen und mangelnde inländische Erfahrungen.

In nachfolgenden Umsetzungskonzept werden die Bausteine 1 «Standard-Förderprogramm» und 4 «Flankierende Massnahmen» in ein Programm EntEIEff integriert und konkretisiert. Im Annex A3 finden sich weiterführende Überlegungen zu den Bausteinen 2 EVU-Programm» und 3 «Innovationsprogramm».

## 4. Umsetzungskonzept eines Programms EntEIEff

Nachfolgendes Umsetzungskonzept konkretisiert die Förderung effizienter elektrischer Antriebe in Unternehmen durch ein Programm EntEIEff. Im ersten Schritt werden die Ziele und die Herausforderungen des Programms beschrieben (vgl. Kapitel 4.1). Dabei wird insbesondere auch aufgezeigt, wie die erfolgskritischen Herausforderungen angegangen werden können. Im zweiten Schritt konkretisieren wir die Förderparameter des Programms (vgl. Kapitel 4.2). Wir schlagen vor, was (Fördergegenstände und -kriterien), wie (Fördermodell und -höhe) gefördert werden soll. Beim Fördermodell und der -höhe schlagen wir verschiedene Möglichkeiten vor. In den weiteren Schritten präzisieren wir, wie die Förderung umgesetzt werden kann (vgl. Kapitel 4.3) und welche flankierenden Massnahmen erforderlich sind (vgl. Kapitel 4.4).

### 4.1. Ziele und Herausforderungen

#### Ziele

Das Förderprogramm EntEIEff soll bezüglich Wirksamkeit und Reichweite optimiert bzw. ausgebaut werden, um innert nützlicher Zeit höhere Einsparungen an Elektrizität zu erzielen. Die Ansätze und Erfahrungen von ProKilowatt-Programmen, die sich bewährt haben, sollen in ein Förderprogramm EntEIEff integriert werden. Im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen sollen die finanziellen, zeitlichen und vorgabenbezogenen Rahmenbedingungen für die Unternehmen attraktiver ausgestaltet werden.

Ziel des Förderprogramms EntEIEff ist es, im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen wesentlich höhere Wirkungen bzw. eine deutlich höhere Ausschöpfung des identifizierten Effizienzpotenzials elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen zu erzielen. Dazu sind erstens wesentlich mehr Unternehmen, die über elektrische Antriebssysteme verfügen, mit dem Förderangebot zu erreichen. Diese Unternehmen müssen zweitens mehr und tiefgreifendere Effizienzmassnahmen (v.a. auf der Systemebene) umsetzen. Neben dem grossen Potenzial beim (teilweise vorzeitigen<sup>49</sup>) Ersatz bestehender Anlagen sollte auch die Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von neuen elektrischen Antriebssystemen (z.B. bei Produktionsveränderungen) gefördert werden. Ziel ist, dass neue Anlagen die geltenden «Mindestanforderungen» an die Energieeffizienz übertreffen und wirtschaftlich optimale Effizienztechnologie eingesetzt wird.

---

<sup>49</sup> Erfahrungsgemäss werden bei industriellen Anlagen viele Maschinen länger als ihre vorgesehene technische Nutzungsdauer betrieben und damit effizienzorientierte Verbesserungen verpasst. Zudem können teilweise Anlagen mit schlechter Effizienz auch wirtschaftlich und ökologisch bedenkenlos bereits vor dem Ende der technischen Nutzungsdauer durch neue «State of the Art» Anlagen ersetzt werden.

## Herausforderungen und Lösungsansätze

Im Hinblick auf das Ziel des Förderprogramms EntEIEff, eine deutlich höhere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen zu erzielen, bestehen drei erfolgskritische Herausforderungen.

### 1. Zugang zu den Unternehmen ausbauen

Die Erfahrungen der ProKilowatt-Programme zeigen, dass der Zugang zu den Unternehmen ein zentraler Erfolgsfaktor der Förderung effizienter elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen ist (vgl. Kapitel 2.2). Da sich die Unternehmen bis jetzt grösstenteils aus rein ökonomischen Gründen<sup>50</sup> wenig für Effizienzmassnahmen und entsprechende Förderprogramme interessiert haben, spielen der Zugang und der Kontakt zu Unternehmen über etablierte und bewährte Kanäle eine entscheidende Rolle. Dieser Kontakt sollte auf Vertrauen basieren, kontinuierlich erfolgen und möglichst in einen Energiemanagement-Prozess eingebunden sein. Zudem sollten die EnergieberaterInnen einen ausreichenden Anreiz haben, die Unternehmen spezifisch im grössten elektrischen Verbrauchssegment zu Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen zu motivieren und zu beraten, u.a. weil sie diese Massnahmen auch selbst umsetzen können.

Um mit dem Förderprogramm EnEIEff deutlich mehr Unternehmen zu erreichen, sollte der Zugang zu den Unternehmen ausgebaut werden. Dazu schlagen wir folgenden Lösungsansatz vor:

- Erstens erachten wir es als wichtig, dass die bisher von den ProKilowatt-Programmen erfolgreich genutzten Zugänge auch im Programm EntEIEff weiterhin zum Tragen kommen. Dies betrifft insbesondere die Zugänge über Installateure, Planer und Hersteller sowie EnergieberaterInnen von Energieagenturen. Dies bedeutet, dass das Programm EntEIEff für die bereits bisher aktiven EnergieberaterInnen offen sein soll und diese sich an dessen Umsetzung beteiligen dürfen. Dafür sollte das Programm EntEIEff für die BeraterInnen<sup>51</sup> genügend attraktiv sein und möglichst gut akzeptiert werden können. Es sollte auf gleichzeitige ProKilowatt-Programme zur Förderung von effizienten elektrischen Antriebssystemen verzichtet werden. Damit soll eine Konkurrenzsituation um die Zugänge zu Unternehmen verhindert werden und unterstützt werden, dass die bisher erfolgreich genutzten Zugänge auch im Programm EntEIEff zum Tragen kommen. Diesbezüglich ist es von Vorteil, wenn das Programm EntEIEff auch von den Trägerschaften der relevanten ProKilowatt-Programme akzeptiert und unterstützt wird.

<sup>50</sup> Die Kosten der elektrischen Energie waren bis jetzt in vielen Unternehmen in der Industrie und besonders auch im Dienstleistungsbereich mit nur 1% bis 3% des Umsatzes tief.

<sup>51</sup> Definition der BeraterInnen siehe Kapitel 2.2, Fussnote 31.

- Zweitens sollten die bisher genutzten Kanäle ausgebaut werden. Zum einen sehen wir ein grosses Potenzial, zusätzliche Installateure, Planer und Hersteller mit Kontakten zu Unternehmen für eine Mitarbeit im Programm EntEIEff zu gewinnen. Diese Akteure haben ein Eigeninteresse, dass die Unternehmen Effizienzmassnahmen umsetzen. Um sie zusätzlich zu motivieren, sollte ein Teil ihres Kontakt-, Motivierungs- und Beratungsaufwands durch einen pauschalen Förderbeitrag gedeckt werden. Zum anderen zeigt sich, dass die EnergieberaterInnen von EnAW und act die Unternehmen betreffend effiziente Antriebssysteme unterschiedlich aktiv informieren, motivieren und beraten. Das Potenzial dieses Zugangs könnte ausgebaut werden.
- Drittens sollten Zugänge zur Vielzahl der Unternehmen, die bisher ProKilowatt-Programme noch kaum genutzt haben, in das Programm EntEIEff eingebunden werden. Insbesondere sollten auch die Energieversorgungsunternehmen (EVU) für die Beteiligung an der Umsetzung des Förderprogramms gewonnen werden. Die EVU haben einen etablierten und direkten Kontakt zu den von ihnen versorgten Unternehmen, verfügen über Daten zum Stromverbrauch und Lastgang der Unternehmen und haben teilweise eigene Fachkompetenz sowie Beratungs- und Unterstützungsangebote zu elektrischen Antriebssystemen. Zudem könnten sie aus strategischen Gründen interessiert sein, die Energieeffizienz von Unternehmen insbesondere zu versorgungskritischen Zeiten (Winter) zu erhöhen, u.a. auch mit eigenen Angeboten (Information und Beratung, Förderung, evtl. Tarifierung).
- Viertens sollen Gemeinden (insbesondere Städte) und Kantone dazu motiviert werden, nicht nur ihre eigenen Bauten und Anlagen energetisch zu optimieren, sondern auch durch Kontakte in ihrem Hoheitsbereich Unternehmen und BeraterInnen dazu einladen, entsprechende elektrische Verbesserungsmassnahmen zu initiieren und umzusetzen. Insbesondere grosse oder strategisch wichtige Unternehmen der Kantone und Gemeinden können direkt angesprochen und an geeignete BeraterInnen verwiesen und auf Förderprogramme des Bundes aufmerksam gemacht werden. Viele Gemeinden und Kantone haben eigene energetische Sanierungsprogramme für Gebäude, die ohne grossen Aufwand um die Thematik der elektrischen Antriebssysteme erweitert werden können.

## **2. Fachkompetenz ausbauen und Qualifizierung sicherstellen**

Genügend und ausreichend qualifizierte Fachleute sind ein zweiter zentraler Erfolgsfaktor für das Programm EntEIEff. Die Erfahrungen der ProKilowatt-Programme zeigen, dass die fachliche Kompetenz der BeraterInnen bereits heute ein limitierender Faktor für einen Ausbau der Programme ist. Zum einen fehlt es an spezifischen Fachkenntnissen zu elektrischen Antriebssystemen (inkl. Durchführen einer Grobanalyse). Zum anderen mangelt es an Spezialisten, die Feinanalysen zu elektrischen Antriebssystemen durchführen, resp. entsprechende Sanierungsmass-

nahmen umsetzen können. Neben der Sicherstellung des Zugangs zu den Unternehmen ist der Ausbau der Fachkompetenz für das Programm EntEIEff ebenfalls ein erfolgskritischer Faktor. Die Energieeffizienzziele des Programms EntEIEff können nur erreicht werden, wenn die fachlichen Kompetenzen zur Beratung von Unternehmen, zur Durchführung von Analysen und allenfalls zur Begleitung der Umsetzung der Effizienzmassnahmen deutlich ausgebaut werden. Dazu schlagen wir folgenden Lösungsansatz vor:

- Erstens gilt es, die an der Umsetzung der bisherigen ProKilowatt-Programme beteiligten Fachleute für das Programm EntEIEff zu gewinnen. Damit können die bereits bestehenden Kompetenzen und Erfahrungen in das Programm eingebunden werden.
- Zweitens braucht es eine Aus- und Weiterbildungsoffensive für Fachleute zu elektrischen Antriebssystemen, das von den entsprechenden Instituten für mechanische und elektrische Maschinen der Hochschulen entwickelt und durchgeführt und auf Bundesebene koordiniert wird. Es sollten deutlich mehr Fachleute für die Durchführung von (Grob- und Fein-) Analysen, die Beratung zu Effizienzmassnahmen und die Begleitung der Umsetzung qualifiziert werden. Um die Anreize für die Fachleute zu erhöhen, sollte die Teilnahme an Aus- und Weiterbildungsangeboten finanziell unterstützt werden.
- Drittens sind die Fachleute, die sich als Beratende an der Umsetzung des Programms EntEIEff beteiligen möchten, spezifisch zu schulen (z.B. Vorgaben des Programms, Anwendung von Tools, etc.).
- Viertens empfehlen wir ein Akkreditierungssystem von Fachleuten, die sich für die Beteiligung an der Umsetzung des Programms EntEIEff interessieren. Bei der Akkreditierung sollten Grundkompetenzen (inkl. Grobanalyse), bei Interesse weitergehende Kompetenzen (z.B. Durchführung von Feinanalysen) und spezifische Kenntnisse zur Umsetzung des Programms EntEIEff belegt bzw. geprüft werden. Denkbar ist nach der Absolvierung eines Kurses die Verleihung eines "Fähigkeitsausweises effiziente Antriebssysteme".

### ***3. Programmausgestaltung, die auf eine möglichst hohe Wirksamkeit fokussiert***

Um eine deutlich höhere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen zu erzielen, sollte die Ausgestaltung des Programms EntEIEff vor allem auf eine möglichst hohe Wirksamkeit ausgerichtet sein. Die Erfahrungen mit den ProKilowatt-Programmen weisen auf folgende Ansatzpunkte hin (vgl. Kapitel 2.2):

- Erstens sollte das Programm EntEIEff einen möglichst hohen Anteil des Effizienzpotenzials adressieren. Daraus folgt, dass das Programm mindestens die relevantesten Technologien/Anwendungen von elektrischen Antriebssystemen und insbesondere auch deren Abstimmung in einem Gesamtsystem abdecken sollte.



- Zweitens sollte das Programm EntEIEff die bisherigen ProKilowatt-Programme ersetzen, um die auf die Förderung elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen abzielenden Elemente themenzentriert wirksam und effizient umzusetzen. Durch den Verzicht auf diese Programme kann der sog. «Förderdschungel» reduziert und die Unternehmen themengerecht besser erreicht werden. Denkbar ist, dass andere elektrische Verbraucher eines Unternehmens (v.a. Beleuchtung, IKT) über ProKilowatt-Programme gefördert werden, die in der Umsetzung auf das Programm EntEIEff abgestimmt sind und damit Synergien genutzt werden können.
- Drittens soll das Programm EntEIEff aus Sicht der Unternehmen und der umsetzenden Fachleute möglichst «einfach» ausgestaltet werden. Durch eine einfache Ausgestaltung des Programms (u.a. Förderbedingungen und -modell, Online-Anmeldung, Bearbeitung und Abwicklung, sowie persönliche Begleitung bei Grossprojekten) und dessen Umsetzung (u.a. Anforderungen an Projekte der Unternehmen) sollen die «Eintrittsbarrieren» für die Unternehmen sowie die Beratenden möglichst tief gehalten werden. Dabei ist der «trade-off» zwischen einem möglichst einfachen und einem aus Wirkungssicht angemessen differenzierten Programm zu berücksichtigen.
- Viertens sind die Vorgaben des Programms EntEIEff für die zu fördernden Effizienzprojekte der Unternehmen im Vergleich zu ProKilowatt so zu konzipieren, dass sie die Wirksamkeit des Programms stärker unterstützen bzw. weniger einschränken. Die vom BFE für das Programm EntEIEff angenommene Laufzeit (10 und mehr Jahre) und die zusätzlich einsetzbaren Fördermittel (bisher nicht ausgeschöpfte Fördermittel von ProKilowatt von ca. CHF 10–15 Mio. pro Jahr) unterstützen die Wirksamkeit des Programms im Vergleich zu den Rahmenbedingungen der ProKilowatt-Programme bereits deutlich stärker. Die folgenden Vorschläge zur Optimierung der quantitativen Vorgaben sollten im Einzelnen diskutiert und mit dem BFE abgestimmt werden:
  - Die Grenze der förderfähigen Investitionen pro Unternehmen (bzw. «EndkundIn») sollte auf maximal CHF 3 Mio. angehoben werden (bei einem Förderanteil von 30% ergibt dies einen max. Förderbeitrag pro Unternehmen von CHF 0.9 Mio.).
  - Die max. Förderbeträge für Analysen (Erweiterung der Fördermöglichkeiten im Vergleich zu ProKilowatt).
- Fünftens bestätigen die Erfahrungen der ProKilowatt-Programme, dass die Bekanntheit der Förderprogramme bei den Unternehmen ein wichtiger Erfolgsfaktor ist. Die Leistungen von bekannten Programmen werden vergleichsweise stärker nachgefragt. Entsprechend muss beim Programm EntEIEff v.a. zu Beginn viel in die nationale Kommunikation in drei Sprachen investiert werden, um das Programm bei Unternehmen und Fachleuten bekannt zu machen.

## 4.2. Förderparameter

### Adressaten

Die geplante Erhöhung der Wirkung von EntEIEff erfordert:

- Eine Ausweitung der Förderung durch den Einbezug spezifischer Zielgruppen
- Eine Vertiefung der Analyse und Umsetzung zur Vermeidung der Beschränkung auf «low hanging fruits»
- Eine Verbesserung der Förderbedingungen (vgl. Kapitel 4.1) und der -abwicklung zur Erleichterung des Zugangs von Interessierten
- Den verstärkten Einbezug von BeraterInnen zur Erleichterung des Zugangs zu Unternehmen.

Die **Endkundschaft**, die die Fördermittel letztlich erhält, besteht hauptsächlich aus Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, KMU und grösseren Unternehmen. Zusätzlich sind auch analoge Anlagen mit Antriebssystemen interessant, die im landwirtschaftlichen Bereich, resp. in grossen Wohnsiedlungen und bei gemischten Wohn- und Geschäftsgebäuden vorkommen. Die Anlagen können im Privatbesitz oder in öffentlichen Institutionen des Bundes, der Kantone oder von Gemeinden sein. Der effiziente Einsatz der Fördermittel von EntEIEff erfordert eine Konzentration auf umsetzungswillige mittlere und grössere Unternehmen mit einem Bestand von mittleren und grösseren Anlagen.

Typische grosse und für Effizienzverbesserungen geeignete Elektrizitätsverbraucher sind elektrische Anlagen in den entsprechenden Unternehmen (vgl. Tabelle 9):

**Tabelle 9: Adressatenkreis der Förderung**

Adressatenkreise	Beispiele von relevanten Branchen und Anlagen sowie weiteren Akteuren
A. Dienstleistungssektor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gesundheits- und Sozialbereich (Spitäler, Alters- und Pflegeheime, Kollektivhaushalte, Gefängnisse)</li> <li>▪ Gross- und Detailhandel (Warenhäuser, Einkaufszentren und Supermärkte, Verteilzentren und Lagerhallen)</li> <li>▪ Informatikzentren (mittlere und grosse Rechenzentren mit ihren Kälte- und Lüftungsanlagen)</li> <li>▪ Weitere</li> </ul>
B. Industriegewerbe	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nahrungsmittel (grosse Getränke-, Backwaren-, Fleisch- und Wurstwaren- sowie Milchprodukteherstellung, Nahrungsmittelverarbeitung und -konservierung)</li> <li>▪ Maschinenindustrie (Maschinenbau, Förderanlagenbau, Metallbearbeitung mit Pressen, Biegen, Stanzen, Schmelzen und Formen)</li> <li>▪ Chemische und pharmazeutische Industrie (mechanische und thermische Anlagen)</li> <li>▪ Zementindustrie (Förder- und Brennanlagen, Abfüllanlagen)</li> <li>▪ Bauindustrie (Bauteilherstellung, Transport- und Hubanlagen, temporäre Wärmezufuhr und Trocknung)</li> </ul>

Adressatenkreise	Beispiele von relevanten Branchen und Anlagen sowie weiteren Akteuren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Infrastrukturanlagen (Telekomanlagen, Fernwärme- und -kälte, Wasserversorgung und Abwasserreinigung, Recycling und Kehrriechanlagen)</li> <li>▪ Gewerbliche Wasch-, Trocknungs-, Kühlanlagen</li> <li>▪ Weitere</li> </ul>
C. Verschiedene Branchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Landwirtschaftlicher Bereich (stationäre und mobile Anlagen zur Trocknung, Belüftung, Entfeuchtung, Kühlung, Verteilung, Bewässerung)</li> <li>▪ Grosse Wohnsiedlungen: Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Sanitär- und Elektro-Anlagen (HLKSE)</li> <li>▪ Gemischte Wohn- und Geschäftsgebäude (HLKSE-Anlagen)</li> <li>▪ Weitere</li> </ul>
D. Weitere BeraterInnen und MultiplikatorInnen	<p>Neu kommen als weitere mögliche BeraterInnen neben den bisherigen Akteuren (Energieberater, Industriebereiter, Produkte- und Systemanbieter) zur Erleichterung der Aktivierung von Unternehmen neu auch folgende Akteure dazu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energieversorgungsunternehmen (EVU) mit ihren spezialisierten Effizienzteams und dem durch die Versorgung gegebenen direktem Kundenzugang</li> <li>▪ Energy Service Companies (ESCOs), die im Wesentlichen durch Energieeinsparungen honoriert werden können</li> <li>▪ Fachorganisationen, Verbände mit systemzentrierten Kampagnen</li> <li>▪ Gemeinden (Städte) und Kantone mit bisher meistens gebäudezentrierten Energieprogrammen</li> <li>▪ Weitere</li> </ul>

Tabelle INFRAS und Impact Energy

**Begründung:** Die Ausweitung des Kreises der Adressaten als EndverbraucherIn und BeraterInnen/MultiplikatorInnen dient der Möglichkeit, die neue Antriebstechnik in einem weiteren Kreis zur Energieeinsparung nutzbar zu machen. Wichtig ist dabei zu klären, ob diese neuen Adressaten tatsächlich (mit dem Aufbau eines entsprechenden Kommunikationsnetzes) willens und in der Lage sind, einen besseren und schnelleren Zugang zu erzielen und damit die Chancen erfolgreicher Umsetzungen und Energieeinsparungen zu erhöhen.

### Fördergegenstände und -kriterien

Zur Verbesserung der Wirkung von EntEIEff ist eine grosszügige Ausweitung der Fördergegenstände sinnvoll. Neben der Sanierung bestehender Anlagen sollen zusätzlich auch Neuanlagen, Erweiterungen, etc. förderberechtigt werden. Elektromotoren und elektrische Antriebssysteme sind oft über mehrere Jahrzehnte im Betrieb. Falls bei der Neubeschaffung nicht ein optimiertes System eingesetzt wird, bedeutet das verpasste Einsparmöglichkeiten, die dann über Jahrzehnte so bestehen bleiben. Für Neuanlagen ist ein spezielles Vergleichsverfahren (Standardlösung vs. optimierte Variante) unter Einbezug der tiefsten Lebenszykluskosten anzubieten.

Wir schlagen die erneute Prüfung der bisherigen Abgrenzung von Spezialthemen in anderen Programmen vor, resp. der Ausschluss der Förderung durch ProKilowatt, bei denen bisher Antriebssysteme und deren Optimierung nicht im Vordergrund standen:

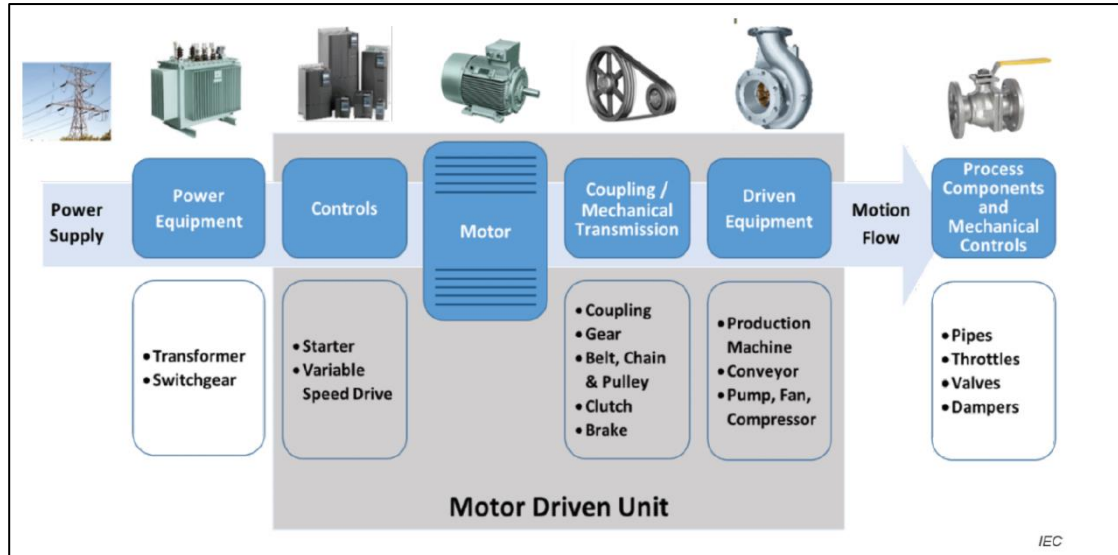
- Wärmepumpen: Optimierung Jahresleistungsziffer, lastabhängige Regelung, Minimierung Hilfsenergien (Pumpen, Ventilatoren)
- ARA, KVA, WV: Minimierung Elektrizitätsbezug für Pumpen, Ventilatoren, Filter- und Transportanlagen) und Optimierung Eigenerzeugung
- Kleinventilatoren: Anwendung in einzelnen Betrieben in grossen Stückzahlen
- Gewerbliche Kühl-, Wasch- und Trocknungsanlagen.

Auch muss die Möglichkeit des Einbezugs von einfachen Ko-Finanzierungsmöglichkeiten (z.B. mit kommunalen und kantonalen Förderprogrammen) bei grösseren Projekten erleichtert werden.

#### «Hardware»

Grundsätzlich können alle Einsparungen von elektrischer Energie in einem Betrieb unter «Hardware» betrachtet werden.

Abbildung 10: Antriebssystem mit den wichtigsten Komponenten



Quelle: IEC 60034-31

Die klassischen elektrischen Antriebssysteme und ihre Komponenten bei Industrieanlagen sind (vgl. Abbildung 10):

- Elektrische Speisung mit Transformator, Blindstromkompensation, unterbruchsfreier Stromversorgung, Eigenerzeugungs- und Notstromanlagen
- Frequenzumrichter zur lastabhängigen Regelung und Drehzahlveränderung

- Motor zur Umwandlung von elektrischem Strom in mechanische Drehbewegung
- Getriebe zur konstanten Drehzahlveränderung
- Transmission zur Kraftübertragung und konstanter Drehzahlveränderung
- Mechanische Anwendungen in Pumpen, Ventilatoren, Druckluft- und Kältekompressoren, Förder- und Prozessanlagen
- Verteilsysteme in Wasserleitungen und Luftkanälen
- Drosseln, Bypässe, Klappen.

Neu kommen auch elektronische Elemente zur verbesserten Messung, Steuerung, Regelung, sowie Sensoren zur dezentralen und zentralen Online-Überwachung und -Optimierung dazu.

Aus energetischen (möglichst hoher Sparbeitrag) und aus ökonomischen Gründen (Minimierung der Transaktionskosten und Hochhaltung der Fördereffizienz) stehen einige Anlage- und Massnahmentypen im Fokus:

- **Anlagen mit einem Mindestverbrauch**, d.h. einzelne Maschinen (oder Gruppen) mit mehr als 10 MWh/a bei jährlichen Stromkosten von CHF 2'000 (entsprechend z.B. 2 kW mittlere elektrische Leistung während 5'000 h/a Betriebsstunden, oder 5 kW mittlere elektrische Leistung während 2'000 h/a Betriebsstunden)
- **Grössere Betriebe**, d.h. Unternehmen mit mehr als 500 MWh/a Stromverbrauch (jährliche Stromkosten rund 100'000)
- **Alte Anlagen**, d.h. bestehende kleinere Antriebssysteme (< 10 kW) älter als 10 Jahre oder grössere Antriebssysteme (≥ 10 kW) älter als 15 Jahre
- **Spezialisierte Einzelmassnahmen in grosser Anzahl**, z.B. Ersatz Keilriemen, Einsatz FU, Umbau Kleinmotoren bei Transportanlagen, Abluft-/Zuluftanlagen und Umwälzpumpen, gezielte Elimination von IE0-, IE1- und IE2-Motoren, alle Maschinen mit mehr als 2'000 Betriebsstunden pro Jahr, etc.
- **Typische Massnahmen** mit hohem Einsparpotenzial und guter Wirtschaftlichkeit, z.B.:
  - Betrieb ohne Nutzen (BoN) und Standby eliminieren
  - Überprüfung und genaue Anpassung an den erforderlichen Prozess von Druck (Druckluftkompressoren), Temperatur (Kältekompressoren, Wärmepumpen), Volumenstrom bzw. Förderhöhe und -Menge (Pumpen, Ventilatoren)
  - Komponentenersatz durch effizienteste Komponenten (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren), besser als Mindestanforderungen
  - Optimierung der Anlage auf den häufigen Betriebsbereich (Drehzahl und Drehmoment) entsprechend dem Prozess
  - Einsatz von Transmissionen (Riemen, Getriebe) vermeiden und durch Direktantrieb ersetzen

- Motorenersatz: die Redimensionierung von Motoren beim Motorenersatz soll belohnt werden (siehe Tabelle 11).
- **Ganze Betriebe:** Nachdem in einem Betrieb der vertrauenswürdige fachliche Zugang erfolgt ist, sollen alle wesentlichen elektrischen Verbraucher untersucht und nach ökonomischen Effizienzkriterien (Payback oder tiefste Lebenszykluskosten LLCC) zur Umsetzung ausgewählt, resp. priorisiert werden und ein mehrjähriger Investitionsplan erarbeitet werden.

**Begründung:** Die Auswahl der Fokusthemen zielt auf eine Kosten-/Nutzenoptimierung. Die Transaktionskosten machen bei wenigen und kleinen Anlagen einen bedeutenden «unproduktiven» Kostenanteil aus, der die Fördereffizienz vermindert. Die Konzentration auf ältere (abgeschriebene), grössere, mehrfach vorhandene Anlagen und ganze Betriebe ermöglicht eine systematische Analyse und Bewertung nach Effizienzkriterien. Die Auswahl ermöglicht auch, rasch zielgerichtet Interventionen mit Bugwelleneffekt umzusetzen, d.h. ein positives Erstergebnis ermutigt ein Unternehmen für weitergehende systematische Untersuchungen, Investitionen und Umsetzungen.

Für die Förderung der Hardware empfehlen wir die folgenden **Kriterien:**

- Kriterien bei Neubeschaffung: Lebenszykluskostenanalyse (LCA) mit Variantenvergleich muss vorliegen (Basisvariante: genügt den gesetzlichen Mindestanforderungen, effiziente Variante: über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus Einsatz «Best Available Technology»-Komponenten, Systemoptimierung, Lastregelung)
- Kriterien bei Ersatzanlagen: Grobanalyse, Feinanalyse bei Investitionen über CHF 50'000 pro Anlage
- Vorgaben zur Payback-Frist: min. 3 (bis 4) Jahre der Massnahmen (in Abstimmung auf die Vorgaben für die Zielvereinbarungen mit Unternehmen)
- Max. Fördereffizienz (z.B. 8 Rp./kWh) für Ganzjahresstrom
- Spezielle Bedingungen für Winterstrom: z.B. 16 Rp./kWh.

#### **«Soft Measures»**

Grosse, komplexe, industrielle und festeingebaute Maschinen mit Investitionskosten häufig im Bereich von CHF 10'000 bis CHF 100'000 können nicht (wie beim Ersatz eines standardisierten Haushaltgerätes am Stecker) mit einfachen Grobabschätzungen ersetzt und energetisch verbessert werden. Sie erfordern eine seriöse ingenieurmässige Vorabklärung zur Bestimmung der Eignung und der Wahl des Vorgehens, resp. der Systemdefinition.

Für die Optimierung sind gute Betriebsdaten nötig:

- Im Ist-Zustand sind kurz- und mittelfristige Messungen beim Start und im Betrieb sowie Beobachtungen, Studium von Störungsprotokollen und Produktionsausfällen, Befragung des Betriebspersonals, Auswertung von Produktionszyklen und Jahresdaten, etc. nötig, die auch für die ökonomische Optimierung im Soll-Zustand entscheidend wichtig sind.
- Betriebliche Klärungen über den Fortbestand einer Anlage und ihre tatsächliche zeitliche und mechanische Nutzung sind erforderlich zur Abklärung der Möglichkeit einer Redimensionierung und dem allfälligen Einsatz einer Lastregelung (siehe Abbildung 7 in Kapitel 3.3 zu den Elementen einer Bestandesaufnahme und einer Vorgehensstrategie).
- Für die standardmässige Berechnung der energetischen Wirkung und der Kostenschätzung sind einheitliche Vorgaben (heutige und erwartete künftige Energiepreise, Zinssätze, technische Nutzungsdauer, Teuerung von Material und Löhnen, etc.) und gute Berechnungstools zwingend nötig. Neben den Hardwarekosten sind die übrigen Kosten für momentane oder permanente Messungen im Ist- und Soll-Zustand, Grob- und Feinanalysen, Engineering zur Systemoptimierung, Demontage, Montage, Entsorgung, Programmierung der neuen Regelung, Anpassungen der Installation bei Redimensionierung, inkl. dem zusätzlichen internen Betriebsaufwand, etc. mit einzubeziehen. Die Kosten-/Nutzenanalyse basiert auf den gesamten Investitions- und Betriebskosten während der mutmasslichen Nutzungsdauer.
- Die Klärung der Anrechnung von Restwerten bei vorzeitigem Ersatz ist notwendig.
- Grobanalysen sollten für alle Massnahmen bei Antriebssystemen verpflichtend sein. Bei Investitionen über CHF 50'000 pro Anlage würden wir Feinanalysen verpflichtend vorschreiben. Das Ergebnis einer Feinanalyse soll klar den Ist- und Soll-Zustand definieren. Die standardisierten Anforderungen an Inhalt und Qualität der Analysen sind vorzugeben (siehe Abbildung 8 in Kapitel 3.3 zum Umfang einer Grob- und einer Feinanalyse).

«Soft Measures» beinhalten auch den Software-Einsatz für die energetische Verbesserung, z.B.:

- Analytische Modelle für das regelmässige und systematische Monitoring von Produktions-, Energie-, Wasserverbrauchs- und Kostendaten.
- Ausrüstung der Anlagen mit dispersen Sensoren zur regelmässigen drahtlosen Übermittlung von Betriebsdaten und deren zentrale Aufarbeitung in Prozessleit- und Optimierungssystemen.
- Tools zur Erfassung, Vergleich mit früheren Daten und Beurteilung diverser Parameter zur Effizienzverbesserung (Witterungs-, Prozess- und Betriebsdaten, Energiekosten im Tagesgang, etc.). Dies ist die Basis zur zuverlässigen Beobachtung des Energieverbrauchs von einzelnen Anlagen und eines ganzen Betriebes, der Vergleich zum Vorjahr, zur Vorwoche, zu einer analogen Produktionsmenge (Batch) erlaubt.

- Vorgehenstools zur Kontrolle des standardmässigen Ablaufs von den Erstkontakten, Erfassen der Betriebsdaten, Ist-Analyse, zur Anlagenauswahl, Optimierungsvorschlägen, Investitionsentscheid, Einsparungsprognose im Soll-Zustand, Umsetzungsbegleitung, reale Kosten und Energieverbrauchsdaten für Ist-/Soll-Vergleich, Förderbeitragsabrechnung und Abschlussprotokolle.

**Begründung:** Elektrische Antriebssysteme werden heute oft digital ausgerüstet und gesteuert. Moderne dezentrale Sensoren in Kombination mit anspruchsvollen Vergleichs- und Optimierungsprogrammen ermöglichen neben der klassischen Ausfallverminderung eine laufende Lastanpassung und Effizienzverbesserung. Zusätzlich sind die Entwicklung, der Einfluss und der Einsatz bei geeigneten Anlagen von neuartigen Regel- und Optimierungssystemen («Artificial Intelligence», «Fuzzy Logic», «Digital Twin», etc.) laufend zu prüfen. Der Einsatz diverser oben genannter standardisierter Tools zur Unterstützung der Systemoptimierung sind geeignete Hilfsmittel zur Erleichterung der Arbeit der Unternehmen und der EnergieberaterInnen.

## Förderbeiträge

### «Hardware»

Ein Unternehmen muss für den regelmässigen Unterhalt und die systematische Erneuerung seiner Anlagen selber zuständig sein und bleiben. Fördermittel sollen also im Wesentlichen nur für ausserordentliche, über die gesetzliche Mindestanforderungen hinausgehende Massnahmen mit Zusatzkosten und allenfalls für die Beschleunigung der Umsetzung durch eine vorzeitige Erneuerung von Anlagen verwendet werden. Die genaue Abgrenzung einer «normalen» Erneuerung und der «energetisch optimierten» Erneuerung mit Zusatzkosten ist schwierig. Allerdings ist bekannt (siehe Abbildung 19), dass viele Maschinen weit über die erwartete technische Nutzungsdauer hinaus im Betrieb bleiben. Damit bleiben Modernisierungen sowie eine verbesserte Anpassung an den aktuellen Bedarf aus und ein bedeutendes Effizienzpotential wird nicht ausgeschöpft.

### **Bedeutung aus energetischer Sicht**

Energetische Massnahmen können in verschiedener Intensität durchgeführt werden: kleine Sofortmassnahmen, mittelfristige Erneuerungen (im Rahmen der regelmässig notwendigen technischen Erneuerung) und Gesamtsystemoptimierungen:

- Bei **kleinen Sofortmassnahmen** wird von einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis und elektrische Energieeinsparungen von etwa 5% bis 10% ausgegangen. Es sind keine komplexen Abklärungen vorher und nachher nötig, Der Einbau kann in kurzer Zeit u.U. durch eigenes Be-



triebspersonal und ohne wesentliche Betriebsstörung erfolgen. Beispiel Lüftungsanlage: Ersatz Keilriemen durch Flachriemen.

- Bei **mittelfristigen Erneuerungen** wird von einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis und elektrischen Energieeinsparungen von etwa 10% bis 30% ausgegangen. Es sind qualifizierte Abklärungen vorher und nachher nötig, und es ist mit einem kürzeren Betriebsunterbruch zu rechnen. Beispiel Pumpenanlage: Ersatz Elektromotor.
- Bei **Gesamtsystemoptimierungen** sind zuerst umfangreiche Messungen und Beobachtungen im Betrieb, dann ingenieurmässige Berechnungen und Optimierungen sowie Offertanfragen bei Lieferanten nötig. Der Umbau erfordert einen geplanten Betriebsunterbruch und u.U. grössere Investitionen. Die Anlagenerneuerung erfordert den Einbezug aller wesentlichen Komponenten und kann zu einem sehr guten Kosten-Nutzen-Verhältnis, zu elektrischen Energieeinsparungen von etwa 30% bis über 70% und geringeren Betriebskosten führen. Beispiel Druckluftanlage: Verbesserung Druckluftnetz, Ersatz Kompressor und Elektromotor, Einbau eines Frequenzumrichters für lastabhängigen Betrieb.

Energetisch bedeutet dies, dass bei einer Gesamtsystemoptimierung rund 5 bis 10 mal mehr Energie eingespart werden kann als mit einer kleinen Sofortmassnahme, und immer noch mehr als rund doppelt so viel wie bei einer mittelfristigen Erneuerung. Dies bedeutet für ein Förderprogramm, dass insbesondere Gesamtsystemoptimierungen ins Auge gefasst werden müssen und Anreize für die beteiligten Unternehmen und EnergieberaterInnen geschaffen werden müssen, solche grossen Verbesserungen anzustreben.

#### **A Pauschalförderung**

Ohne eine explizite Ausscheidung der Zusatzkosten kann entsprechend der bisherigen Förderung von einem pauschalen Fördersatz von maximal 40% der Gesamtkosten einer energetischen Verbesserungsmassnahme ausgegangen werden. Wenn ein Unternehmen explizite die Zusatzkosten ausweist, können z.B. bis 80% der Zusatzkosten gefördert werden.

**Tabelle 10: Vergleich Pauschalförderung und Zusatzkostenförderung**

Gesamtinvestition (in CHF Mio.)	Davon Zusatzkosten (in %)	Pauschalförderung 30% (in CHF Mio.)	Förderung Zusatzkosten 80% (in CHF Mio.)
1.000	20%	0.300	0.160 (16%)
0.500	20%	0.150	0.080 (16%)
0.100	20%	0.030	0.016 (16%)
1.000	40%	0.300	0.320 (32%)
0.500	40%	0.150	0.160 (32%)
0.100	40%	0.030	0.032 (32%)

Tabelle INFRAS und Impact Energy.

Tabelle 10 zeigt einen Bereich von Investitionskosten von CHF 0.1 Mio. bis CHF 1.0 Mio. und von Zusatzkosten mit einem Anteil von 20% oder 40%. Die Auswertung zeigt beispielhaft, dass unter den genannten Annahmen bei tiefen effektiven Zusatzkosten von 20% die pauschale Förderung mit 30% stark überbezahlt (nötig wären nur 16%), dass andererseits bei hohen Zusatzkosten von 40% die Pauschalförderung mit 30% unterbezahlt (nötig wären 32%).

### **B Differenzierte Förderung**

Ohne einen Bonus werden bei einzelnen Anlagen eines Unternehmens häufig nur «low hanging fruits» analysiert und möglicherweise im Rahmen der Zielvereinbarung routinemässig oder verzögert abgehandelt. Es besteht für BeraterInnen und Unternehmen keinerlei Anreiz, nach höheren Einsparungen, insbesondere bei komplexen elektrischen Antriebssystemen, zu suchen. Im Gegenteil, die Angst der Unternehmen und der BeraterInnen vor analytischem Mehraufwand, vor erforderlichem komplexerem Know-how, höherem Zeitbedarf, höheren Gesamtinvestitionen, sowie das Tragen der Verantwortung, wenn etwas schlecht läuft und es z.B. zu einem Produktionsunterbruch kommt, etc. verhindern deren Durchführung, auch wenn grössere und wirtschaftliche Einsparung möglich sind.

Für speziell zielführende Anlagen, Unternehmen und Massnahmen ist eine **differenzierte Komponente der Förderung** anzustreben, um Folgendes zu fördern:

- die Verbesserung **grosser** einzelner Maschinen
- die **Redimensionierung** der zu verbessernden Anlagen
- die **Systemoptimierung** statt Komponentenersatz (je grösser die relative Einsparung, desto mehr muss in Richtung Systemoptimierung gearbeitet werden)
- mit **vertieften Analysen** die Umsetzung umfangreicherer Massnahmenpakete (statt «low hanging fruits»).

Als Basis wird ein fixer Fördersatz für Gesamtinvestitionen oder ausgewiesenen Zusatzinvestitionen unterstellt:

- von maximal 30% der gesamten Investitionskosten für verbesserte Technologien (min. CHF 30'000 und max. CHF 3 Mio. förderfähige Investitionskosten je Unternehmen), oder
- falls der Förderberechtigte das belegen kann und will, 80% für die ausgewiesenen Zusatzinvestitionen.

Zusätzlich schlagen wir die Prüfung folgender Komponenten des Fördersatzes in positiver wie auch negativer Richtung vor:

### ***B1 Förderung nach Investitionshöhe***

Damit soll ein ökonomischer Anreiz für grössere Investitionen mit erwartungsgemäss grösseren Einsparungen geschaffen werden:

- maximal 30% ± 10% der gesamten Investitionskosten je Massnahme:
  - die untere Bandbreite (Fördersatz von 20%) für kleine Investitionen zwischen CHF 10'000 und CHF 100'000
  - der reguläre Fördersatz (30%) für Investitionen zwischen CHF 100'000 und CHF 300'000
  - die obere Bandbreite (Fördersatz von 40%) für CHF 300'000 bis CHF 1 Mio.
- 80% ± 10% für ausgewiesene Zusatzinvestitionen:
  - die untere Bandbreite (Fördersatz von 70%) für kleine Investitionen zwischen CHF 10'000 und CHF 100'000
  - der reguläre Fördersatz (80%) für Investitionen zwischen CHF 100'000 und CHF 300'000
  - die obere Bandbreite (Fördersatz von 90%) für CHF 300'000 bis CHF 1 Mio.

## B2 Beim reinen Motorenersatz

Für die Förderung der Massnahme des einfachen Motorenersatzes schlagen wir folgenden Fördermechanismus zur Vermeidung von Überdimensionierung vor:

**Tabelle 11: Beispiel für die Berechnung des Förderbeitrags beim Motorenersatz** (kursiv): Standardwerte als Grundlagen der Berechnung)

Alter Motor [kW]	Neuer Motor [kW]	Redimensionierung	Formel	Faktor Förderung <i>0.75</i>	Fördersatz <i>20%</i>
100	100	100%	$100/100*0.75=$	0.75	15%
	75	75%	$100/75*0.75=$	1.0	20%
	50	50%	$100/50*0.5=$	1.5	30%

**Erklärung:** Im Beispiel in der Tabelle gibt es einen alten Motor mit 100 kW Nennleistung. Es wird von einem Standardfaktor der Förderung von 0.75 und einem Standardfördersatz von 20% ausgegangen. Falls der neue Motor die gleiche Nennleistung hat, wird der anwendbare Fördersatz mit 0.75 angerechnet:  $0.75 * 20\% = 15\%$ . Falls es zu einer Redimensionierung kommt, wird diese proportional angerechnet und der Fördersatz entsprechend erhöht, z.B. bei einer neuen Nennleistung von 50 kW:  $100 \text{ kW} / 50 \text{ kW} * 0.75 * 20\% = 30\%$ . Falls die Nennleistung des neuen Motors grösser ist, als diejenige des alten Motors, gibt es keine Förderung. Ausnahme: falls eine plausible Begründung vorliegt, in dem Fall gilt der Standardfördersatz mit dem Standardfaktor  $0.75 * 20\% = 15\%$ .

Tabelle INFRAS und Impact Energy

## B3 Systemoptimierung

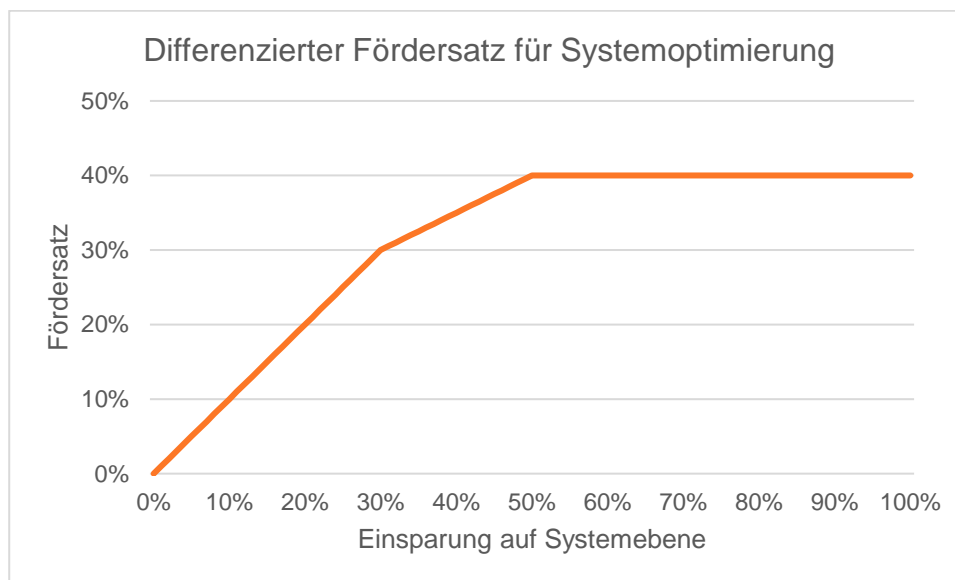
Förderung der mit umfangreicheren Untersuchungen verbundenen Systemoptimierung **einer ganzen Anlage** (eines Antriebssystems):

- (i) Die Förderung der Massnahme Motorenersatz soll gemäss dem Mechanismus in Tabelle 11, mit einem Standardfördersatz von 20% und Anwendung des Faktors von 0.75 für den Einbezug der Redimensionierung vorgenommen werden.
- (ii) Für alle weiteren Massnahmen (bei Optimierung von bestehenden Antriebssystemen, inkl. der Grob- und Feinanalyse der Anlage z.B. mit einer Verbesserung von Transmission, Getriebe, Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, Förder- und Prozesstechnik) schlagen wir die Prüfung eines differenzierten Fördersatzes bezogen auf die Investitionskosten gemäss Grad der Systemoptimierung wie folgt vor (vgl. Abbildung 11 und Tabelle 12):
  - a. Falls die gesamten Einsparungen im Antriebssystem unter 30% sind, gilt beim Fördersatz ein negatives Inkrement von 1% pro Prozent geringerer Einsparung,
  - b. Falls die gesamten Einsparungen im Antriebssystem über 30% sind, gilt beim Fördersatz ein positives Inkrement von 0.5% pro Prozent höherer Einsparung (bis 50% Einsparung, oberhalb von 50% bleibt der maximale Fördersatz konstant).

Es ist denkbar, nur die Variante der Förderung gemäss Grad der Systemoptimierung (auch für den Motorenersatz) anzuwenden, (d.h. ohne Anwendung des unter Punkt (i) oben vorgeschlagenen Mechanismus).

**Begründung:** Die durchschnittliche Einsparung bei einer Systemoptimierung liegt bei 20%–30% (in Einzelfällen wesentlich höher). Systemoptimierungen erfordern einen zusätzlichen Aufwand für Analysen und sollen aufgrund eines möglichst einfachen Mechanismus belohnt werden. Anstelle von fixen Fördersätzen für einen gewissen Grad der Systemoptimierung (z.B. 20% der Investitionskosten für eine Einsparung zwischen 10 und 20%) soll dies proportional berechnet werden können. Der Fördersatz beträgt mit dem vorgeschlagenen Mechanismus z.B. für eine Einsparung von 13% ebenfalls 13%, für eine Einsparung von 29% ebenso 29%. Falls eine Systemoptimierung mit einer Einsparung oberhalb der durchschnittlichen 30% möglich ist, soll dies ebenfalls belohnt werden. Es gilt, den maximalen Fördersatz mit Einbezug der Analysen von 40% nicht zu überschreiten. Somit beträgt der maximale Fördersatz 40% bei einer Systemoptimierung von 50% (und auch oberhalb von 50%).

**Abbildung 11: Differenzierter Fördersatz für Systemoptimierung** (Förderung: +1% bis 30% Einsparung, +0.1% ab 30% Einsparung, ab 50% Einsparung konstante Förderung von 40%)



Grafik INFRAS und Impact Energy.

**Tabelle 12: Konkrete Beispiele für den Fördersatz für Systemoptimierung**

Einsparung auf Systemebene	Inkrement	Fördersatz
10%	1.0%	10%
20%	1.0%	20%
30%	1.0%	30%
40%	0.5%	35%
50%	0.5%	40%

Tabelle: INFRAS und Impact Energy.

- (iii) Bei der Beschaffung von Neuanlagen schlagen wir vor, den Gesamtsystem-Wirkungsgrad des Vergleichs- (Mindestanforderungen der einzelnen Komponenten) und des verbesserten Projektes (Mindestanforderungen der einzelnen Komponenten übertreffen mit «Best Available Technology», Systemintegration, Lastregelung) zu berechnen. Dabei ist eine Lebenszykluskostenanalyse für die Beurteilung von Varianten von Bedeutung. Die Förderung kann auf dieser Basis gemäss B3 (ii) berechnet werden.

#### **B4 Massnahmenpaket innerhalb eines Unternehmens**

Die Förderung der Verbesserung der Antriebssysteme (mehrere Massnahmen) auf der Basis des gesamten elektrischen Verbrauchs eines ganzen Betriebs sind von zwei Elementen abhängig:

- Höhe des Anteils (x%) des Stromverbrauchs der untersuchten und zu verbessernden Anlagen
- Mittlere Einsparung (y%) des Stromverbrauchs dieser untersuchten und verbesserten Anlagen.
- Die Einsparung des gesamten Betriebes ist  $z = x * y$ .
  - a. Falls die gesamten Einsparungen im Betrieb unter 5% sind: es gilt ein Standardfördersatz von 20%
  - b. Falls die gesamten Einsparungen zwischen 5% und 20% sind: Fördersatz von 25%
  - c. Falls die gesamten Einsparungen über 20% sind: Fördersatz von 30%

### **Integration der verschiedenen Fördersätze**

Tabelle 13 zeigt die Übersicht der vorgeschlagenen Varianten:

**Tabelle 13: Konkrete Beispiele für den Fördersatz für Systemoptimierung**

#	Konzept	Beschreibung
A	Pauschalförderung	Fördersatz von maximal 40% der Gesamtkosten, oder bis 80% der Zusatzkosten
B	Differenzierte Förderung	
B1	Förderung nach Investitionshöhe	Maximal 30% ± 10% der gesamten Investitionskosten: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20% für Investitionen zwischen CHF 10'000 und CHF 100'000</li> <li>▪ 30% für Investitionen zwischen CHF 100'000 und CHF 300'000</li> <li>▪ 40% für Investitionen zwischen CHF 300'000 bis CHF 1 Mio.</li> </ul> oder 80% ± 10% für ausgewiesene Zusatzinvestitionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 70% für Investitionen zwischen CHF 10'000k und CHF 100'000</li> <li>▪ 80% für Investitionen zwischen CHF 100'000 und CHF 300'000</li> <li>▪ 90% für Investitionen zwischen CHF 300'000 bis CHF 1 Mio.</li> </ul>
B2	Beim reinen Motorenersatz (Redimensionierung belohnen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standardfaktor der Förderung: 0.75</li> <li>▪ Standardfördersatz: 20%</li> <li>▪ Effektiver Fördersatz: berechnet aufgrund der Leistung des neuen Motors</li> </ul>
B3	Systemoptimierung	Förderung: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ +1% bis 30% Einsparung</li> <li>▪ +0.1% ab 30% Einsparung</li> <li>▪ ab 50% Einsparung: konstanter Fördersatz von 40%</li> </ul>

Tabelle: INFRAS und Impact Energy.

Einige der unter B1 bis B3 genannten Elemente können in einem spezifischen Anwendungsfall gleichzeitig angewendet werden. Ihre allfällige Kumulation muss nach der Klärung der einzelnen Elemente und der zu erreichenden Ziele weiter untersucht und die Maximalfördersätze entsprechend fixiert werden.

Eine Möglichkeit ist z.B.:

Bei der Förderung **einer Massnahme**:

- (i) B2 Beim reinen Motorenersatz, kombiniert mit B3 Systemoptimierung oder
- (ii) B1 Förderung nach Investitionshöhe.

Bei der Förderung **eines Betriebs/eines Unternehmens**:

- (i) B4 Massnahmenpaket innerhalb von einem Unternehmen oder
- (ii) B1 Förderung nach Investitionshöhe.

Im Prinzip soll die für das Unternehmen günstigste Kombination der verschiedenen Fördersätze bestimmt und ausgewählt werden.

### **«Soft Measures»**

Fördersätze für «Soft Measures» wie Vorabklärungen, Analysen, etc.: Es ist aus energietechnischen Überlegungen klar und eindeutig, dass bei elektrischen Antriebssystemen im gewerblichen und industriellen Bereich die Verbesserungsmassnahmen nicht wie der Ersatz von steckbaren Haushaltgeräten bearbeitet werden können. Die einzelnen Komponenten sind grösser, komplexer und teurer. Ihr Einfügen in ein Antriebssystem und ihre Gesamtoptimierung ist bei Maschinen über 5 kW eine anspruchsvolle Ingenieurleistung. Und: Ohne Montage/Demontage, Einregulierung, etc. wäre es gar nicht möglich, die neue Anlage in Betrieb zu nehmen.

Deshalb sind viele Vorbereitungs-, Begleit- und Unterstützungsmassnahmen für die Übergabe in den störungsfreien Betrieb notwendig. Ein Teil dieser Aufgaben kann durch das qualifizierte Betriebspersonal des Unternehmens selbst, ein Teil durch die externen EnergieberaterInnen und ein weiterer Teil durch die Fachleute der Lieferanten und Hersteller wahrgenommen werden. Ihre Leistungen für «Soft Measures» sind in einem Förderprogramm analog zu Hardwareleistungen zu entschädigen, denn ohne solche «Soft Measures» wäre die Auswahl des optimierten Systems gar nicht möglich. Somit beinhaltet die förderfähige Gesamtinvestition die «Hardware» und die «Soft Measures». Die Förderung der Gesamtinvestition erfolgt nach der gewählten Variante in Tabelle 13. Beispielsweise beträgt der Fördersatz für «Hardware» und «Soft Measures» bei Variante B1 «Förderung nach Investitionshöhe» 20%, falls die Gesamtinvestition zwischen CHF 10'000 und CHF 100'000 liegt. Bei B3 «Systemoptimierung» wird der Fördersatz für die «Hardware» und «Soft Measures» gemäss dem Grad der Systemoptimierung festgelegt (z.B. bei einer Einsparung von 13% beträgt der Fördersatz ebenfalls 13%).

### **A Analysen, Engineering**

Das Engineering beinhaltet einerseits die nötigen Vorabklärungen (Grob- und Feinanalyse) wie auch die Begleitung der effektiven Umsetzung der Optimierungsmassnahmen. Zusammengefasst:

- a. Bestandsaufnahme, Ist-Zustand Analyse, Messungen (FU, Motor/Getriebe/Transmission/Pumpe, etc.), Beobachtungen (Temperatur, Vibration, etc.), Befragungen (Betriebsdaten), Störungsanalyse, Prozessbeobachtung, betriebliche Ideen für Prozessveränderung, -ausweitung, etc.
- b. Optimierungsideen, Soll-Zustand: Energieverbrauchsrechnung, Simulation Start, Lastwechsel, Batch-Zyklus, Kosten, Betriebsaufwand, Kosten-/Nutzenanalyse, Systemwahl,



Bericht, Erläuterung an Geschäftsleitung, Budget, Förderantrag, zeitliche Programmierung, Prioritäten, etc.

- c. Umsetzung: Spezifikation, Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabeantrag, Vertragsverhandlungen, Zeitplan.
- d. Bauleitung, Abnahme-Versuche, Kontrolle, Messungen.
- e. Auswertung effektiver gemessener Zustand vs. Ist-Zustand, Kostenabrechnung, Förderbeitragsabrechnung, Schlussbericht.
- f. Monitoring während 3 Jahren, Bericht.

### **B Weitere Soft Measures**

Standardfördersätze der entsprechend ausgewiesenen Aufwendungen für weitere «Soft Measures» (vgl. Kapitel 4.2: analytische Modelle, Ausrüstung der Anlagen mit Sensoren, Tools zur Erfassung und Beurteilung verschiedener Parameter können entsprechend den Vorschlägen oben ebenfalls differenziert gestaltet werden.

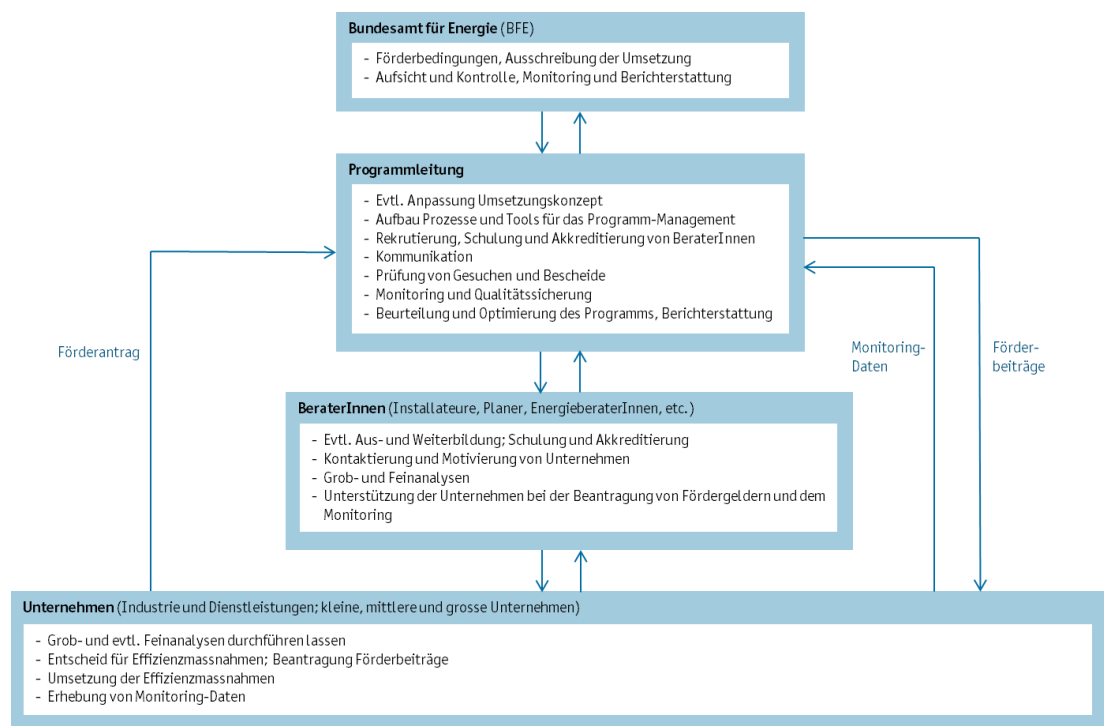
**Begründung:** Die gute Analyse ist das «A und O» einer erfolgreichen energetischen Verbesserung und der zuverlässigen Erfolgsplanung der eingesetzten Mittel und Förderbeiträge. Der Ist- und Soll-Datenvergleich ist bei mittleren und grösseren Anlagen für die Beurteilung des Erfolgs (im Vergleich zur Voraussage in der Planungsphase) entscheidend. Die projektspezifische Nutzung der Möglichkeit des Einsatzes moderner Einrichtungen und Softwaremassnahmen zur Energieeinsparung werden immer wichtiger.

### 4.3. Umsetzung

#### Umsetzungsstruktur

Für die Umsetzungsstruktur des Programms EntEIEff können vier Ebenen mit entsprechenden Aufgaben und Kompetenzen unterschieden werden (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12: Umsetzungsstruktur Programm EntEIEff



Grafik INFRAS und Impact Energy

#### Bundesamt für Energie

Gemäss den geplanten gesetzlichen Grundlagen<sup>52</sup> kann der Bundesrat die Förderbedingungen des Programms EntEIEff festlegen und dessen Umsetzung direkt ausschreiben (Bundesrat 2021). Für die Durchführung der Ausschreibung, die Aufsicht und die Kontrolle des Programms ist das BFE zuständig (Art. 62 EnG). Insbesondere ist das BFE für das Monitoring verantwortlich (Art. 55 EnG) und kann das Programm überprüfen lassen (Art. 11 SuG). Bei Bedarf sollte das Programm periodisch angepasst werden.

<sup>52</sup> Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien; Änderungen des Energiegesetzes (neuer Art. 32 Abs. 2)

### **Programmleitung**

Die Programmleitung setzt das Programm EntEIEff um. Zur Erfüllung ihrer Aufgaben, insbesondere zur detaillierten Ausgestaltung, Vorbereitung der Durchführung und Abwicklung des Förderprogramms hat sie verschiedene Anforderungen zu erfüllen. Es ist eine qualifizierte Person/Unternehmen/Gruppe von Unternehmen nötig, die über die notwendigen Fachkenntnisse im Bereich der Industrie für Effizienzmassnahmen bei elektrischen Antriebssystemen und über die nötigen Kapazitäten verfügt. Bei der Auswahl der Programmleitung sind folgende Kriterien zu beachten:

1. Kapazität: Die gesuchte Programmleitung ist in der Lage, für die ganze Schweiz in drei Landessprachen jährlich ca. 1'000 Projekte abzuwickeln (d.h. zu prüfen, zu genehmigen/oder nicht (Ablehnung zu begründen), zu begleiten, abzurechnen, auszuwerten) sowie die nötige Kommunikation mit allen möglichen Interessenten zu gewährleisten und ein Web-gestütztes Anmelde- und Begleitsystem aufzubauen.
2. Kompetenz: Die gesuchte Programmleitung muss selbst (und in Zusammenarbeit mit externen ExpertInnen und Mitarbeitenden des BFE) die nötige Fachkompetenz haben, die Projektanträge für elektrische Antriebssysteme fachlich, ökonomisch und administrativ zu beurteilen. Alle zugezogenen Fachexperten und die Mitarbeitenden der Programmleitung müssen zur Vermeidung von Interessenskonflikten namentlich und mit ihrer Fachkompetenz bekannt sein.
3. Richtlinien: die Programmleitung ist in der Lage, 6 Monate nach Beauftragung ein vollständiges Kompendium aller Zulassungskriterien, der Abgrenzungen, der ökonomischen Grundlagen und der Schwerpunktthemen zu erarbeiten und zu veröffentlichen.
4. Monitoring: Die Programmleitung ist für ein transparentes, systematisches und regelmässiges Monitoring (alljährlich öffentlich, vierteljährlich für BFE) zuständig, bei dem die Kostenkontrolle (Budget, zugeteilt, ausbezahlt, abgerechnet), die Vergaben (regional, thematisch, Grösse, etc.) und die versprochenen und kontrollierten Energieeinsparungen (inkl. Typ Massnahmen) dokumentiert werden.

Es ist sinnvoll, dass die ausgewählte Programmleitung auch eine gestaltende Rolle beim Programm EntEIEff einnimmt und am finalen Konzept mitarbeitet bzw. dazu Inputs liefert.

Die flankierenden Massnahmen können von der Programmleitung selbst (bzw. in deren Auftrag) oder von Fachleuten wahrgenommen werden, die direkt vom BFE beauftragt werden. Im ersten Fall erfolgt die Koordination innerhalb der Programmleitung. Im zweiten Fall ist die Programmleitung für die Koordination mit den vom BFE beauftragten Fachleuten zuständig.

Nachfolgende Tabelle beschreibt die Aufgaben und die Kompetenzen der Programmleitung (inkl. Umsetzung der flankierenden Massnahmen).

Tabelle 14: Aufgaben und Kompetenzen der Programmleitung (inkl. flankierende Massnahmen)

Aufgabenbereiche	Aufgaben und Kompetenzen
<b>Aufbauphase</b>	
Weiterentwicklungen und Konkretisierung des Umsetzungskonzepts	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei Bedarf: Vorschläge für die Weiterentwicklung des Umsetzungskonzepts (z.B. Anpassungen der Förderparametern und/oder der Umsetzungsprozesse)</li> <li>▪ Konkretisierung der Umsetzung, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ der Anforderungen an die Projekte der Unternehmen (inkl. Nachweise),</li> <li>▪ des Programm-Managements (inkl. Prüfung der Gesuche, Bescheide, Begleitung, Kontrolle, Monitoring und Berichterstattung)</li> <li>▪ der Akkreditierung von BeraterInnen (Anforderungen und Vorgehen)</li> <li>▪ des Kommunikationskonzepts (Strategie, Ziele und Zielgruppen, Botschaften, Instrumente, Umsetzung)</li> </ul> </li> </ul>
Erarbeitung von Grundlagen für das Programm-Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bereitstellung von (online) Tools für Projekteingaben und die Kommunikation mit den Antragstellenden</li> <li>▪ Bereitstellung von Monitoring-Tools, um den Stand der Projektgesuche und der unterstützten Projekte sowie der umgesetzten Massnahmen und erzielten Stromeinsparungen zu verfolgen</li> <li>▪ Erarbeitung weiterer Grundlagen und Tools für die administrative Umsetzung des Programms (z.B. zur Verwaltung von «Kundendossiers», zur Abwicklung von Zahlungen, Vorbereitung einer telefonischen Auskunftsstelle bzw. «Hotline»)</li> </ul>
Rekrutierung, Schulung und Akkreditierung von BeraterInnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rekrutierung von BeraterInnen, zum einen über Netzwerke (Energieagenturen, Verbände, etc.), zum anderen über gezielte Kommunikationsmassnahmen</li> <li>▪ Aufbau und Durchführung von Schulungen, an denen die BeraterInnen zu den sie betreffenden Umsetzungsprozessen (inkl. Anforderungen und Tools) informiert und geschult werden</li> <li>▪ Aufbau des Akkreditierungssystems (inkl. Differenzierungen, z.B. nach Grob- und Feinanalyse) und Akkreditierung von BeraterInnen</li> </ul>
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erarbeitung von Kommunikationsinstrumenten (u.a. Webseite, Informationsmaterialien, etc.); Aufbau und Etablierung der Zusammenarbeit mit Partnern (Energieagenturen, Verbänden, BeraterInnen, etc.)</li> <li>▪ Bekanntmachung des Programms und Motivation der Unternehmen zur Einreichung von Projekten über verschiedene Kommunikationskanäle (inkl. Zusammenarbeit mit Partnern)</li> </ul>
<b>Umsetzungsphase</b>	
Prüfung von eingehenden Projektgesuchen und Bescheide	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laufende Prüfung der eingereichten Gesuche von Unternehmen</li> <li>▪ Entscheide und Bescheide zu den Gesuchen (bzw. entsprechende Verfügungen in Zusammenarbeit mit dem BFE)</li> <li>▪ Administrative Erfassung der Gesuche, der Entscheide und der Bescheide</li> </ul>
Monitoring der Projektumsetzung und der Wirkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laufende Erfassung und Überprüfung von Informationen zur Umsetzung (nach Meilensteinen) und zu den Wirkungen der Projekte</li> </ul>
Qualitätssicherung der Projektumsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stichproben von durchgeführten Grob- und Feinanalysen und zu umgesetzten Effizienzmassnahmen (anhand von Dokumenten oder vor Ort)</li> </ul>
Akkreditierung von BeraterInnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laufende Rekrutierung, Schulung und Akkreditierung von BeraterInnen</li> </ul>

<b>Aufgabenbereiche</b>	<b>Aufgaben und Kompetenzen</b>
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontinuierliche bedarfsorientierte Kommunikation des Programms und dessen Ergebnisse (z.B. «best-practice»-Beispiele) über verschiedene Kanäle</li> </ul>
Beurteilung des Programms, Berichterstattung und Optimierung der Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Regelmässige Beurteilung der Umsetzung des Programms und allfällige (operative) Optimierungen auf Basis des Monitorings <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ der Projekte (z.B. nach Anzahl Gesuchen und positive Bescheiden, durchgeführten Analysen und umgesetzten Massnahmen),</li> <li>▪ der Kommunikationsaktivitäten (Art und Anzahl der Aktivitäten; nach Möglichkeit auch Reichweite)</li> <li>▪ der Akkreditierungen und den Aktivitäten der BeraterInnen (z.B. Kontakte zu Unternehmen)</li> </ul> </li> <li>▪ Periodische Standortbestimmungen, gestützt auf die Beurteilung der Umsetzung und der Wirkungen des Programms auf Basis des Monitorings; Empfehlungen zu Optimierungen zuhanden des BFE</li> </ul>

Tabelle INFRAS und Impact Energy

### **BeraterInnen**

Die BeraterInnen können sich über die Akkreditierung für die Mitarbeit bei der Umsetzung des Programms EntEIEff qualifizieren. Sie stellen über ihre Kontakte (unterstützt von der Programmleitung) den Zugang zu den Unternehmen her, motivieren diese für Effizienzmassnahmen, führen Grob- und/oder Feinanalysen durch, beraten die Unternehmen zu konkreten Massnahmen und unterstützen sie bei der Beantragung von Fördergeldern (inkl. der damit verbundenen Pflichten, z.B. Monitoring). Sie unterstützen die Unternehmen auch bei der Begleitung der Umsetzung der Effizienzmassnahmen (z.B. unabhängige EnergieberaterInnen oder von Agenturen) oder setzen diese direkt um (Installateure und Planer, evtl. auch Hersteller). Akkreditierte BeraterInnen führen bei den Unternehmen zumindest Grob- und/oder Feinanalysen nach den Vorgaben des Programms durch. Nach Programmphasen obliegen den BeraterInnen folgende Aufgaben und Kompetenzen (vgl. Tabelle 15):

**Tabelle 15: Aufgaben und Kompetenzen der BeraterInnen**

<b>Aufgabenbereiche</b>	<b>Aufgaben und Kompetenzen</b>
<b>Aufbauphase</b>	
Aus- und Weiterbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei Bedarf erfolgreiche Absolvierung von Aus- und Weiterbildungslehrgängen zur Erlangung von Grundkompetenzen zu elektrischen Antriebssystemen (Analysen, Ist- und Sollzustandsermittlung, Massnahmen, Umsetzung) in Unternehmen</li> <li>▪ Erfolgreiche Absolvierung von jährlichen Weiterbildungsmodulen zur Aktualisierung und Vervollständigung der Kompetenzen zu elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen</li> </ul>

<b>Aufgabenbereiche</b>	<b>Aufgaben und Kompetenzen</b>
Schulung und Akkreditierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Absolvierung der Schulung zur Umsetzung des Programms EntEIEff (Organisation, Anforderungen, Tools, etc.).</li> <li>▪ Erbringung der Nachweise für die Akkreditierung als BeraterIn (qualifiziert für Grob- und/oder Feinanalysen) im Rahmen des Programms EntEIEff</li> </ul>
<b>Umsetzungsphase</b>	
Kontaktierung von Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Information für Unternehmen, zu denen die BeraterInnen Zugang haben, über das Förderprogramm; Angebot, sie zu unterstützen; Motivierung der Unternehmen zur Ermittlung und Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen</li> </ul>
Durchführen von Grob- und Feinanalysen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchführen von Grobanalysen; bei Bedarf auch von Feinanalysen</li> <li>▪ Erarbeitung von Effizienzmassnahmen und Beratung der Unternehmen</li> </ul>
Unterstützung der Unternehmen bei der Beantragung von Fördergeldern und dem Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unterstützung der Unternehmen bei der Beantragung von Fördergeldern (v.a. Ausfüllen des Projektantrags)</li> <li>▪ Unterstützen der Unternehmen beim programmbezogenen Monitoring (Datenerfassung, -auswertung und -berichterstattung)</li> </ul>
Unterstützung der Unternehmen bei der Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unterstützung für Ausschreibungen, Analyse von Konkurrenzofferten, Vergabeentscheide, Bauleitung, Abnahmen, Garantien, Neuprogrammierung und Inbetriebnahme.</li> </ul>

Tabelle INFRAS und Impact Energy

### **Unternehmen**

Die Unternehmen beauftragen eine geeignete BeraterIn und lassen Grob- und allenfalls Feinanalysen durchführen, entscheiden sich für Effizienzmassnahmen, beantragen deren Förderung durch das Programm und setzen die Massnahmen um. Zudem sind die für die Erhebung der Monitoring-Daten und deren Weiterleitung an das BFE zuständig.

Die Unternehmen können sich bei den Analysen, den Anträgen und dem Monitoring von den BeraterInnen unterstützen lassen. Falls sie alle mit der Förderung zusammenhängenden Arbeiten selber durchführen wollen, muss mindestens eine Fachperson des Unternehmens dieselben Nachweise erbringen, wie sie zur Akkreditierung von BeraterInnen notwendig sind, oder sich selbst akkreditieren lassen.

Das Programm EntEIEff verfügt über ein differenziertes Beratungsmodell nach Unternehmensgrösse. Bei kleinen und mittleren Unternehmen werden vor allem Web-basierte Online-tools und Dialogmöglichkeiten zur Anwendung kommen. Bei grösseren Unternehmen, grösseren Aufgaben und komplexeren Maschinen ist eine persönliche Fachbetreuung mit Besuchen vor Ort unerlässlich.

### **Umsetzungsprozess**

Anträge können jederzeit durch jedes Unternehmen (siehe Kapitel 4.2 zu den Adressaten) oder ihrem gewählten Vertreter (z.B. BeraterIn) an die Programmleitung in einem entspre-

chend veröffentlichten Webtool eingereicht werden.

Die standardisierten Förderanträge werden von der Programmleitung administrativ abgewickelt (Empfang, Check für Vollständigkeit, Förderbescheid). Es ist zu prüfen, ob die inhaltliche/technische Prüfung der Anträge bei kleinen und einfachen Projekten direkt innerhalb der Programmleitung möglich ist, oder ob sie bei grösseren und komplexeren Anlagen durch (teilweise) externe ExpertInnen gemacht werden soll. In jedem Fall ist transparent auszuweisen, welche Personen mit welchem Hintergrund für die inhaltliche/technische Prüfung der Anträge zuständig sind.

Die Begleitung der Umsetzung inkl. Unterstützung beim Wirkungsnachweis soll durch die BeraterInnen abgedeckt werden. Die Programmleitung kann bei grossen und komplexen Projekten Stichproben vor Ort durchführen.

Der gesamte Förderbeitrag wird nach Umsetzung der Massnahmen ausbezahlt, phasenweise Teilzahlungen nach entsprechenden Meilensteinen können vereinbart werden.

Folgende Nachweise sind einzureichen:

- Standardisiertes Monitoring bzw. Wirkungsnachweis Ist-/Soll-Verbrauch und geplante/abgerechnete Investitionen
- Wirtschaftlichkeitsberechnung (Payback).

### **Wirkungsnachweis und Berichterstattung**

Beim **Wirkungsnachweis** sind zwei Ebenen zu unterscheiden:

- Auf Ebene der geförderten Projekte (bzw. Massnahmen) der Unternehmen sind die jährlichen Stromeinsparungen im Rahmen des Monitorings zu erfassen und auszuweisen. Die Stromeinsparungen ergeben sich aus der Differenz des gemessenen Stromverbrauchs vor und nach der Umsetzung der Massnahmen. Je nach Anlagengrösse werden spezifische Anforderungen an die Datenerhebung im Ist- und Sollzustand formuliert und im Fördervertrag festgeschrieben.<sup>53</sup>
- Die besonderen Anforderungen für den Einsparnachweis von Elektromotoren, Pumpen, Ventilatoren, Kälte- und Klimakälteanlagen sowie Druckluftkompressoren und Druckluftsystemen (vgl. BFE 2022a) gelten auch für das Programm EntEIEff und sollen aktualisiert und koordiniert werden. Für die Erfassung der Monitoring-Daten sind die geförderten Unternehmen zuständig. Bei Bedarf können sie sich durch die BeraterInnen unterstützen lassen.
- Auf Ebene des Programms sind die Umsetzung und die Wirkungen zum einen regelmässig durch die Programmleitung zu analysieren. Grundlage dafür sind die Ergebnisse des Moni-

---

<sup>53</sup> Messungen des Ist- und des Soll-Verbrauchs sind für den Wirkungsnachweis sehr wichtig. Sie sind eine Qualitätssicherung für die Dimensionierung und dienen der Erfolgskontrolle. Die Anforderungen an die Messungen sind je nach Anlagengrössen und -kosten unterschiedlich. Der Aufwand für die Messungen gehört im Rahmen des Programms EntEIEff zu den Projektkosten.

torings. Zum anderen sollte das BFE periodisch (z.B. alle 5 bis 10 Jahre) eine externe Evaluation in Auftrag geben, um die Umsetzung und die Wirkungen zu beurteilen.

Die **Berichterstattung** findet ebenfalls auf verschiedenen Ebenen statt:

- Auf Ebene der Projekte (bzw. Massnahmen) stellt die objektspezifische und vertraglich festgelegte Rapportierung der Monitoring-Daten der Unternehmen im Ist- und Soll-Zustand mit standardisierten Berichten an die Programmleitung eine erste Form der Berichterstattung dar.
- Auf der Programmebene ist die Programmleitung gefordert, dem BFE auf Basis der Ergebnisse des Monitorings regelmässig über die Umsetzung, die Wirkungen und Optimierungsmöglichkeiten Bericht zu erstatten. Wir schlagen vor, dass diese Berichterstattung in Form von publikationsfähigen Jahresberichten erfolgt.
- Die Ergebnisse der vom BFE in Auftrag gegebenen Evaluationen können ebenfalls als Teil der Berichterstattung zum Programm EntEIEff verstanden und veröffentlicht werden.

#### 4.4. Flankierende Massnahmen

Die flankierenden Massnahmen sind zentrale Voraussetzungen für den Erfolg des Programms. Sie sollen sicherstellen, dass genügend qualifizierte Fachleute zu dessen Umsetzung verfügbar sind, das Programm bei den Unternehmen ausreichend bekannt ist und die Tools (bzw. Arbeitshilfen) zu dessen Umsetzung vorliegen. Nachfolgend werden die Massnahmen in der Aus- und Weiterbildung, der Kommunikation und zu den «Tools» beschrieben.

##### **Aus- und Weiterbildung**

Bei der Aus- und Weiterbildung (inkl. Schulungen) sind zwei Ebenen zu unterscheiden:

- Zum einen braucht es eine Aus- und Weiterbildungsoffensive, zur Vermehrung qualifizierter BeraterInnen und um die (Grund-) Kompetenzen von IngenieurInnen zu elektrischen Antriebssystemen deutlich auszubauen und zu stärken.
- Zum anderen sind die Fachleute, die sich als BeraterInnen an der Umsetzung des Programms EntEIEff beteiligen wollen, spezifisch zu schulen.

##### ***Aus- und Weiterbildungsoffensive***

Genügend und ausreichend qualifizierte Fachleute sind ein zentraler Erfolgsfaktor für das Programm EntEIEff. Nur wenn es genügend IngenieurInnen gibt, die die Unternehmen motivieren und beraten sowie Grob- und Feinanalysen durchführen können, kann das Effizienzpotenzial von elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen deutlich stärker ausgeschöpft werden. Wir schätzen, dass die heute geringe Anzahl der auf elektrische Antriebssysteme spezialisierten IngenieurInnen auf rund 100 erhöht werden muss. Neben einem Ausbau von Aus- und Weiter-



bildungslehrgängen an (Fach-) Hochschulen zur Vermittlung der Grundkompetenzen, sollten auch spezifische mehrtätige Kursangebote zur Schulung und zur regelmässigen Weiterbildung in Erfahrungs-Kursen von IngenieurInnen angeboten werden, die bereits in der Praxis tätig sind. Damit kann zum einen sichergestellt werden, dass die Kompetenzen der Fachleute durch die Kurse in vergleichsweise kurzer Frist verbessert werden. Zum anderen sollte der Ausbau von Aus- und Weiterbildungslehrgängen dazu führen, dass die fachlichen Kompetenzen zu elektrischen Antriebssystemen mittel- und längerfristig verstärkt werden.

Der Ausbau der Aus- und Weiterbildungsangebote zu elektrischen Antriebssystemen ist in Abstimmung auf die bestehenden und die von den (Fach-) Hochschulen geplanten Angebote sowie die Bestrebungen des BFE im Bereich Aus- und Weiterbildung abzustimmen. Der koordinierte Aufbau der Angebote sollte möglichst unter Einbezug aller ca. sieben technischen Hochschulen und ihrer Mechanik-/Elektronik-Institute mit ihren Lehrpersonen erfolgen. Der Aufbau der Angebote sollte durch die separate Möglichkeit des BFE (bzw. von EnergieSchweiz) zur finanziellen Förderung der Aus- und Weiterbildung unterstützt werden.<sup>54</sup> Um den Anreiz für die in der Praxis stehenden Fachleute zur Teilnahme an Kursen und/oder Weiterbildungsmodulen zu erhöhen, könnte das Programm EnEIEff die Kurskosten ganz oder teilweise übernehmen. Dies muss jedoch mit der Bedingung verknüpft werden, dass sich diese Fachleute auch als BeraterInnen im Rahmen des Programms akkreditieren lassen.

Beim Ausbau der Aus- und Weiterbildungsangebote könnte wie folgt vorgegangen werden:

- Im ersten Schritt empfehlen wir die Durchführung einer Bedarfsanalyse. Zum einen ist – abgestimmt auf die Ziele des Programms EntEIEff – der Bedarf an zusätzlichen Fachkräften abzuschätzen, die auf elektrische Antriebssysteme spezialisiert sind. Dabei ist zwischen unterschiedlichen Kompetenzniveaus (Grob- und Feinanalyse) sowie in zeitlicher Hinsicht zu differenzieren. Ausgehend vom Fachkräftebedarf sind die zusätzlich benötigten Aus- und Weiterbildungsangebote (Lehrgänge und Kurse) zu definieren (Art, Inhalte, Anzahl und Dauer).
- Im zweiten Schritt sind die Aus- und Weiterbildungsangebote zu konzipieren und aufzubauen. Es gilt, die Inhalte, die Lernziele, die Anforderungen und die Kosten zu konkretisieren. Neben den Grundkompetenzen zu elektrischen Antriebssystemen sollten die Angebote die Analyse, die Erarbeitung von Massnahmen und die Umsetzungsbegleitung umfassen. Die Inhalte und die Anforderungen der Kurse sollen auf den Erfahrungen der Weiterbildungsprogramme von Topmotors (Industrielle Energieoptimierung) an der HSLU Horw, HEIG Yverdon und FHNW Muttenz aufbauen und können auch die Erfahrungen von ProAnalySys nutzen. Anschliessend sind die Inhalte und die Hilfsmittel für die Lehrgänge und die Kurse zu erarbeiten. Wichtig ist, dass die Erarbeitung der Angebote an verschiedenen (Fach-) Hochschulen

---

<sup>54</sup> Vgl. <https://www.energieschweiz.ch/projektfoerderung/bildung/>

koordiniert erfolgt und eine hohe Qualität und Praxisnähe aufweist. Zudem sollten die Schulen die Vermarktung der Angebote vorbereiten.

- Im dritten Schritt sind die Lehrgänge und Kurse den verschiedenen Zielgruppen öffentlich auf allen verfügbaren Kanälen anzubieten und durchzuführen. Ziel ist, dass insbesondere die Kurse für die bereits in der Praxis tätigen Fachleute rasch starten. Damit soll sichergestellt werden, dass die Anzahl der für das Programm EntEIEff einsetzbaren Fachleute rasch ansteigt und kontinuierlich zunimmt.

### ***Schulung zur Programmumsetzung***

Fachleute, die als BeraterInnen für das Programm EntEIEff tätig sein wollen, sind spezifisch zu schulen. Neben Informationen zum Programm (z.B. Hintergrund, Ziele, Vorgaben, Nutzen) ist insbesondere der Prozess und die Anwendung der verschiedenen administrativen und technischen Tools zu schulen. Die erfolgreiche Absolvierung der Schulung ist auch eine Voraussetzung der Akkreditierung als BeraterIn im Rahmen des Programms. Die Schulung sollte für die Teilnehmenden kostenlos sein. Bei Bedarf können zusätzlich auch Erfahrungsaustausch-Anlässe für und zwischen BeraterInnen angeboten werden. Die Namen der akkreditierten BeraterInnen sollten auf der Programm-Webseite veröffentlicht werden.

### **Kommunikation**

Die Bekanntheit eines Förderprogramms bei den Zielgruppen ist ein bedeutender Erfolgsfaktor. Die Erfahrungen der ProKilowatt-Programme zeigen, dass es erstens eine gewisse Zeit benötigt wird, bis die Programme bekannt sind. Zweitens unterstützt die zunehmende Bekanntheit eines Programms dessen Wirksamkeit. Entsprechend gilt es, das Programm EntEIEff möglichst frühzeitig mit einem einheitlichen Auftritt und breit bei den Unternehmen bekannt zu machen.

Um das Programm EntEIEff bei den potenziellen BeraterInnen und v.a. den Unternehmen möglichst breit bekannt zu machen, sind im Rahmen des Programms spezifische Informations- und Kommunikationsmassnahmen umzusetzen, z.B.

- zentrale Anlaufstellen für alle Interessierten (Webseite, Online-Dialog, Telefonhotline)
- Kommunikationskampagne in Zusammenarbeit mit Verbänden, EVUs, Energieagenturen, Kantonen und Gemeinden, Auftritte bei Industrieevents (Messen, etc.)
- unverbindliche Beratung per Telefon, Mail, Online-Chat, etc.

In einem ersten Schritt ist ein Kommunikationskonzept zur Information über das Programm zu erstellen. Das Konzept soll die Ziele, Zielgruppen, Massnahmen, Aktivitäten, Organisation und Kosten sowie die Zusammenarbeit mit Partnern und die Abstimmung auf andere Aktivitäten beinhalten. Die im Rahmen des Programms EntEIEff tätigen BeraterInnen sind als zentraler

Kommunikationskanal einzubeziehen. Neben SEEMS ist die Kommunikation zum Förderprogramm auch auf andere Massnahmen abzustimmen (z.B. Zielvereinbarungen, Grossverbraucher, PEIK, ProAnalySys). Die Umsetzung erfolgt durch die Programmleitung und/oder beauftragte KommunikationsspezialistInnen.

Die generelle Sensibilisierung, Information und Motivierung von Unternehmen zur Umsetzung von effizienten elektrischen Antriebssystemen (inkl. Aufarbeitung des entsprechenden Fachwissens) ist im Rahmen des Programms SEEMS geplant. Das Programm EntEIEff könnte die breit ausgerichteten Kommunikationsaktivitäten von SEEMS durch eine selektive Aufnahme in die Kommunikation über das Programm gezielt unterstützen und verstärken.

### **Tools**

Tools sind wichtige Hilfsmittel für die Umsetzung des Förderprogramms EntEIEff. Sie erleichtern den Unternehmen Förderanträge zu stellen und abzuwickeln, den EnergieberaterInnen und den FachingenieurInnen den Ablauf zu steuern, die mutmasslichen energetischen Verbesserungen einzelner Massnahmen und ganzer Massnahmenpakete sowie gesamter Unternehmen nach einheitlichen Kriterien zu erfassen und zu beurteilen.

Zu den elektrischen Antriebssystemen gibt es bereits verschiedene Tools. Es bestehen jedoch noch bedeutende Lücken:

- Zur Durchführung von Grobanalysen bei elektrischen Antriebssystemen gibt es bereits einzelne Tools (z.B. Velani-Tool). Diese genügen jedoch zur Umsetzung des Förderprogramms EntEIEff noch nicht, bzw. sind zu wenig benutzerfreundlich. Alle Tools müssen online verfügbar sein, bzw. eine online Bearbeitung erlauben.
- Bei den Tools für Feinanalysen und zur Einzelfallerfassungen durch Messungen wurden im Rahmen von ProAnalySys und Topmotors, etc. Grundlagen erstellt, die genutzt und bei Bedarf weiterentwickelt, koordiniert und zur online Nutzung verfügbar gemacht werden können.
- Lücken bestehen bei Tools für die Erstellung und die Beurteilung von Konzepten und Priorisierung von Massnahmen auf Unternehmensebene sowie bei Tools für eine standardisierte Vorgehensweise auf Unternehmensebene mit einer Vielzahl von Antriebssystemen (typischer Bereich sind 500 bis 5'000 Maschinen).

Ausgehend von der Analyse der Lücken sollten zur Umsetzung des Programms EntEIEff folgende Tools erarbeitet und getestet werden:

- Zweckmässiges und zeitgemässes Online-Tool für Grobanalysen. Das Tool für Grobanalysen ist auf die bestehenden Tools abzustimmen. Insbesondere sollte es mit den heute im Rah-

men von ProKilowatt-Programmen verwendeten Tools koordiniert werden bzw. die entsprechenden Tools sollten bei Bedarf erweitert werden können.

- Tool zur Erfassung von Messungen und für Feinanalysen (Stufe Einzelanlage oder Gruppen). Das Tool für Feinanalyse ist ebenfalls auf die heute verwendeten Tools abzustimmen.
- Tool zur Definition der Unternehmensprioritäten (Erstellung und Beurteilung von Konzepten; Priorisierung von Massnahmen auf Unternehmensebene).
- Tool für ein Standard-Vorgehensmodell (standardisierte Vorgehensweise auf Unternehmensebene mit einer Vielzahl von Antriebssystemen).

Die Tools sind durch geeignete Fachleute zu erarbeiten (bzw. weiterzuentwickeln). Dabei ist die Zusammenarbeit von IT-SpezialistInnen mit FachingenieurInnen für Antriebstechnik zwingend nötig. Ebenfalls erforderlich sind Ausbildungsmodule für die Tools (z.B. online über Youtube). Zu berücksichtigen ist, dass auch Tools für weitere Aspekte wie «multiple benefits»<sup>55</sup> vorhanden sind, die in die Umsetzung des Programms eingebunden werden können.

---

<sup>55</sup> <https://www.multiple-benefits.ch/de>

## 5. Fazit

### Zweckmässigkeit eines Programms EntEIEff und mögliche Stossrichtungen

Aufgrund der Situations- und Zweckmässigkeitsanalyse zu einem allfälligen Programm EntEIEff ziehen wir folgende Schlüsse:

1. Das unausgeschöpfte Energieeffizienzpotenzial bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen in der Schweiz ist nach wie vor sehr gross. Bisher wurden erst ein kleiner Teil der Unternehmen, erst wenige Anlagen in den bearbeiteten Unternehmen und meistens nur «low hanging fruits» an den untersuchten Anlagen mangels Anreizen und/oder Fachkenntnissen bearbeitet.
2. Zur Ausschöpfung dieses Potenzials sind Optimierungen auf der Ebene der Antriebssysteme entscheidend. Der Zeitpunkt für den Start eines neuen selbstständigen Förderprogramms für elektrische Antriebssysteme in Unternehmen ist angesichts der sich abzeichnenden Versorgungsengpässe und der starken Zunahme der Elektrizitätspreise günstig. Dem grossen Effizienzpotenzial stehen jedoch bekannte Hemmnisse aus Sicht der Unternehmen<sup>56</sup> und die Gefahr von Mitnahmeeffekten gegenüber.
3. Die ProKilowatt-Programme zu elektrischen Antriebssystemen haben gezeigt, dass Förderprogramme zur besseren Ausschöpfung der Effizienzpotenziale beitragen können. Die Programme haben jedoch erst einen vergleichsweise geringen Anteil des Effizienzpotenzials adressiert und ausgeschöpft. Aufgrund von einschränkenden Rahmenbedingungen<sup>57</sup> dürften sie – auch zukünftig – in ihrer Wirkung bei Antriebssystemen beschränkt sein.
4. Die Erfahrungen mit den ProKilowatt-Programmen weisen auf verschiedene Erfolgsfaktoren hin, die bei einem Förderprogramm EntEIEff zu beachten sind. Als erfolgskritisch gelten insbesondere der gute Zugang zu den Unternehmen und eine aus Sicht der EndkundInnen möglichst einfache Ausgestaltung und Umsetzung des Programms.
5. Ein allfälliges Programm EntEIEff beurteilen wir im Vergleich zur heutigen Situation grundsätzlich als zweckmässig. Wir sind überzeugt, dass mit einem Programm EntEIEff ein deutlich grösserer Anteil des grossen Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen ausgeschöpft werden kann. Wichtige Gründe dafür sind die mit einem Programm EntEIEff einhergehenden zusätzlich ausschöpfbaren Fördermittel und weniger einschränkende Rahmenbedingungen (v.a. wegfallender Wettbewerb zwischen den Programmen und Möglich-

<sup>56</sup> Siehe Kapitel 2.1. Einsatz elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen, Hemmnisse

<sup>57</sup> Zu unterscheiden sind einschränkende Rahmenbedingungen, die mit dem Wettbewerbscharakter von ProKilowatt einhergehen (v.a. Wettbewerb zwischen ProKilowatt-Programmen, der dazu führt, dass Programme v.a. auf die Ausschöpfung möglichst kostenwirksamer Potenziale fokussieren; Laufzeit der Programme von 3 Jahren) und Rahmenbedingungen, die grundsätzlich auch bei ProKilowatt geändert werden könnten (Grenze für das pro «EndkundIn» zu fördernde Investitionsvolumen von max. CHF 300'000, max. Fördersatz von 30% der Investitionskosten, max. Betrag für Analysen von 10% der Förderbeiträge an die Unternehmen (bzw. EndkundInnen)).

keit für höhere Beiträge an Analysen). Zentrale Voraussetzungen für die erhöhte Wirksamkeit eines Programms EntEIEff sind die Sicherstellung des Zugangs zu den Unternehmen und genügend und ausreichend qualifizierte BeraterInnen. Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Ausschöpfung des Effizienzpotenzials empfehlen wir, dass die Fördereffizienz eines Programms EntEIEff im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen etwas schlechter sein darf. Zum einen sollen auch Effizienzpotenziale adressiert werden, die mit höheren Analyse- und Investitionskosten einhergehen. Zum anderen müssten mehr Mittel in die flankierenden Massnahmen (v.a. Aus- und Weiterbildung, Kommunikation, Tools) investiert werden.

6. Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von elektrischen Antriebssystemen könnte die Förderung nicht nur bestehende, sondern auch neue Anlagen und u.U. auch andere elektrische Anwendungen in einem bereits untersuchten Unternehmen (z.B. Beleuchtung) umfassen. Neben einfachen standardisierten Effizienzmassnahmen sollten v.a. auch Massnahmen zur Optimierung auf der Systemebene (inkl. entsprechender Analysen) gefördert werden. Eine Kombination mit gesetzlich geregelten Verpflichtungen für Unternehmen (z.B. regelmässiges Audit bei grösseren Unternehmen, Verpflichtung zur Erneuerung alter/ineffizienter Anlagen) könnte u.U. die Wirksamkeit des Förderprogramms zur dringend nötigen Vergrösserung des Effizienzbeitrags noch wesentlich verstärken.

### **Umsetzungskonzept eines Programms EntEIEff**

Für die Umsetzung eines allfälligen Förderprogramms EntEIEff erachten wir folgende Punkte als besonders wichtig:

1. Damit das Programm EntEIEff im Vergleich zu den ProKilowatt-Programmen eine deutlich höhere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen erzielt, sind zum einen viel mehr Unternehmen mit dem Förderangebot zu erreichen. Zum anderen müssen diese Unternehmen mehr und tiefgreifendere Effizienzmassnahmen (v.a. auch auf der Systemebene) umsetzen. Zentrale Herausforderungen für den Erfolg des Förderprogramms sind der Ausbau des Zugangs zu den Unternehmen, die Sicherstellung genügender und ausreichend qualifizierter Fachleute und Ausgestaltung des Programms, die auf eine möglichst hohe Wirkung abzielt.
2. Neben der «Hardware» sollten auch «Soft Measures» (Grob- und Feinanalysen, etc.) gefördert werden. Grobanalysen sollten für die Förderung aller Massnahmen bei elektrischen Antriebssystemen verpflichtend sein. Feinanalysen sollten ab Investitionen über CHF 50'000 pro Anlage zwingend verlangt werden. Der Einsatz von Software zur Verbesserung der Ener-

gieeffizienz (z.B. Tools zur Erfassung diverser Parameter, Ausrüstung der Anlagen mit Sensoren) sollte – als Teil der «Soft Measures» – ebenfalls gefördert werden.

3. Als Basis der Förderung schlagen wir einen Förderbeitrag von 30% der Gesamtinvestitionskosten («Hardware» und «Soft Measures») für verbesserte Technologien vor (max. CHF 3 Mio. förderfähige Investitionskosten je Unternehmen). Im Hinblick auf die verstärkte Ausschöpfung des Effizienzpotenzials von komplexeren elektrischen Antriebssystemen schlagen wir vor, verschiedene Fördervarianten zu prüfen, z.B. eine Differenzierung der Förderung nach Investitionshöhe oder nach Grad der Systemoptimierung.
4. Bei der Umsetzung des Programms spielen die Programmleitung und die BeraterInnen (Installateure, Planer, EnergieberaterInnen, etc.) eine zentrale Rolle. Die Programmleitung ist für das Programm-Management, die Akkreditierung von BeraterInnen und die Kommunikation verantwortlich. Die BeraterInnen stellen den Zugang zu den Unternehmen her, führen Grob- und Feinanalysen durch und beraten ihre KundInnen bei der Umsetzung von Effizienzmassnahmen.
5. Zentrale flankierende Massnahmen sind die Aus- und Weiterbildung von Fachleuten, die Kommunikation des Programms und die Erstellung der für die Programmumsetzung notwendigen Tools. Da genügend und ausreichend qualifizierte Fachleute ein zentraler Erfolgsfaktor für die Umsetzung eines Programms EnEIEff sind, ist ein Ausbau der Aus- und Weiterbildungsangebote zu elektrischen Antriebssystemen in Zusammenarbeit mit den (Fach-) Hochschulen von zentraler Bedeutung.





## Annex

### A1. Ergänzende Angaben zum Einsatz elektrischer Antriebssysteme

#### 1. Grundlagen

##### 1.1 Systemwirkungsgrad

Der Energieverbrauch eines Antriebssystems wird von seiner elektrischen Leistung (kW) und den Betriebsstunden (h/a) bestimmt. Die Leistung ist abhängig von den jeweiligen Betriebszuständen in Bezug auf die erforderliche Drehzahl und das Drehmoment sowie dem Wirkungsgrad in diesen Betriebspunkten. Der Wirkungsgrad  $\eta_{\text{System}}$  des Antriebssystems ist das Produkt der Faktoren der einzelnen Wirkungsgrade aller eingesetzten Komponenten:

Abbildung 13: Systemwirkungsgrad

$$\eta_{\text{System}} = \eta_{\text{FU}} * \eta_{\text{Motor}} * \eta_{\text{Getriebe}} * \eta_{\text{Riemen}} * \eta_{\text{Anwendung}}$$

Grafik Impact Energy.

Für einen optimalen Wirkungsgrad des Gesamtsystems sind gute Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten entscheidend. Dies erfordert z.B. eine effiziente Anwendung mit richtiger Dimensionierung auf den häufigsten Betriebspunkt des Prozesses ausulegen, etc. Beobachtungen in der Schweizer Industrie zeigen, über 60 Prozent der Antriebssysteme sind überdimensioniert (Easy 2013), d.h. sie laufen ständig in einem Teillastbereich mit schlechterem Wirkungsgrad.

Der Einfluss der fünf wichtigsten Komponentenwirkungsgrade auf den Gesamtwirkungsgrad wird nachfolgend am Beispiel einer typischen mittelgrossen und häufig eingesetzten Wasserpumpe mit 10 kW Elektromotor aufgezeigt. Während die elektrischen Komponenten (im Nennlastbetrieb) häufig bereits im alten Zustand relativ gute Wirkungsgrade haben (~ 90 Prozent), haben die häufigsten bestehenden mechanischen Komponenten oft nur Wirkungsgrade im Bereich von 50 bis 60 Prozent, d.h. ein grosses Potential für Verbesserung bis auf etwa 70 bis 80 Prozent je nach Anwendung ist möglich (vgl. Tabelle 16). Der gesamte Systemwirkungsgrad in diesem Beispiel steigt von 52 auf 74 Prozent, was einer Leistungsreduktion bei der Nennleistung von 65 Prozent entspricht. Durch den Einsatz des FU wird die gesamte Betriebsdauer und die mittlere benötigte Leistung so vermindert, dass insgesamt für dieses Beispiel eine Energieverbrauchseinsparung von bis 82 Prozent resultiert.

**Tabelle 16: Wirkungsgradvergleich altes und neues System bei einer Pumpe**

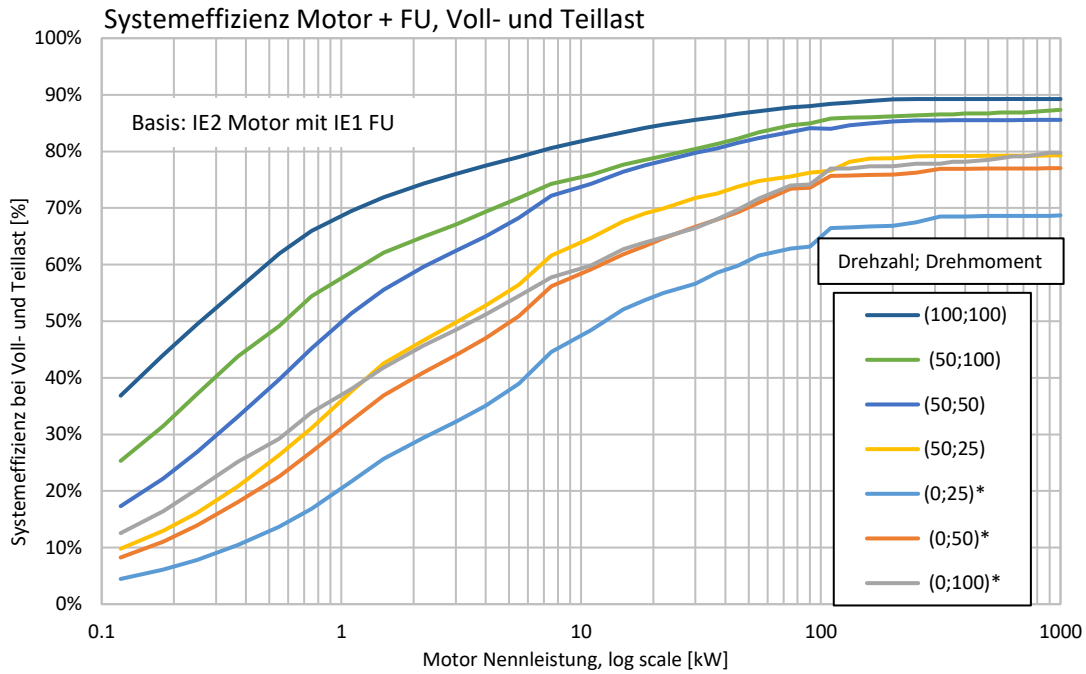
<b>Wirkungsgrade</b>	<b>Altes System (10 kW)</b> (überdimensioniert)	<b>Neues System (5 kW)</b> (nach Messung genauer dimensioniert)
FU	92%	97%
Motor	90%	95%
Getriebe	95%	100%
Riemen	95%	100%
Pumpe	70%	80%
<b>Gesamtsystem</b>	<b>52%</b>	<b>74%</b>

Grafik Impact Energy. Quelle: Eigene Untersuchungen.

Die Verwendung eines FU zur drehzahlabhängigen Lastregelung hat grosse Vorteile aber auch Nachteile. Der kombinierte Wirkungsgrad von Motor und FU wird durch die FU-Verluste und die Abminderung des Wirkungsgrades des Motors durch die nicht-sinusförmige Speisung durch FU tiefer (3–5%). Andererseits wird der FU eben gerade für die ständige Leistungsanpassung bei variablen Lasten eingesetzt und dadurch der unnötig hochtourige Betrieb bei 100 Prozent Nennleistung vermieden. Derartige Energieeinsparungen sind häufig bei 20 bis 40 Prozent, seltener bis 80 Prozent.

Kleine Motoren, FU und Anwendungen (0.12 kW–3 kW) haben wesentlich tiefere Wirkungsgrade als grosse (> 200 kW). Der Betrieb eines Antriebssystems bei verminderter Leistung, also reduzierter Drehzahl und/oder reduziertem Drehmoment, vermindert den Wirkungsgrad von Motor und FU stark (vgl. Abbildung 14). Ein ähnlicher Wirkungsgradabfall bei geringerer Leistung ist auch bei allen Anwendungen zu beobachten.

Abbildung 14: Wirkungsgrad Motor IE2 und FU IE1 bei Voll- und Teillast



\*) Drehzahl für Teillastwirkungsgrad von 0% auf 20% erhöht

Quelle: DTI und IEC 61800-9-2.

Die Effizienzverbesserungen einzelner Komponenten wirken sich in komplexer Art auf die Effizienzverbesserungen des gesamten Antriebssystems aus. Die Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten im jeweiligen Betriebspunkt werden gemäss der erwähnten Formel (vgl. Abbildung 13) multipliziert. Als anschauliche Beispiele dienen hier:

- beim Einsatz eines FU muss zuerst ein zusätzlicher FU-Verlust (3–5% bei Nennleistung, wesentlich mehr bei Teillast), dazu aber auch eine Abminderung des Motorenwirkungsgrades durch die non-sinoidale Speisung (2–5%) in Kauf genommen werden, bevor Einsparungen durch geringeren Druck, Volumenstrom und Betriebszeit in Anspruch genommen werden können.
- der Einsatz eines effizienteren Motors kann zu negativen Erfahrungen führen: ein IE4 Motordrehmoment dank geringeren Verlusten bei einem kleineren Schlupf ca. 3 bis 5 Prozent schneller als der alte IE1 Motor. Dadurch kann der unerwünschte Effekt (z.B. bei einer Pumpe, einem Ventilator, etc.) entstehen, dass zu viel Wasser oder Luft gefördert wird und wegen des Affinitätsgesetzes die elektrische Leistung und der Verbrauch in der dritten Potenz ansteigt. Damit kann der Effizienzeffekt des besseren Motors zunichte gemacht oder sogar ins Gegenteil verkehrt werden.

## 1.2 Anteile verschiedener Anwendungen am Stromverbrauch

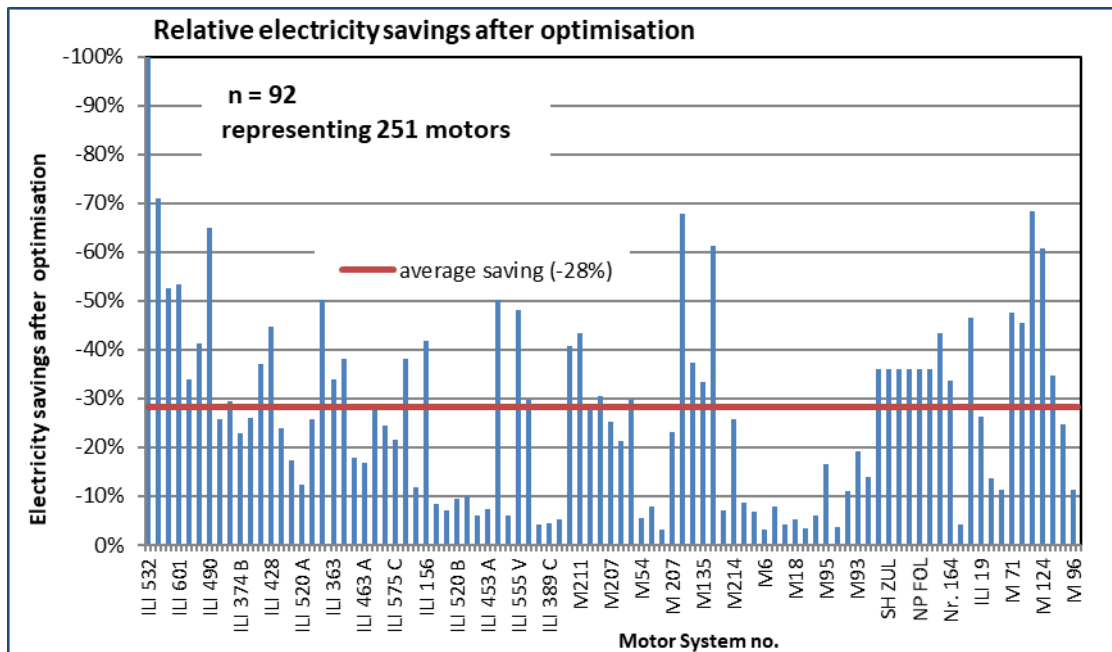
Tabelle 17: Summe Energieverbrauch der untersuchten elektrischen Anwendungen von Antriebssystemen

Anwendungen	Jahr	TWh/a	Quelle	Bemerkung
Pumpen	2012	4.8	Topmotors, MB 23	total Nassläufer und Industrie
Luftförderung	2012	7.5	Topmotors, MB 24	
Druckluftsysteme	2014	1.1	BFE / Druckluftkampagne	
Kältesysteme	2012	4.5	BFE / SVK; Kältekampagne	Industrie + Gewerbe + Klimatisierung.
<b>Total</b>		<b>17.9</b>		

Quelle: Impact Energy, Potenzialanalyse Rotierende Maschinen und Förderanlagen (2015).

## 2. Energieeffizienzpotenziale

Abbildung 15: Auswertung der Berechnung der elektrischen Energieeinsparung durch Optimierung von 251 ausgemessenen Antriebssystemen



Quelle: Topmotors China, Impact Energy, Zhenjiang, 2016.

Tabelle 18: Energieeffizienzpotenziale bei bestehenden Antriebssystemen

			Mini- mum	typ- isch	Maxi- mum	Bemerkung	
<b>Komponenten</b>	<b>FU neu IE3*</b>		0%	<b>30%</b>	60%		
	<b>Motor neu IE3/IE4</b>	klein	5%	<b>10%</b>	20%	70% < LF < 100%	
		mittel	2%	<b>5%</b>	10%		
		gross	1%	<b>3%</b>	5%		
		Redimensionierung	5%	<b>10%</b>	20%		
		Standby	0%	<b>1%</b>	3%		
		Betrieb ohne Nutzen	0%	<b>10%</b>	30%		
	<b>Transmission**</b>	entfernen	3%	<b>7%</b>	12%	Direct Drive	
		bessere Riemen	2%	<b>5%</b>	10%	Flachriemen	
		kein Getriebe	1%	<b>2%</b>	5%	Direct Drive	
	<b>Pumpen</b>	Druckreduzierung	1%	<b>5%</b>	15%	bessere Auslegung	
		Volumenreduzierung	5%	<b>10%</b>	30%	FU statt Drossel	
		Zeitreduzierung	5%	<b>10%</b>	20%	BoN, bessere Regelung	
		bessere Pumpe ***	5%	<b>10%</b>	30%	richtig dimensioniert	
	<b>Ventilatoren</b>	Druckreduzierung	1%	<b>5%</b>	15%	bessere Auslegung	
		Volumenreduzierung	5%	<b>10%</b>	30%	FU statt Drossel	
		Zeitreduzierung	5%	<b>10%</b>	20%	BoN, bessere Regelung	
		besserer Ventilator ***	5%	<b>10%</b>	30%	richtig dimensioniert	
	<b>Kompressoren</b>	Druckreduzierung	1%	<b>5%</b>	15%	bessere Auslegung	
		Volumenreduzierung	5%	<b>10%</b>	30%	FU statt Drossel	
		Zeitreduzierung	5%	<b>10%</b>	20%	BoN, bessere Regelung	
		besserer Kompressor ***	5%	<b>10%</b>	30%	richtig dimensioniert	
	<b>System</b>	<b>Gesamtoptimierung</b>	State of the Art	20%	<b>30%</b>	50% und mehr	Standard einer Neuanlage ****

LF Lastfaktor  
BoN Betrieb ohne Nutzen

\*) FU IE3 bedeutet hier besser als FU IE2 (FU IE3 ist heute in den Normen noch nicht definiert).  
 \*\*) Die Verluste der Transmission können vermindert werden, indem beim Direct Drive keine Transmission mehr nötig ist, oder die Riementechologie verbessert oder das Getriebe weggelassen und durch einen Frequenzumrichter ersetzt wird.  
 \*\*\*) "bessere" Pumpe, Ventilator und Kompressor heisst hier, effizientere (gemäss Ecodesign-Richtlinie mit höherem EEI) und leistungs-angepasste Anwendung  
 \*\*\*\*) "Standard einer Neuanlage", oder State of the Art, bedeutet hier, dass alle angewendeten Komponenten gemäss Ecodesign-Richtlinie mit höherem EEI und leistungs-angepasst sind sowie als System optimiert für den erforderlichen Betriebsbereich sind.

Quellen: Topmotors und Easy 2013, eigene Schätzungen CUB 2022.

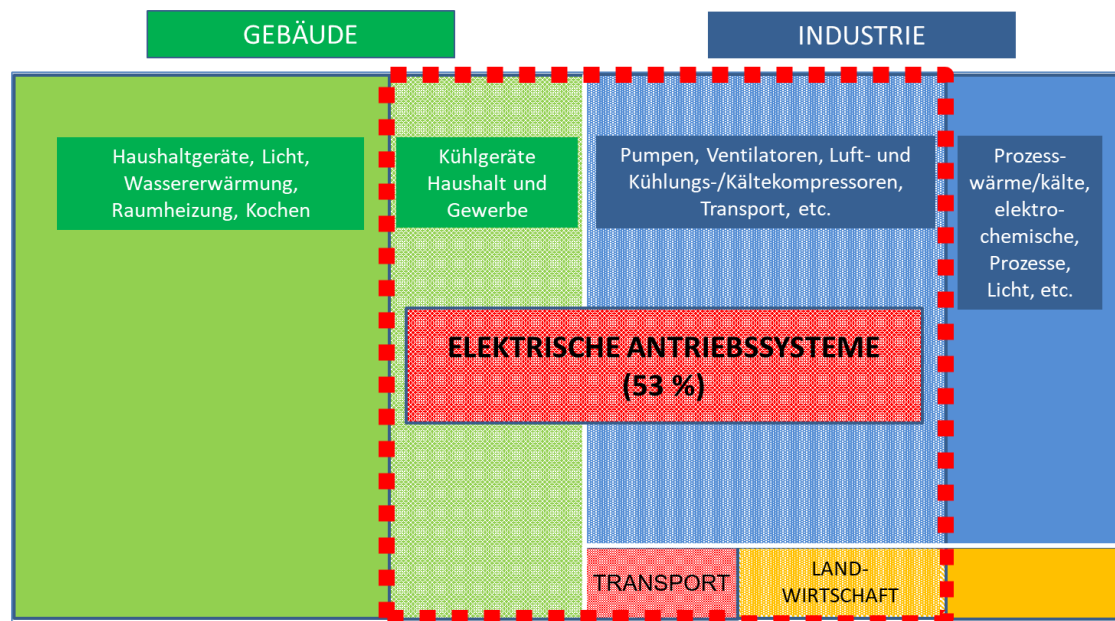
### 3. Bestand der Antriebssysteme

Vorbemerkung: Die verfügbaren Informationen zur Schätzung des Bestandes der Antriebssysteme in der Schweiz sind ungenügend zur Beurteilung des Energieverbrauches. Es gibt keine statistische Zählung oder eine systematische Beurteilung des Bestandes. Es sind allerdings Verkaufszahlen für Teilbereiche des Marktes verfügbar. Zudem gibt es approximative Schätzungen des elektrischen Energieverbrauches der Antriebssysteme in der Schweiz und weltweit.

#### 3.1. Global

Die IEA hat 2016 den elektrischen Energieverbrauch von allen Arten von stationären, rotierenden elektrischen Antriebssystemen<sup>58</sup> mit 53 Prozent des gesamten globalen Elektrizitätsverbrauchs geschätzt. In der früheren IEA Untersuchung von 2011 wurde von 45 bis 46 Prozent ausgegangen (Waide & Brunner, IEA 2011). Tendenziell gibt es durch die rascheren Effizienzgewinne beim Licht und den Haushaltgeräten sowie dem Zuwachs bei Wärmepumpen, Kälteanlagen und Elektrofahrzeugen eine stetige Steigerung.

Abbildung 16: Globaler Anteil der Elektrizität für Antriebssysteme



Quelle: IEA WEO 2016.

<sup>58</sup> Unter allen Arten von stationären, rotierenden elektrischen Systemen wird heute verstanden, was von IEC 60034-1 und IEC 60034-30-1 im Bereich von grösser als 120 W betriebenen Motoren (aller Typen) erfasst wird. Nicht inbegriffen sind demnach tragbare Systeme und solche kleiner als 120 W.

### 3.2 Schweiz

Für die Schätzung des elektrischen Energiebedarfs der Antriebssysteme stehen zwei komplementäre Datenbanken des BFE zur Verfügung:

- Die Analyse des Energieverbrauchs nach Verwendungszweck (vgl. Tabelle 19)
- Die jährlichen Energieverbrauchserhebungen bei Industrie und Dienstleistungen (vgl. Tabelle 20).

Dabei ist die Klärung der Abgrenzung wichtig: Die Klärung der Abgrenzung thermisch (hauptsächlich fossil) /elektrisch ist eindeutig. Unter dem Aspekt "alle elektrischen Antriebssysteme" werden auch Kühl-/Gefriergeräte in Haushalt und Gewerbe mitgezählt. Ebenso fallen Transportsysteme (Eisenbahnen, Trams, Seilbahnen, etc.) darunter.

Für eine engere Beurteilung der "industriellen Antriebssysteme" (bezieht sich allerdings eher auf die Grösse und Technik der Anwendung, als auf die Sektor Zuweisung) qualifizieren:

- im Industriesektor und Gewerbe die meisten elektrischen Anwendungen für Antriebssysteme und Prozesse sowie Haustechnik/Klima/Lüftung, eventuell unter Einbezug der grossen gewerblichen Geräte für Waschen, Trocknen und Kühlen/Gefrieren,
- im Dienstleistungssektor Anwendungen für die Haustechnik/Klima/Lüftung in grossen Gebäuden wie Hochschulen, Spitäler, Warenhäuser, Verwaltungskomplexe, etc.,
- im Haushaltsektor Anwendungen für die Haustechnik/Klima/Lüftung in grossen Siedlungen für Wohnbauten (ohne grossserienmässig hergestellte Haushaltgeräte).

Trotz der unterschiedlichen Herleitungen aus verschiedenen Quellen stimmen die so gefundenen Abschätzungen über den gesamten elektrischen Energieverbrauch von Antriebssystemen ziemlich gut überein.

**Tabelle 19: Stromverbrauch Schweiz im Industrie- und Dienstleistungssektor, geschätzter Anteil für elektrische Antriebe**

Schweiz 2019		Total	Industrie	Dienstleistungen
<b>Sektoren Industrie &amp; Dienstleistungen</b>				
Stromverbrauch	TWh/a	<b>29.7</b>	14.2	15.5
Stromkosten	Mio. CHF/a	5'376.3	2'275.2	3'101.1
CO <sub>2</sub> -Emission	k Tonnen/a	9'850.1	5'118.5	4'720.8
Beschäftigte	-	4'552'867	982'009	3'570'858
Stromverbrauch pro Person und Jahr	MWh/a	6.53	14.48	4.34
Stromkosten pro Person und Jahr	CHF/Person a	1'181	2'317	868

Schweiz 2019		Total	Industrie	Dienstleistungen
<b>Anteil Antriebe</b>	<b>(geschätzt)</b>		<b>80%</b>	<b>40%</b>
Stromverbrauch	TWh/a	<b>17.6</b>	11.4	6.2
Stromkosten	Mio. CHF/a	3'060.6	1'820.2	1'240.4
CO <sub>2</sub> -Emission	k Tonnen/a	5'983.1	4'094.8	1'888.3
Beschäftigte	Mio.	4'552'867	982'009	3'570'858
Stromverbrauch pro Person und Jahr	MWh/a	3.86	11.58	1.74
Stromkosten pro Person und Jahr	CHF/Person a	672	1'853	347

Quelle: Daten BFE/Helbling et al. 2019: Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Bern (Auswertung CUB).

**Tabelle 20: Stromverbrauch Schweiz nach Verwendungszwecken, geschätzter Anteil für elektrische Antriebe**

Elektrizität Endverbrauch Schweiz 2020 für elektrische Antriebe [TWh/a]	Antriebe, Prozesse	Klima, Lüftung, Haustechnik	Kühlen, Gefrieren	Total
Private Haushalte	4.2	1.1	1.6	6.9
Dienstleistungen	4.4	4.2	0.0	8.5
Industrie	9.3	1.4	0.0	10.7
Verkehr (Bahn, Tram)	2.3			2.3
<b>Total TWh/a</b>	<b>20.2</b>	<b>6.7</b>	<b>1.6</b>	<b>28.5</b>
	36%	12%	3%	51%
Total (ohne Kühlen/Gefrieren) TWh/a	<b>20.2</b>	<b>6.7</b>	<b>0.0</b>	<b>26.9</b>
	36%	12%	0%	48%
Total elektrischer Endverbrauch (TWh/a)				55.9

Quelle: Daten BFE/Helbling et al. 2019: Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Bern (Auswertung CUB).

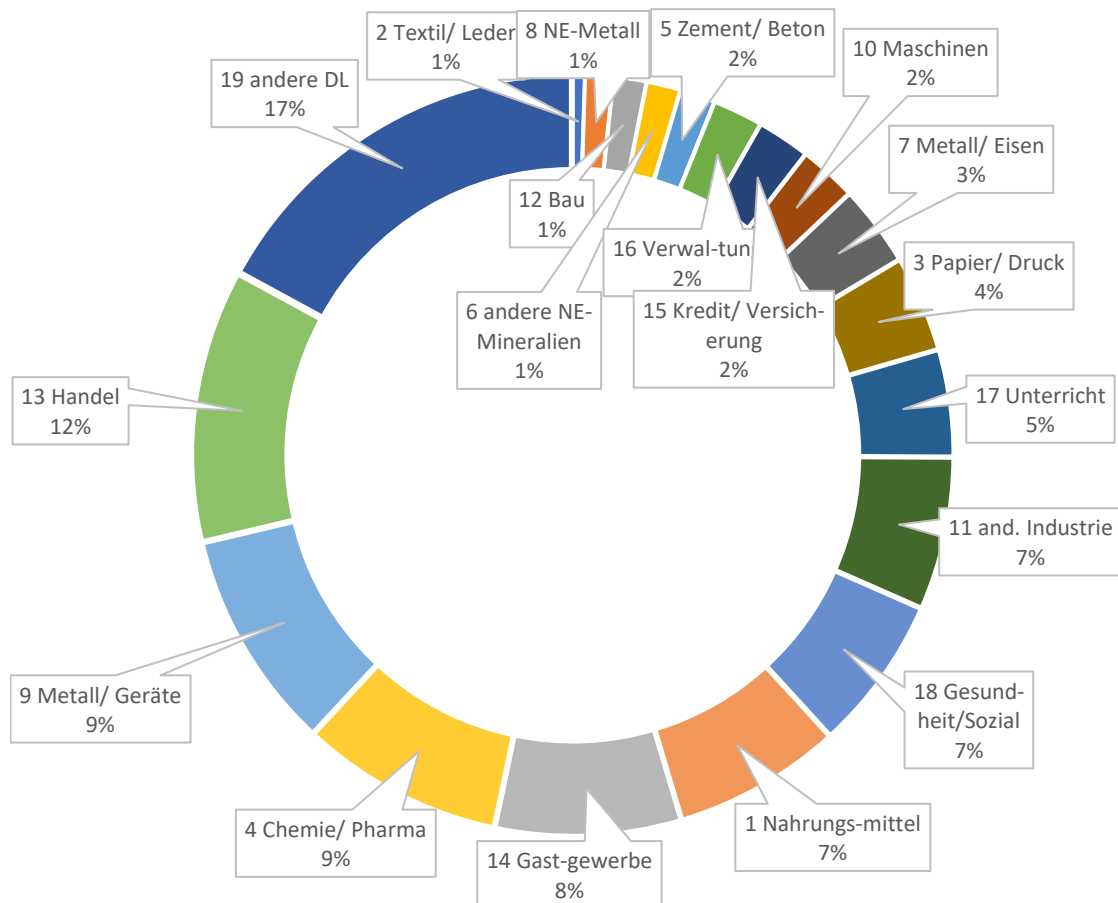


### 3.3. Sektoren und Branchen

Für den elektrischen Energieverbrauch der Sektoren Industrie und Dienstleistungen liegen jährliche Erhebungsdaten des BFE (Helbling) auf Stufe Branchen vor. Damit sind die wichtigsten und grössten energieverbrauchenden Branchen leicht identifizierbar (siehe Abbildung 17):

- Industrie: Chemie/Pharma, Metall/Geräte und Nahrungsmittel
- Dienstleistungen: Handel, Gesundheit/Sozial und Gastgewerbe.

**Abbildung 17: Branchen in der Industrie und im Dienstleistungssektor, nach Anteil am Stromverbrauch sortiert (Schweiz 2019)**



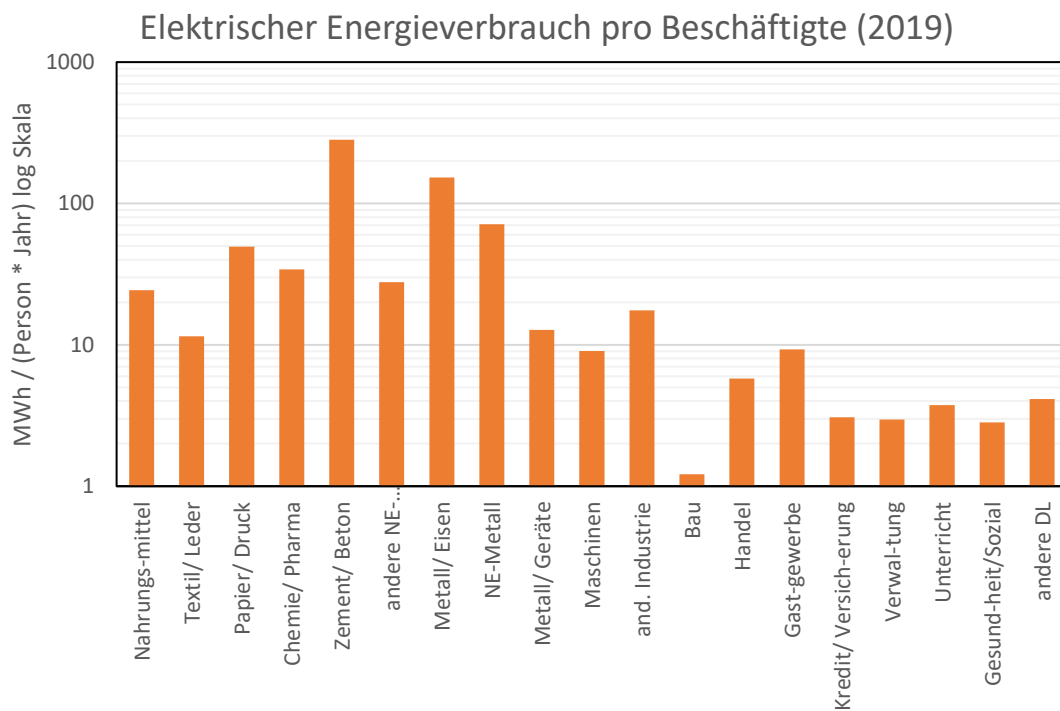
Quelle: Daten BFE/Helbling et al. 2019: Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Bern (Auswertung CUB).

Deutlicher sind die Unterschiede des spezifischen Elektrizitätsverbrauchs der Branchen pro Beschäftigte (vgl. Abbildung 18). Dabei stehen alle Industriebranchen mit höheren Werten

gegenüber den Dienstleistungsbranchen hervor. Die höchsten spezifischen Elektrizitätsverbräuche weisen folgende Branchen auf:

- Industrie: Zement/Beton, Metall/Eisen und Nicht-Eisen Metalle,
- Dienstleistungen: Gastgewerbe und Handel.

**Abbildung 18: Spezifischer elektrischer Energieverbrauch in den Branchen des Industrie- und Dienstleistungssektors pro Beschäftigte (2019)**



Quelle: Daten BFE/Helbling et al. 2019: Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Bern (Auswertung CUB).

Ein Fördermodell kann sich nun auf die hohen Elektrizitäts-verbrauchenden Branchen oder auf die hohen spezifischen Elektrizitätsverbrauch pro Beschäftigte, oder beides ausrichten.

### 3.4 Alter der Antriebssysteme

Für die Erneuerung bestehender Antriebssysteme sind das Alter und die Betriebsstunden die markanten Parameter. Aufgrund der Untersuchungen von Topmotors und des ProKilowatt Förderprogramms Easy sind direkt erhobene Daten von 4'142 Antriebssystemen in der Schweiz ausgewertet worden. Dabei ist insbesondere das hohe Alter im Bestand auffallend: gegenüber der als "technische Nutzungsdauer" definierten, nach Grösse gestuften, Einsatzdauer von 10 bis 20 Jahren (vgl. Tabelle 21), sind 56 Prozent der untersuchten Anlagen zu alt, sogar fast dop-

pelt so alt wie geplant (vgl. Abbildung 19). Das bedeutet, dass im Anlagenbestand ein sehr grosses Erneuerungspotential schlummert, weil alte Anlagen typischerweise wesentlich geringere Wirkungsgrade aufweisen, in vielen Fällen technologisch überholt sind und nicht mehr im ursprünglichen Lastbereich eingesetzt werden.

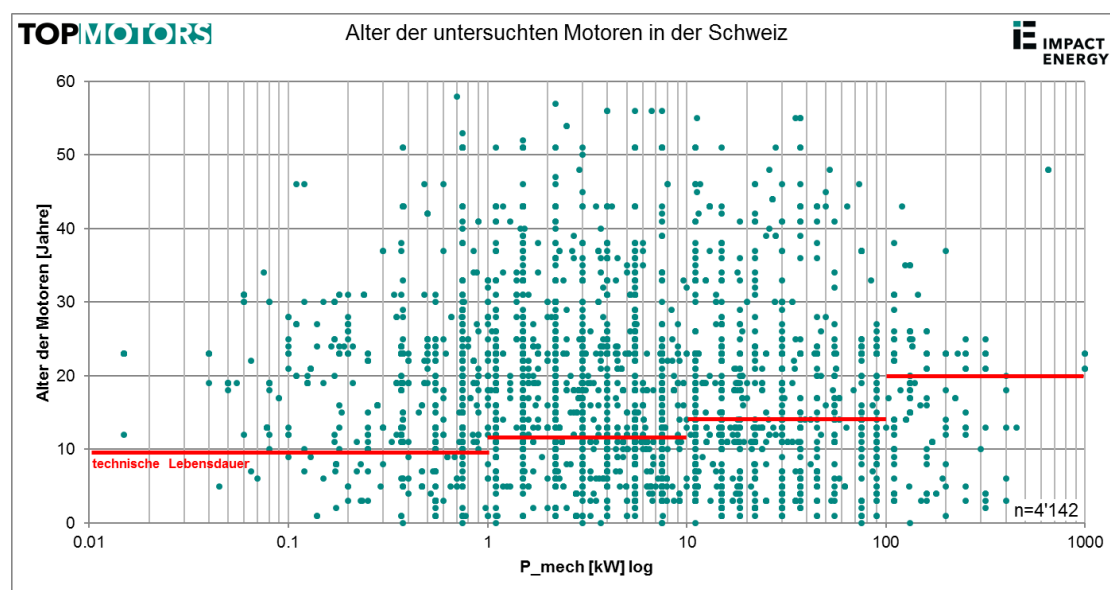
Heute werden laufende Anlagen meist erst ersetzt, wenn sie gravierende und wiederkehrende Defekte (z.B. aufwendiger Wicklungersatz) haben, grosse Wartungsaufwendungen erfordern (Gleichstrommotoren, regelmässiger Bürstenwechsel) oder andere Probleme mit der Zuverlässigkeit (Vibrationen, Überhitzungen, Lagerschäden) aufweisen. Zudem haben viele Unternehmen einzelne oder systematische Lagermotoren, die bei Defekten rasch eingesetzt werden können. Dies garantiert einen kleinen Produktionsunterbruch, erlaubt aber kein technisches upgrading oder eine Neu-Dimensionierung entsprechend der tatsächlichen Aufgabe.

**Tabelle 21: Technische Lebensdauer von Antriebssystemen**

Nennleistungsbereich(kW)	Technische Lebensdauer (Jahre)
0.12–1 kW	10
1–10 kW	12
10–100 kW	15
100–1000 kW	20

Quelle: Anibal de Almeida, Ecodesign Motors Lot 11, 2008).

**Abbildung 19: Alter der untersuchten Antriebssysteme in der Schweiz**  
(4'142 Antriebssysteme, 56% älter als erwartete technische Nutzungsdauer)



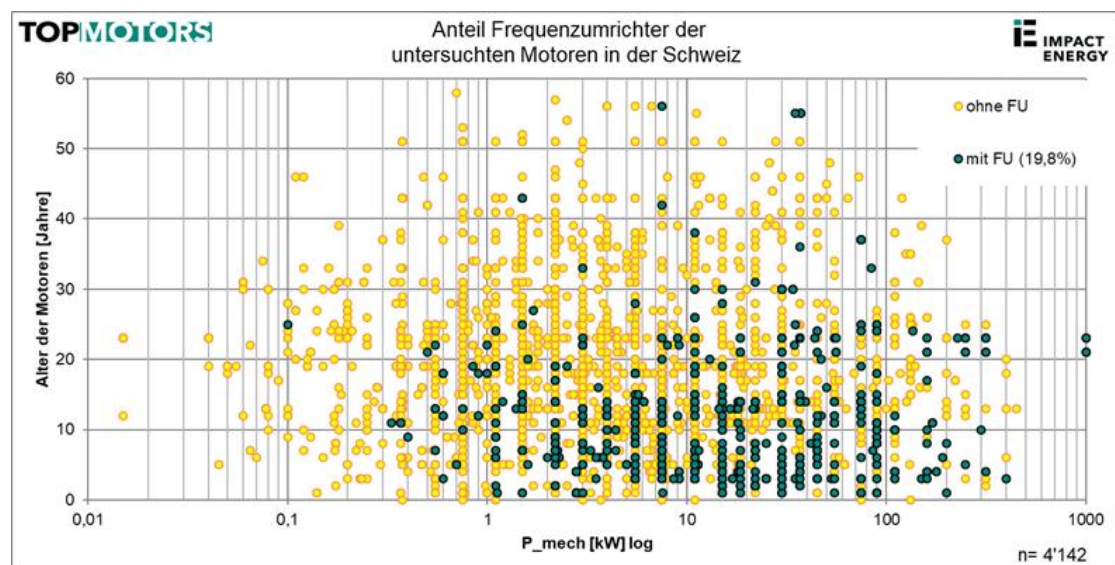
Quelle: Topmotors und ProKilowatt Förderprogramm Easy 2013.

### 3.5 Verwendung von Frequenzrichter für Lastregelung

Dieselbe Untersuchung hat den Einsatz von elektronischen Frequenzrichtern zur kontinuierlichen Lastregelung untersucht. Tatsächlich waren 2013 nur 19.8 Prozent der Anlagen mit einem FU ausgerüstet (vgl. Abbildung 20). Der FU-Einsatz hat durch die regelbare Drehzahl eine grosse Effizienzwirkung, besonders bei Pumpen im geschlossenen Kreislauf und bei Ventilatoren. Hier kann eine FU-geregelte Anlage gegenüber einer unregulierten Anlage, die ständig auf Nennleistung mit der Nenndrehzahl arbeitet, grosse Einsparungen bewirken: die benötigte elektrische Leistung steigt mit der Fördermenge in der dritten Potenz. Somit kann eine Drehzahlverminderung um 10 Prozent bereits eine Energieeinsparung von 27 Prozent bewirken ( $1-0.9^3=0.27$ ).

Wir gehen davon aus, dass heute der FU-Anteil im Bestand sich bereits leicht erhöht hat (ca. 25%) und dass es aus anlagentechnischen und ökonomischen Gründen sinnvoll ist, einen Bestandesanteil von 40 bis 60 Prozent (je nach Anwendung) anzustreben.

**Abbildung 20: Verwendung von Frequenzrichtern bei bestehenden Antriebssystemen in der Schweiz** (4'142 Antriebssysteme, 19.8% mit FU)



Quelle: Topmotors und ProKilowatt Förderprogramm Easy 2013.

### 3.6 Betriebsstunden

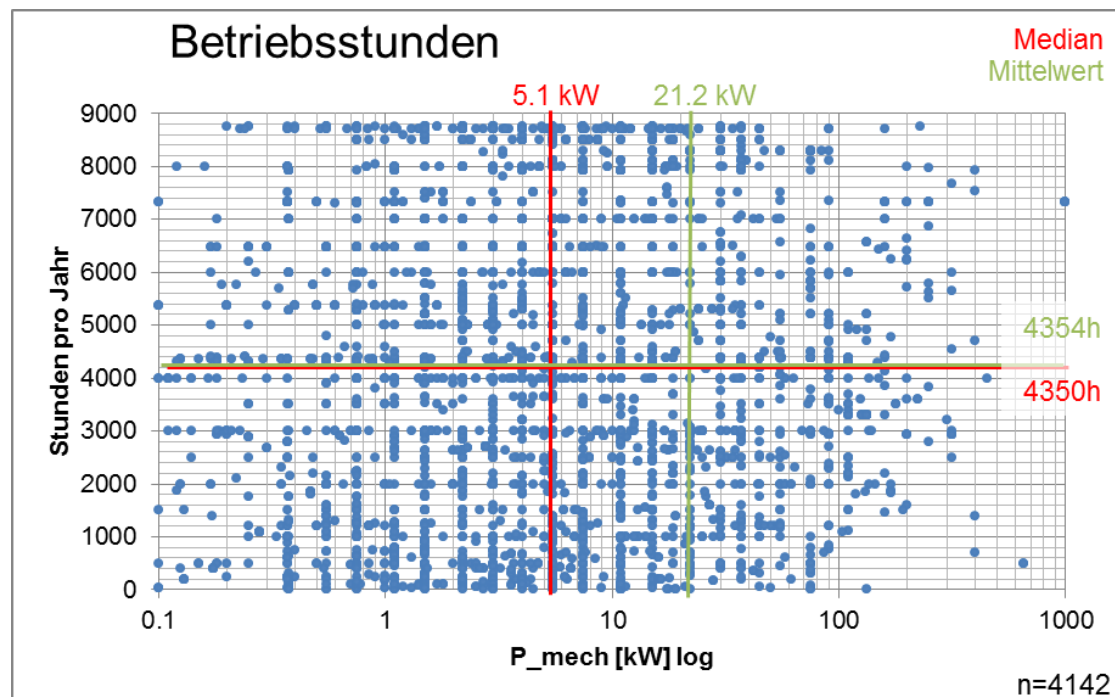
Die Easy-Untersuchungen von 2013 haben auch zuverlässige Daten zur effektiven Betriebsdauer der untersuchten Anlagen geliefert. Dabei zeigte sich bei einem Mittelwert von 4'354 h/a und einem Median von 4'350 h/a eine überraschend gleichmässige Verteilung über alle Grössenklassen von 0.1 kW bis 1'000 kW, allerdings mit grossen Abweichungen zwischen 0 (Stillstand ungenutzte Anlage) und 8'760 h/a (seltener Dauerbetrieb) im Einzelfall (vgl. Abbildung

21). Diese Mittelwerte für den Betrieb werden auch durch neuere amerikanische Untersuchungen (LBNL 2021) bestätigt.

Die Betriebszeit ist für die Wirtschaftlichkeit des energetisch bedingten Ersatzes einer Anlage sehr wichtig: bei industriellen Anlagen mit typischerweise 4'500 Betriebsstunden (nicht Vollbetriebsstunden<sup>59</sup>, der mittlere Lastfaktor beträgt nur 0.6–0.7) sind die Payback-Zeiten meist unter 5 Jahren erreicht. Bei Anlagen im Dienstleistungsbereich mit typischerweise rund 2'500 Betriebsstunden (entsprechend der Bürozeit oder Ladenöffnungszeit) dauert die Payback-Zeit doppelt so lange. Bei Anlagen mit weniger als 1'000 Betriebsstunden ist die Payback-Zeit oft nicht im gewünschten Bereich (d.h. nicht wesentlich kürzer als die technische Nutzungsdauer).

**Abbildung 21: Betriebsstunden bei bestehenden Antriebssystemen in der Schweiz**

(4'142 Antriebssysteme, Mittelwert 4'345 h/a)



Quelle: Topmotors und ProKilowatt Förderprogramm Easy 2013.

### 3.7 Überdimensionierung

Sehr häufig werden Anlagen beim Bau mit ungenügenden Grundlagen geplant, ungenau dimensioniert und damit in den aller meisten Fällen aus vermeintlichen Sicherheitsgründen überdimensioniert. Der Betrieb einer Anlage kann leicht mit dem Lastfaktor (LF) in Prozent, d.h. dem

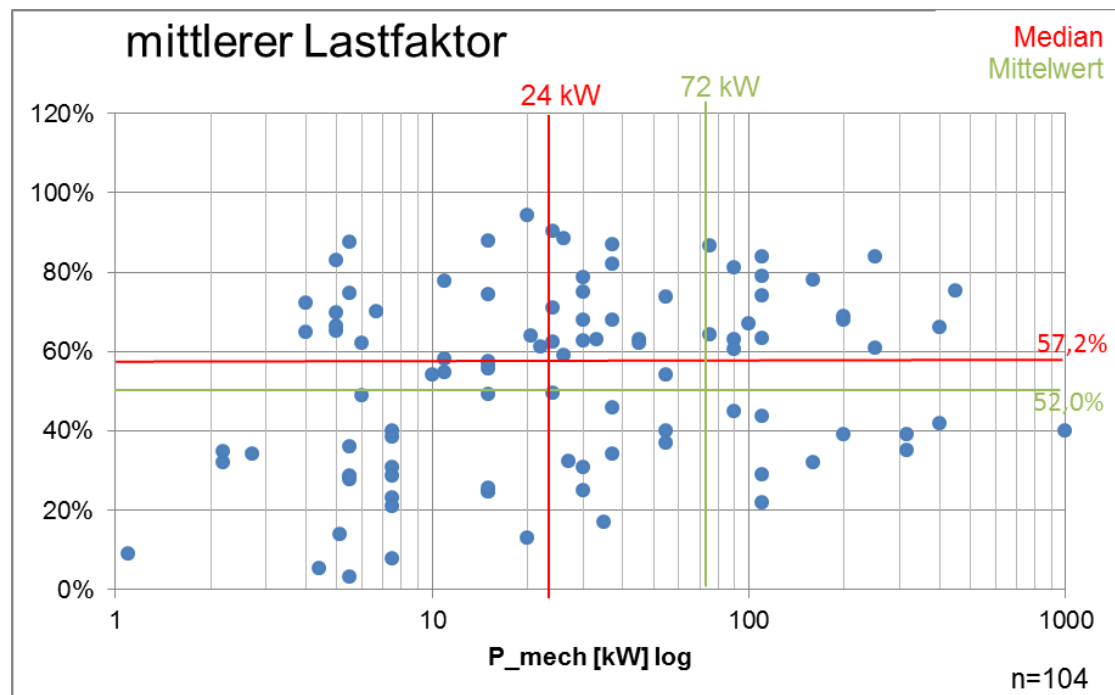
<sup>59</sup> Eine Vollbetriebsstunde ist der Betrieb eines Motors bei nominaler Vollast. Eine Betriebsstunde heisst, die Anlage läuft in wechselnden Lastzuständen, was mit dem mittleren Lastfaktor (LF) beschrieben wird.

Verhältnis der tatsächlich bezogenen mittleren elektrischen Leistung im Verhältnis zur installierten Nennleistung, beurteilt werden. Eine starke Überdimensionierung (Lastfaktor oft oder sogar dauernd unter 60 Prozent der Nennleistung) führt zu einem stark abnehmenden Wirkungsgrad, sowohl beim Motor, beim FU wie auch bei den angetriebenen Anwendungen wie Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, etc. (siehe Abbildung 14).

Die Easy-Untersuchung hat 2013 bei 104 ausgemessenen Anlagensystemen einen mittleren Lastfaktor von 52 Prozent (Median 57.2 Prozent) gezeigt (vgl. Abbildung 22). Daraus kann ohne weiteres geschlossen werden, dass bei der Erneuerung eine Redimensionierung in rund zwei Drittel der Fälle sinnvoll ist. Durch die kleinere Dimensionierung der neueren Anlage können sowohl Anlagekosten eingespart, als auch Effizienzgewinne verbucht werden.

**Abbildung 22: Mittlerer Lastfaktor bei bestehenden Antriebssystemen in der Schweiz**

(104 ausgemessene Antriebssysteme, Mittelwert 52%)



Quelle: Topmotors und ProKilowatt Förderprogramm EASY 2013.

### 3.8 Lastprofil

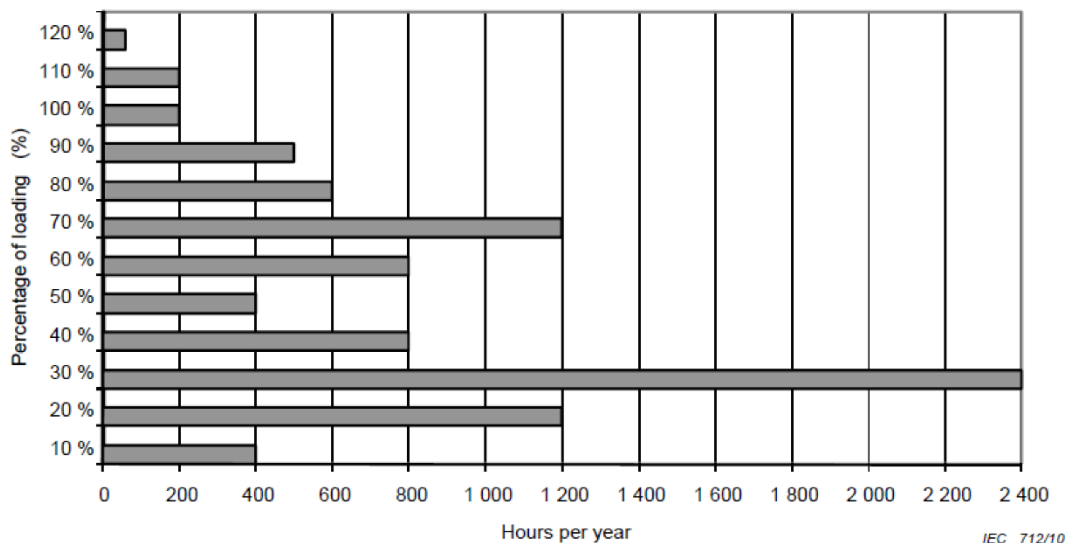
Das Lastprofil beschreibt die tägliche, wöchentliche oder jährliche Verteilung der Betriebsstunden einer Anlage im entsprechenden Lastzustand (Drehzahl, Drehmoment, Leistung). zeigt einen möglichen, nicht untypischen Fall, der folgende wichtige Phänomene zeigt:

- Die Anlage läuft 1'600 h/a (18%) der jährlichen Betriebszeit mit einem Lastfaktor von 20 Prozent oder weniger bei sehr schlechtem Wirkungsgrad.

- Die Anlage läuft 2'400 h/a (27%) mit 30 Prozent Lastfaktor bei schlechtem Wirkungsgrad.
- Die Anlage läuft 3'800 h/a (43%) zwischen 40 und 80 Prozent bei vermindertem Wirkungsgrad.
- Die Anlage läuft selten (960 h/a, 11%) bei Nennleistung zwischen 90 und 120 Prozent beim besten Wirkungsgrad.

Für die Optimierung jeder Anlage ist die Kenntnis des Lastprofils und des Start-/Stopverhalten entscheidend wichtig. Das Lastprofil kann bei bestehenden Anlagen durch kurze Messperioden (1 Tag bis 1 Woche), längere Beobachtungen und Befragungen der Maschinenführer und -programmierer eruiert werden. Bei neuen Anlagen ist die rechnerische Analyse entscheidend.

**Abbildung 23: Beispiel des jährlichen Lastprofils eines Antriebssystems**



Quelle: IEC 60034-31.

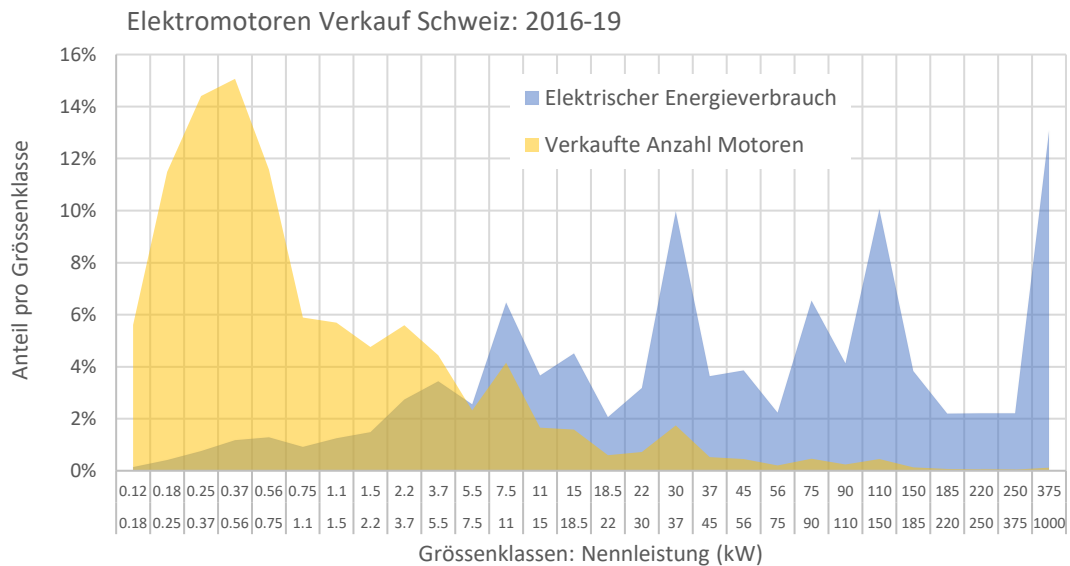
#### 4. Verkauf neuer Motoren und Antriebssysteme

Vorbemerkung: Als aktuelle wesentliche Quelle für die Schweiz dient der Topmotors Market Report 2017 bis 2020. Er beinhaltet die jährlichen Verkaufszahlen von Motoren, FU, teilweise auch von Umwälzpumpen, Wasserpumpen und Ventilatoren. Er zeigt detaillierte Angaben der Grössen- und Effizienzklassen der Motoren sowie ihre Preise.

#### 4.1 Anzahl, Grösse und Art der verkauften Motoren

Elektromotoren werden weltweit in 28 definierten und standardisierten Grössenklassen (sogenannte Normmotoren gemäss IEC 60034-30-1) zwischen 0.12 kW und 1000 kW hergestellt. Die verkauften Stückzahlen sind im Bereich von 0.2 bis 2 kW sehr gross. Demgegenüber ist der elektrische Energieverbrauch der kleinen Motoren bei Standardbetriebsbedingungen (4'500 Betriebsstunden pro Jahr, Lastfaktor 0.7) relativ gering. Bei den Grössenklassen zwischen 7 kW bis 150 kW trifft das Gegenteil zu: geringe verkaufte Stückzahlen, aber hoher Anteil des elektrischen Energieverbrauchs (vgl. Abbildung 24).

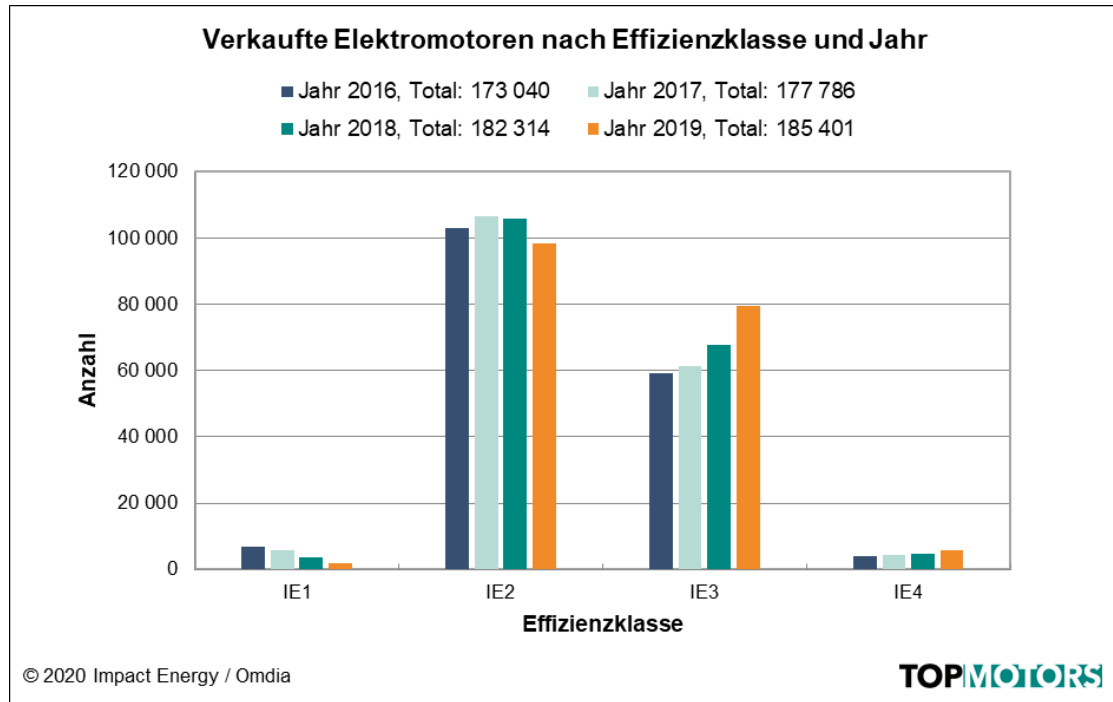
Abbildung 24: Elektromotorenverkauf Schweiz nach Verbrauch und Stückzahlen pro Grössenklasse



Quelle: Topmotors Market Report 2017–2020.



Abbildung 25: Verkaufte Elektromotoren in der Schweiz nach Effizienzklasse, 2016–2019



Quelle: Topmotors Market Report 2017–2020.

Tabelle 22: Verkaufszahlen, Motorenleistung (mechanisch, Summe der Nennleistung) und theoretischer jährlicher Energieverbrauch bei Dauerbetrieb für in der Schweiz verkaufte Elektromotoren, 2016–2019

Jahr	Motoren Verkaufszahlen		Motorenleistung (mechanisch)		Energieverbrauch	
	Anzahl	Veränderung	MW	Veränderung	GWh/a	Veränderung
<b>2016</b>	173 040	–	958	–	3 290	–
<b>2017</b>	177 786	2.7%	1 090	4.4%	3 432	4.3%
<b>2018</b>	182 314	2.5%	1 145	5.2%	3 608	5.1%
<b>2019</b>	185 401	1.7%	1 165	10.7%	3 982	10.4%

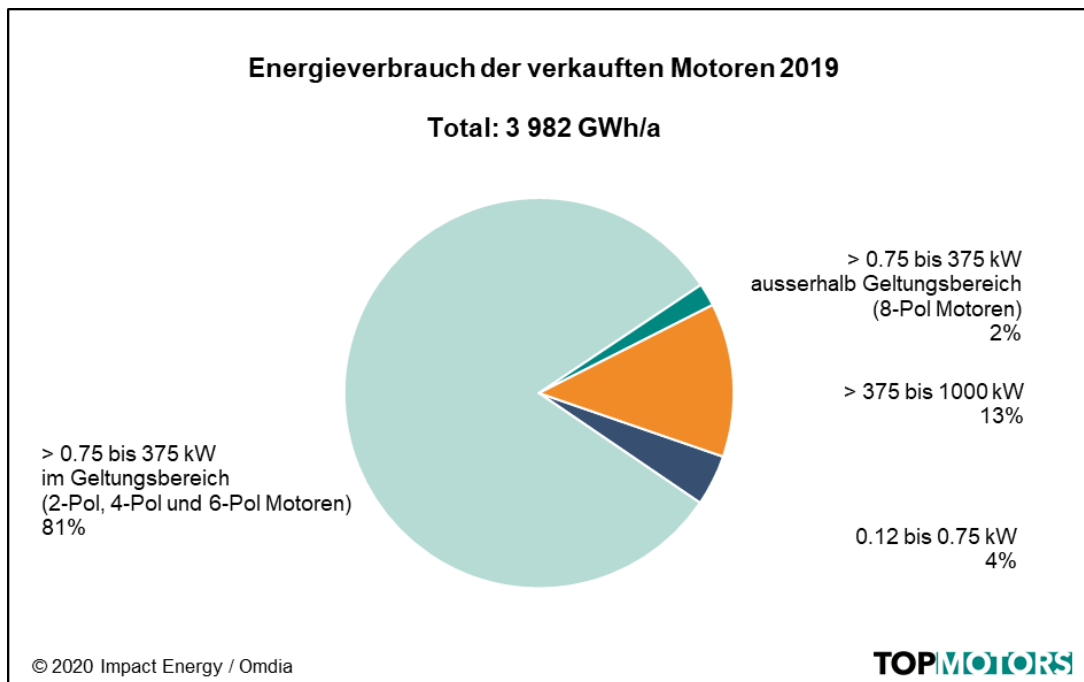
Quelle: Topmotors Market Report 2017–2020.

**Tabelle 23: Mittlere Motorenleistung (mechanisch, Mittelwert der Nennleistung) und mittlerer theoretischer jährlicher Energieverbrauch bei Dauerbetrieb für in der Schweiz verkaufte Elektromotoren, 2016–2019**

Jahr	Mittlere Motorenleistung (mechanisch)		Mittlerer Energieverbrauch	
	kW	Veränderung	MWh/a	Veränderung
2016	5.54	–	19.01	–
2017	5.62	1.62%	19.30	1.55%
2018	5.77	2.62%	19.79	2.51%
2019	6.28	8.82%	21.48	8.52%

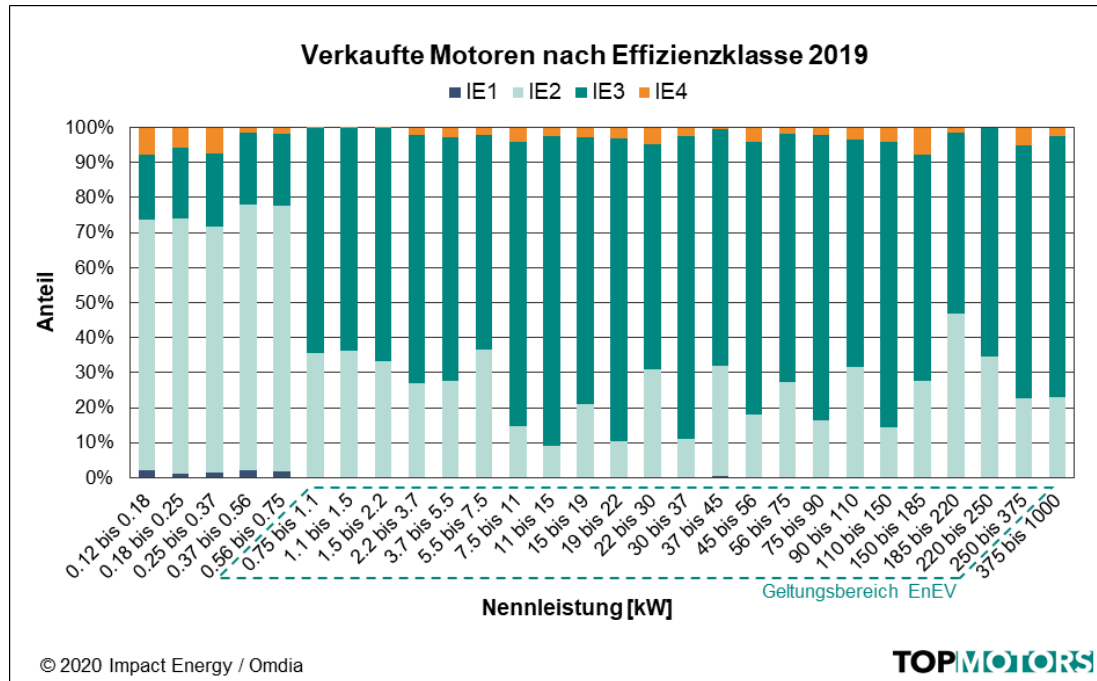
Quelle: Topmotors Market Report 2017–2020.

**Abbildung 26: Theoretischer jährlicher Energieverbrauch bei Dauerbetrieb der verkauften Elektromotoren nach Nennleistungsklasse, 2019**



Quelle: Topmotors Market Report 2020.

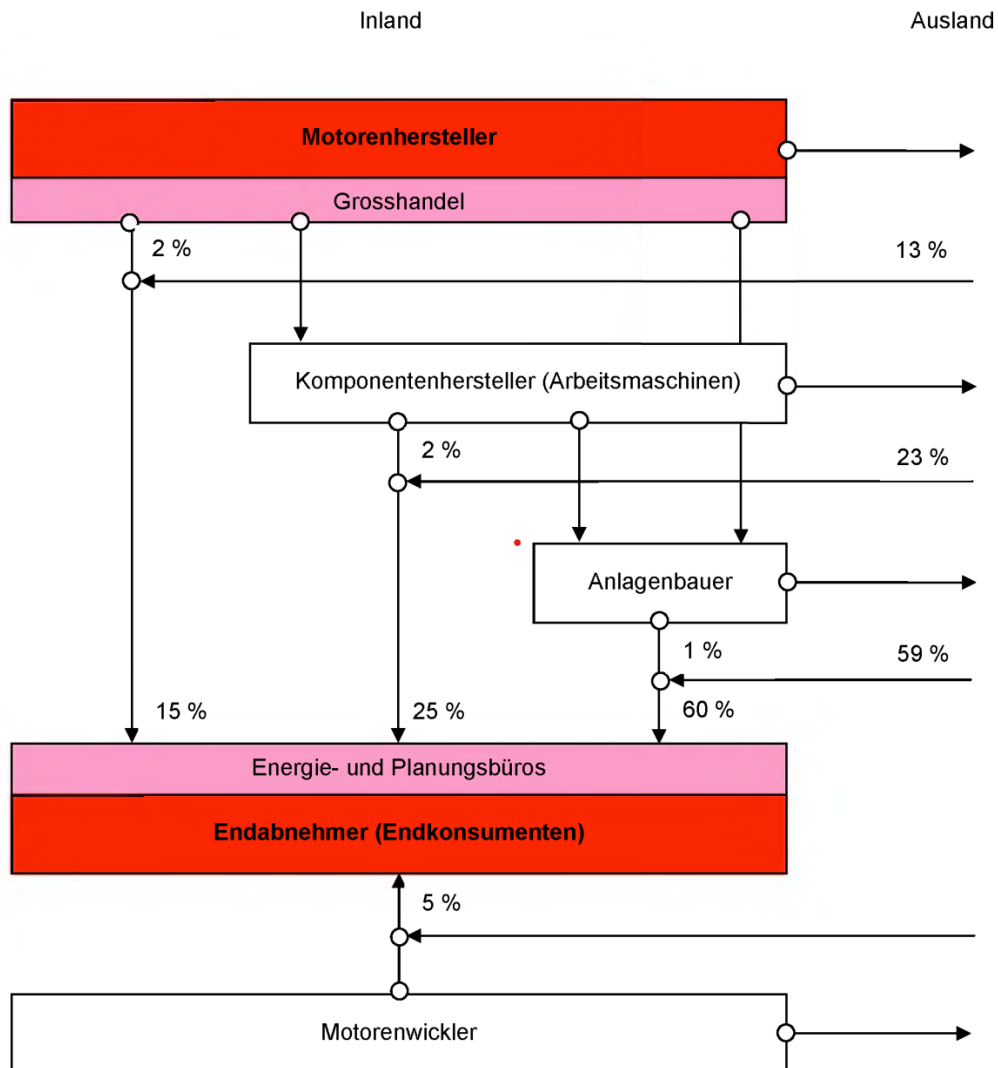
Abbildung 27: Verkaufte Motoren (mit 2, 4 und 6 Polen) nach Effizienzklassen und Nennleistung, 2019



Quelle: Topmotors Market Report 2020

## 4.2 Marktstruktur und Akteure Motorenmarkt

Abbildung 28: Marktstruktur und Akteure des schweizerischen Motorenmarktes in der Industrie (inkl. Import/Export) (Prozentzahlen sind Schätzungen der Anteile der verkauften Motoren)



Quelle: W. Baumgartner/BASICS 2006 (nach ISI 1999).

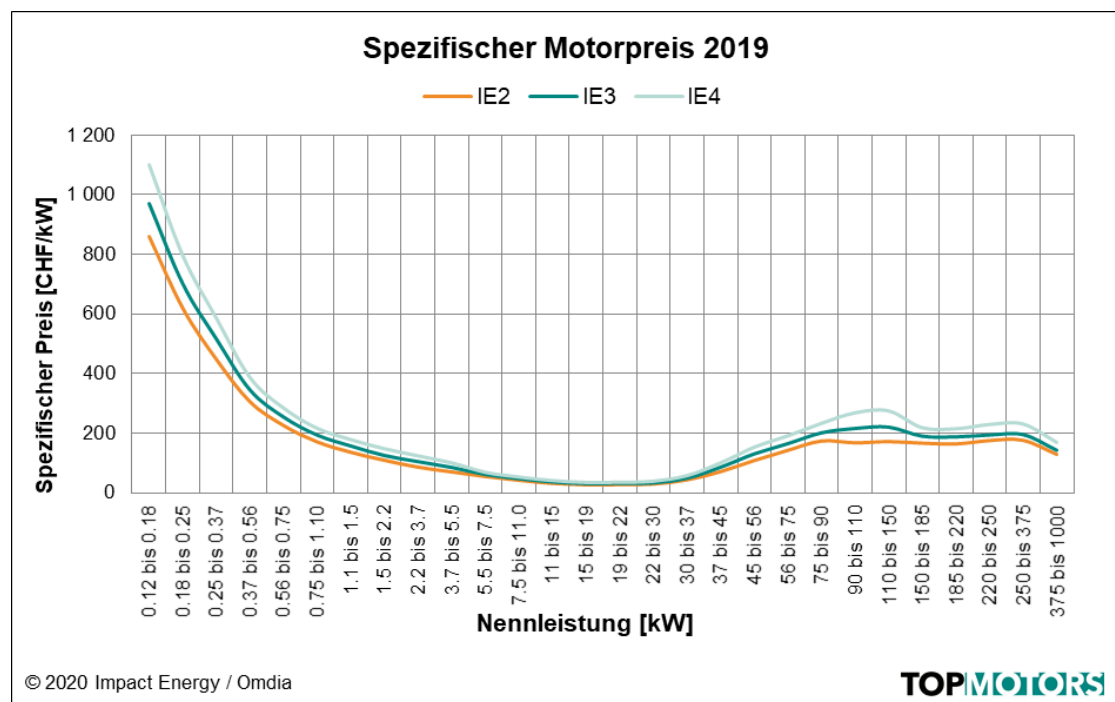
## 4.3 Motoren- und Frequenzrichter (FU)-Preise

Vorbemerkung: Die Preise für Motoren und FU sind aufgrund der Erhebungen von Topmotors Market Report 2016–2019 relativ gut bekannt. Unsicherheiten bestehen bei Rabatten für regelmässige Kunden mit grossem Abnahmevermögen im Vergleich zu den erhobenen Listenpreisen.

## Motoren

Generell gilt, dass aus geometrischen und mechanischen Gründen, trotz hoher Stückzahlen, kleine Motoren unter 1 kW die höchsten spezifischen Preise in CHF/kW Nennleistung aufweisen (vgl. Abbildung 29). Zwischen 1 kW und 50 kW sind die spezifischen Preise wesentlich tiefer, weil hier offenbar das grosse und profitablere Marktvolumen liegt, die Motoren auf Lager produziert werden können, resp. der Preisdruck durch Mitbewerber/Wettbewerber am stärksten ist. Bei grossen Motoren über 100 kW sind die spezifischen Preise wieder höher, da hier sehr viele "Customized" Motoren verkauft werden, die erst nach Katalog auf Bestellung hergestellt werden und die einen hohen Anteil von Beratung und spezifischen Modifikationen aufweisen.

Abbildung 29: Spezifischer Motorpreis in CHF/kW für IE2, IE3 und IE4, 2019



Quelle: Topmotors Market Report 2020.

Der Kostenvergleich in Tabelle 24 zeigt, dass bei den Grössen von 0.5 kW bis 50 kW der Einsatz eines IE4 Motors gegenüber einem IE3 Motor bereits wirtschaftlich interessant ist, d.h. dass die Zusatzkosten unter 3 Jahren amortisiert werden können.

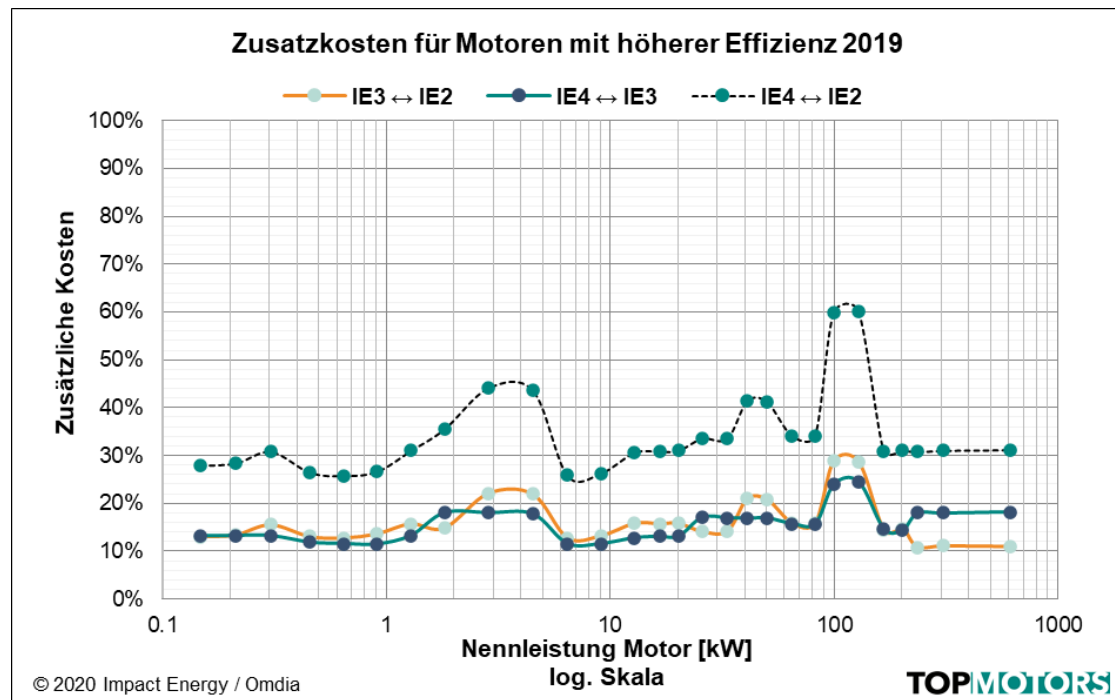
Tabelle 24: Motoren der Effizienzklassen IE3 und IE4 im Kostenvergleich

Kostenvergleich		Effizienzklasse				Vergleich	
Nennleistung	Nutzungsdauer	IE3		IE4		Amortisation	Ersparnis (Energie+ Motor)
		Kosten		Kosten			
		Motor	Energie	Motor	Energie		
kW	Jahre	CHF	CHF	CHF	CHF	Jahre	CHF
0.5	10	160	2 445	179	2 330	1.7	96
5	12	388	25 598	457	24 896	1.0	633
50	15	6 557	300 955	7 667	297 170	2.9	2 675
500	20	97 818	3 937 500	115 631	3 908 997	6.2	10 690

Quelle: Topmotors Market Report 2020.

Abbildung 30 zeigt die Zusatzkosten von Motoren mit höherer Effizienz im ganzen Leistungsbereich zwischen 0.12 kW und 1'000 kW. Die Analyse zeigt hier, dass die Mehrkosten des alten Marktstandards IE2 gegenüber dem heute als Mindestanforderung vorgeschriebenen IE3 Motor im ganzen Leistungsbereich (ausser 100–150 kW) zwischen rund 10 und etwa 20 Prozent liegt.

Abbildung 30: Zusatzkosten für Motoren mit höherer Effizienz

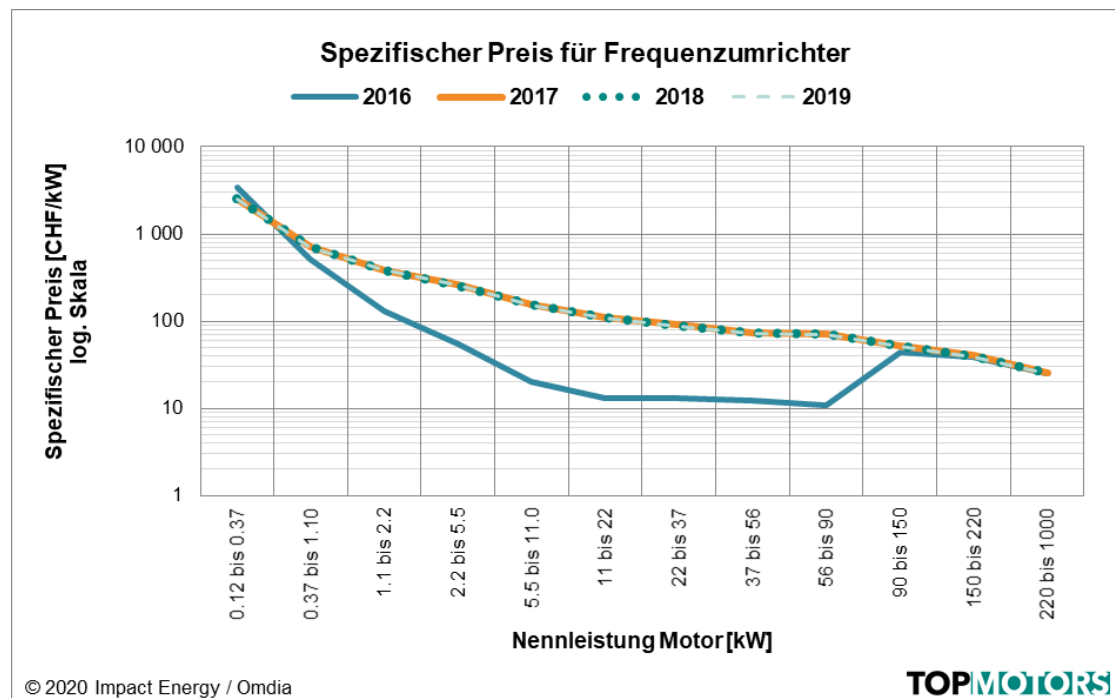


Quelle: Topmotors Market Report 2020

### Frequezumrichter (FU)

Generell gilt, dass aus geometrischen und elektronischen Gründen, trotz hoher Stückzahlen, kleine FU unter 1 kW die höchsten spezifischen Preise in CHF/kW aufweisen (vgl. Abbildung 31). Zwischen 1 kW und 1000 kW nehmen die spezifischen Preise kontinuierlich ab, weil hier offenbar das grosse und profitablere Marktvolumen liegt, die FU auf Lager produziert werden können, resp. der Preisdruck durch Mitbewerber/Wettbewerber am stärksten ist. In den Jahren 2017 bis 2019 waren die FU-Preise ziemlich unverändert.

Abbildung 31: Spezifischer FU-Preis in CHF/kW, 2019



Quelle: Topmotors Market Report 2020.

### Pumpen und Ventilatoren: Ist-Zustand und Marktentwicklungstendenzen

Die Markterhebungen des Topmotors Market Report sind für Pumpen (Umwälzpumpen und Wasserpumpen) und Ventilatoren weniger lang und weniger umfangreich. Sie enthalten weder detaillierte Grössenklassen, Effizienzklassen oder Preise. Aber sie weisen Verkaufszahlen der verschiedenen Pumpen- und Ventilatoren gemäss den entsprechenden Ecodesign-Richtlinien (641/2009 für Umwälzpumpen, 547/2021 für Wasserpumpen, sowie 327/2011 für Ventilatoren) und einige Vergleichsverkaufszahlen aus dem europäischen Markt auf.

**Tabelle 25: Verkaufszahlen für Umwälzpumpen nach Typ (integrierte & nicht-integrierte), Schweiz und EU, 2019**

Umwälzpumpen Verkaufszahlen 2019	Schweiz	EU
<b>Pumpentyp</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anzahl</b>
nicht-integrierte	183 095	7 356 188
integrierte	221 266	9 170 858
<b>Total</b>	<b>404 361</b>	<b>16 527 046</b>

Quelle: Topmotors Market Report 2020

**Tabelle 26: Verkaufszahlen für Umwälzpumpen nach Energieeffizienzindex, Schweiz und EU, 2019**

Umwälzpumpen Verkaufszahlen 2019	Schweiz		EU	
Energieeffizienzindex	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
EEl > 0.23	78	< 1%	975 812	6%
EEl ≤ 0.23	404 283	100%	15 551 234	94%
<b>Total</b>	<b>404 361</b>	<b>100%</b>	<b>16 527 046</b>	<b>100%</b>
CH Anteil gegenüber EU				2.4%

Quelle: Topmotors Market Report 2020.

**Tabelle 27: Verkaufszahlen für Wasserpumpen, Schweiz und EU, 2019**

Wasserpumpen Verkaufszahlen 2019	Schweiz		EU	
Nennleistung	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
< 7.5 kW	34 262	64%	1 767 033	64%
7.5–37 kW	17 659	33%	891 615	33%
> 37 kW	1 531	3%	81 867	3%
<b>Total</b>	<b>53 452</b>	<b>100%</b>	<b>2 740 515</b>	<b>100%</b>
CH Anteil gegenüber EU				2.0%

Quelle: Topmotors Market Report 2020.



Tabelle 28: Verkaufszahlen für Ventilatoren nach Nennleistung 2019, Schweiz und EU

Verkaufszahlen Ventilatoren 2019	Schweiz		EU	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
< 7.5 kW	91 741	76%	9 457 388	75%
7.5–37 kW	27 516	23%	2 908 881	23%
> 37 kW	1 760	1%	198 015	2%
<b>Total</b>	<b>121 016</b>	<b>100%</b>	<b>12 564 284</b>	<b>100%</b>
CH Anteil gegenüber EU				1.0%

Quelle: Topmotors Market Report 2020.

## A2. Befragte Experten (Schweiz)

**Tabelle 29: Befragte Experten (Schweiz)**

<b>Akteurgruppen</b>	<b>Organisationen</b>	<b>Interviewpartner</b>
Trägerschaften von ProKilowatt-Programmen	Energie Zukunft Schweiz (	Michael Arnold und Márton Varga
	EnAW (Effizienz+)	Erich Kalbermatter und Manuel Ziegler
	Planair (v.a. SPEED)	Nicolas Macabrey
	Enerprice	Adrian Zimmermann
	EPB	Michel Müller
	Alpiq	Manuel Mayer
	Impact Energy (Easy und TopFU)	Rolf Tieben (schriftliche Antworten)
Weitere Akteure	Electrosuisse	Mark Wunderlich (von act akkreditierter Energiespezialist)
	Küffer Elektro-Technik AG	Michael Kummer
	ABB	Ronald Wenger
	Cimark	Grégoire Blanc
	BFE	Simone Marchesi

Tabelle INFRAS und Impact Energy.

## A3. Ausführungen zu den Bausteinen 2 (EVU-Programm) und 3 (Innovationsprogramm)

### 1. Baustein 2: EVU-Programm

#### 1.1 Begründung

Der Baustein 2 EVU-Programm wurde zum einen durch die ausländischen Erfahrungen (USA: speziell Kalifornien) inspiriert und aufgenommen. In der Europäischen Union gibt es für EVU im Rahmen der Energieeffizienzrichtlinie<sup>60</sup> Vorschriften für Effizienzziele, die erreicht werden müssen. Die Einsparungen können mit einem Weissen Zertifikat<sup>61</sup> attestiert und sogar gehandelt werden. In einigen Ländern funktioniert das System der Weissen Zertifikate gut. In den USA gibt es bei den EVU eine lange Tradition für Effizienzprogramme. Dort ist es weit bekannt, dass eine Investition in Energieeffizienz günstiger ist, als eine Investition in Kapazitätsausbau (neue Kraftwerke). Diese Erkenntnis und die darauffolgenden Programme haben einen wichtigen Beitrag zum Phänomen des berühmten «Decoupling» geleistet, also die Trennung des Wirtschaftswachstums vom Energieverbrauch (trotz Wirtschaftswachstum keine Steigerung des Energieverbrauchs).

Zum anderen hat das Projektteam das Resultat der regelmässigen EVU Benchmarkings in der Schweiz analysiert. Gemäss dem letzten Benchmarking zum Jahr 2020<sup>62</sup>, bieten 33 der 92 untersuchten Stromlieferanten wirkungsorientierte Angebote (17)<sup>63</sup> oder Angebote mit bekannter Wirkung (16)<sup>64</sup> an. Das bedeutet, dass es bereits eine Pioniergruppe von EVU gibt, die in der Lage ist, gestützt auf ihre Erfahrungen eine Vorreiterrolle zu übernehmen.

Neben den in Gruppen organisierten Energieberatern (Zielvereinbarungen bei EnAW, act) und den verschiedenen kleineren und den wenigen grösseren Energieberatungsbüros (z.B. EZS, enerprice, etc.), stellt die Gruppe der bisher noch wenig in der Effizienz von Antriebssystemen

<sup>60</sup> Gemäss der Richtlinie zur Energieeffizienz (2012/27/EU), die im Dezember 2012 in Kraft trat, wurden die Mitgliedstaaten verpflichtet, nationale Richtwerte für die Energieeffizienz festzulegen. Damit sollte sichergestellt werden, dass die EU ihr Hauptziel, den Energieverbrauch bis 2020 um 20% zu senken, erreicht (<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/69/energieeffizienz>). Gemäss Artikel 7 muss jeder Mitgliedstaat ein Energieeffizienzverpflichtungssystem einführen. Dieses System muss gewährleisten, dass die Energieverteiler und/oder Energieeinzelhandelsunternehmen bis zum 31. Dezember 2020 ein kumuliertes Endenergieeinsparziel erreichen. «Dieses Ziel muss für den Zeitraum vom 1. Januar 2014 bis zum 31. Dezember 2020 mindestens der Erzielung neuer jährlicher Energieeinsparungen in einer Höhe von 1,5 % des jährlichen Energieabsatzes aller Energieverteiler oder Energieeinzelhandelsunternehmen an Endkunden nach ihrem über den letzten Dreijahreszeitraum vor dem 1. Januar 2013 gemittelten Absatzvolumen entsprechen.»

<sup>61</sup> Weisse Zertifikate sind Dokumente, die bescheinigen, dass eine bestimmte Reduzierung des Energieverbrauchs erreicht wurde. In den meisten Fällen sind die weissen Zertifikate handelbar und mit der Verpflichtung verbunden, ein bestimmtes Energieeinsparungsziel zu erreichen. Im Rahmen eines solchen Systems sind Erzeuger, Lieferanten oder Verteiler von Strom, Gas und Öl verpflichtet, Energieeffizienzmassnahmen für den Endverbraucher durchzuführen, die einem vorher festgelegten Prozentsatz ihrer jährlichen Energielieferung entsprechen.

<sup>62</sup> EVU-Benchmarking, INFRAS 2020; es gibt in der Schweiz ca. 600 EVU; die Teilnahme am Benchmarking ist freiwillig.

<sup>63</sup> «Wirkungsorientierte Angebote»: KMU-Effizienzprogramme (act, EnAW oder gleichwertige); Zielvereinbarungen mit GrossverbraucherKundInnen; Effizienztarife für GrossverbraucherKundInnen mit Zielvereinbarungen; Contracting-Angebote.

<sup>64</sup> «Wirkung des Angebots ist bekannt»: Aufgrund der Angebote des EVU nehmen KMU (Stromverbrauch zwischen 100 und 500 MWh/a) an einem KMU-Effizienzprogramm (act, EnAW oder gleichwertig) teil; die Wirkung wird mit Zahlen belegt.

aktiven EVU eine eigene Zielgruppe mit besonderen Eigenschaften, Vor- und Nachteilen, dar. Der Einbezug der Stromkunden durch ihr Liefer-EVU schafft folgende neue und gewichtige Vorteile:

- Alle Unternehmen sind am Schweizer Stromnetz angeschlossen und werden von einem EVU der Region (oder neuerdings im Rahmen der Marktöffnung, auch ausserhalb der Region) mit Strom versorgt. Der Stromversorger kennt den Stromverbrauch seiner Kunden (Mehrjahres- und Monatsverbrauch kWh/a bzw. kWh/Monat, Spitzenleistungen (kW), Blindstrom (kVar), etc.), die massgeblichen Tarife (Leistung, Energie, Netz, Gebühren, Steuern, etc.) und die jährlichen Stromkosten. Aufgrund der Bezugswerte (Anschlussleistung, Jahresbezug, Spitzenleistung) kann ein EVU ohne Aufwand die wichtigsten und grössten stromverbrauchenden Unternehmen identifizieren und mit ihnen in einen aktiven bilateralen Austausch treten. Damit wird ein neues Feld von mittleren und grossen Strombezügern aktiviert, das bisher kaum von den EVU bearbeitet wurde. Eine Verbesserung erfordert:
  - die Motivation der EVU in die Effizienzberatung von Antriebssystemen einzusteigen.
  - fachlich geeignete und ausgebildete Teams aufzubauen.
  - Tools für Berechnungen und Instrumente für Messungen anzuschaffen und einzusetzen.
- Die bisher häufig beobachtete Interaktion der EVU mit Unternehmen hat sich oft auf Tarifberatung (spezielle Stromprodukte wie Naturmade Star, etc.), Datenaustausch (online Verbrauchsdatenübermittlung) sowie auf Stromsubstitutionsmassnahmen (Elektromotor-Wärmepumpe statt Öl-/Gasheizung, Elektrofahrzeuge statt fossil angetriebene Personen- und Lastfahrzeuge) beschränkt. EVUs können aber nach geeigneter Vorbereitung, neben Energieberatung, viel mehr für ihre KundInnen tun:
  - Lastmanagement (zentrale Messung der elektrischen Leistung, Verteilung verfügbarer Kapazität, Vermeidung von Engpässen und Spitzenleistungstarifen, etc.),
  - Integration von Eigenerzeugungsanlagen (Biomasse, Abfall, Wärmekraftkopplung, Photovoltaik, etc.), Optimierung der tariflichen Konsequenzen für Eigenverbrauch, Netzbezug und Rückspeisung,
  - Ladestationen für Personen- und betriebliche Güter-Elektrofahrzeuge,
  - Einsatz von elektrischen (Batterien), thermischen (Wasserspeicher) oder chemischen Speicher ("phase change material", etc.) zur Lastglättung und Optimierung Netzbezug/Eigenerzeugung/Rückspeisung.

## 1.2 Überlegungen zur Ausgestaltung

Das «EVU»-Förderprogramm orientiert sich grundsätzlich auch an den ProKilowatt-Programmen zur Förderung von effizienten elektrischen Antrieben in Unternehmen. Die neue Idee ist hier, die Kundenbeziehung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) als Kontaktbasis zu

nutzen. Die EVU können dabei auch zusätzliche Dienstleistungen anbieten, die eine höhere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials elektrischer Antriebssysteme in Unternehmen erzielen.

Das EVU-Programm sollte mit regionalen Pilotprogrammen über mehrere Jahre getestet werden, bevor es in das reguläre Förderprogramm integriert werden kann.

**Tabelle 30: Baustein 2 – EVU-Programm**

Kurzbeschreibung /Leitidee	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alle Schweizer EVU (resp. diejenigen die hier teilnehmen wollen) bieten ein standardisiertes Förderprogramm für Energieeinsparungen bei elektrischen Antriebssystemen an.</li> <li>▪ EVU haben direkten Kontakt zu allen Kunden<sup>65</sup> im Versorgungsgebiet.</li> <li>▪ Sie treten als Hersteller-unabhängige "one stop shop" Energieeffizienz-Beratungsgruppe auf: Schwerpunkt Antriebssysteme.</li> <li>▪ Sie bauen eigene Fachkompetenz aus und nutzen ihre Kontakt- und Vertrauensbasis für systematische energetische Verbesserung der Anlagen aller Kunden (Grosskunden im Bereich Industrie und Dienstleistungen sind prioritär).</li> <li>▪ Ziel: EVU als potente Beraterin für die Intensivierung der Effizienzanstrengungen.</li> </ul>	
Förderparameter	Ausgestaltung
Adressaten (inkl. Kriterien)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EVU (Elektrizitätserzeuger, -verteiler und -endversorger), allenfalls auch übrige EVU (Gas- und Fernwärmeversorger in Städten)</li> <li>▪ EVU suchen prioritär Grosskunden (Jumboprogramm) in ihrem Versorgungsgebiet</li> <li>▪ Die Unternehmen als EndkundInnen werden durch ihr EVU beraten, ihre Anlagen analysiert, mit Energieerneuerungskonzepten bedient und bei der Umsetzung unterstützt.</li> </ul>
Fördergegenstände	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fokus auf mittlere (&gt; 10 kW) und grössere (&gt; 50 kW) Antriebssysteme im Industrie- und Dienstleistungsbereich, sowie in analogen Technologien z.B. bei grossen Wohnsiedlungen, in der Landwirtschaft, etc.</li> <li>▪ speziell auch Fokus auf alte Antriebssysteme (&gt; 10 Jahre für kleine, &gt; 20 Jahre für grosse Anlagen)</li> <li>▪ Prioritär Firmen mit mehr als 2 GWh/a (200 k CHF/a) elektrischem Energieverbrauch</li> <li>▪ Hardware- und Softwareförderung (Beratung, Messung, Umsetzungsengineering, Monitoring, etc.)</li> </ul>
Förderkriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Systemverbesserung mit GA für kleine, FA mit Ist-/Soll-Messungen für mittlere und grössere Anlagen</li> <li>▪ u.U. können auch übrige wichtige Stromverbraucher (Licht, IKT, ohmsche Wärme, Standby, Betrieb ohne Nutzen, etc.) miteinbezogen werden (Gesamtverbrauch ist bekannt)</li> <li>▪ Winterpräferenz der Einsparungen (höheren Payback akzeptieren)</li> <li>▪ Tages-, Wochen- und Saison-Spitzenlastpräferenz</li> </ul>
Förderbeträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Förderbeitrag an EVU zum Aufbau eines Kompetenzteams für Antriebssysteme</li> <li>▪ Investitionsbeitrag für Zusatzinvestitionen an die EndkundInnen. Förderfähige Investitionskosten werden wie folgt definiert: <i>Alle Investitionen werden zu 50-60% (noch zu bestimmen) als standardisierte Basis für den Fördersatz (von 20-40%) angerechnet, ausser, wenn die Zusatzinvestitionen ausgewiesen werden und grösser sind.</i></li> </ul>

<sup>65</sup> Es ist bekannt, dass Grossbezüger (über 100 MWh/a) im Rahmen der Strommarktöffnung ihre Energie nicht bei ihrem lokalen EVU kaufen müssen, sondern direkt von einem nationalen oder internationalen Erzeuger kaufen können. Das lokale EVU bleibt prioritärer Kontaktpunkt.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ steigender Tarifrabatt für 10 Jahre (Energie, Leistung): z.B. 10 % von CHF/kWh für 10% Einsparung, 20% für 20% Einsparung, 30% für 30% Einsparung</li> <li>▪ gratis Einbau kontinuierliche Messinstrumente (inkl. remote Sensors, etc.) für Monitoring und Erfolgskontrolle</li> <li>▪ möglicher Zusatz: Effizienzfonds: falls EVU (Variante 1) oder EVU-Kunde (Variante 2) selbst bei sich für Effizienzmassnahmen einen Fonds einrichtet, zusätzliche Beiträge um diese Mittel aufzustocken (z.B. +50% oder Verdoppelung, je nach Grad der Effizienzverbesserung)</li> </ul>
Nachweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ GA für kleine, FA mit Messungen Ist- und Sollzustand für mittlere und grössere Anlagen</li> <li>▪ Abrechnung aller Investitionen</li> </ul>
<b>Weitere Parameter</b>	
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EVU initiieren und begleiten die Projekte von der Bestandesaufnahme, Ist-Zustands-Messung, Förderbeitrag-Beschaffung, bis zur Umsetzung (Soll-Verbrauch Messung)</li> <li>▪ EVU bauen eigene interne Kompetenzteams auf und beschaffen die nötigen Messinstrumente und Berechnungstools.</li> <li>▪ EVU können für grosse und komplexe Anlagen mit externen BeraterInnen zusammenarbeiten.</li> <li>▪ Vorbereitende Testphase während 1-2 Jahren</li> </ul>
Flankierende Massnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zentrale Anlaufstelle der Schweiz für alle Interessierten (Webseite, Telefon), unverbindliche Vorgehensberatung per Telefon/Mail/Online Chat</li> <li>▪ Schweizweite Ausbildung für EnergieberaterInnen mit Fokus Antriebssysteme</li> </ul> <p>EVU können mit ihrer "unique selling proposition" u.U. folgende zusätzliche Dienstleistungen anbieten, die für KMU attraktiv sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vermitteln von Anlagen für erneuerbare Energie</li> <li>▪ Installation von permanenter Lastmessungen für Eigenproduktion und EV-Ladestationen</li> <li>▪ Beurteilung von Einsatz Batteriespeicher</li> </ul>
Abstimmung auf andere Massnahmen (inkl. ProKilowatt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dachkommunikation BFE</li> <li>▪ Ausbildungsprogramme</li> <li>▪ Bereitstellung standardisierte Tools auf Unternehmens- und Maschinenebene</li> </ul>
<b>Beurteilung Zweckmässigkeit</b>	
Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Im Vergleich zu den bestehenden ProKilowatt-Programmen deutlich höhere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen</li> <li>▪ Begründung: Nutzung eines neuen und direkten Zugangs; ständige Präsenz nahe am Kunden</li> </ul>
Fördereffizienz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fördereffizienz dürfte gegenüber den ProKilowatt-Programmen in etwa gehalten werden können bzw. dürfte sich in den kommenden Jahren tendenziell verschlechtern.</li> <li>▪ Begründung: Wir gehen davon aus, dass sich die Gründe für eine Verbesserung der Fördereffizienz (Möglichkeit, grössere Projekte zu fördern; standardisierte Beratungsmodelle, Skaleneffekte und Synergien beim Programmmanagement und den flankierenden Massnahmen) und für deren Verschlechterung (geringerer Wettbewerbsdruck; Bestreben, durch qualifizierte Beratung nicht nur die kostenwirksamsten Projekte (bzw. die «low hanging fruits») zu fördern, aufheben könnten.</li> <li>▪ Die Fördereffizienz dürfte sich tendenziell verschlechtern, je höhere Wirkungen angestrebt werden.</li> </ul>

Kohärenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durch den weitgehenden Verzicht auf ProKilowatt-Programme zur Förderung effizienter elektrischer Antriebe in Unternehmen und eine gute Abstimmung auf andere Massnahmen (z.B. Effizienzvorschriften, Zielvereinbarungen, ProAnalySys, SEEMS) ist die (äussere) Kohärenz gegeben.</li> <li>▪ Durch die regionale Ausrichtung der EVU und die national koordinierte Vorgehensweise (Standardvorgehen, -tools, -messinstrumente und -beratungsmodell) können Widersprüche und Doppelspurigkeiten besser vermieden werden.</li> </ul>
Umsetzbarkeit/ Akzeptanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durch die Orientierung an bisherigen ProKilowatt-Programmen inkl. Einbezug der EVU mit direktem Zugang zu den Unternehmen dürfte die Akzeptanz des Programms bei den BeraterInnen sowie den Unternehmen und die Umsetzbarkeit grösstenteils gegeben sein.</li> <li>▪ Bei der konkreten Ausgestaltung ist jedoch der «trade-off» zwischen Einfachheit des Programms und dem Bestreben, auch Massnahmen zur Systemoptimierung zu fördern zu beachten.</li> </ul>
Empirische Evidenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschiedene EVU führen seit vielen Jahren Effizienzprogramme durch, häufig in Form von Beratungsdienstleistungen bei Haushaltskunden oder für Beleuchtung, Pumpen, etc..</li> <li>▪ Viele EVU haben eigene Förderprogramme aufgebaut (z.B. ewz, IWB, SIG).</li> <li>▪ Viele EVU bieten bereits online Datenaustausch, -auswertung und vor-Ort Messdienstleistungen für KMU-Kunden an.</li> </ul>

#### SWOT-Analyse

Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EVU als wichtiger Player stärker aktivieren, Kompetenz stärken</li> <li>▪ EVU nutzen vorhandenen direkten Kundenkontakt</li> <li>▪ EVU haben bei allen Kunden direkten Datenzugang (Jahres- und Monatsverbrauch, Tarife, max. Leistungsbedarf, Blindstrom, etc.)</li> <li>▪ Remote control Sensoren für Online Verbrauchs-Monitoring</li> <li>▪ Hier ist ein innovativer Ansatz möglich mit optimiertem Zusammenspiel möglich von Effizienz, Eigenerzeugung, Lastmanagement, Batterien, Elektrofahrzeugen, etc.</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Misstrauen von Stromkunden gegenüber EVU-Kompetenz</li> <li>▪ EVU brauchen u.U. auch zusätzlich externe Spezialisten für grosse und komplexe Anlagen</li> </ul>
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufbau von Kompetenzgruppen in EVU</li> <li>▪ Innovation für KundInnen</li> <li>▪ regelmässiger Check mittlerer und grosser Kunden (statt verordnete Audits)</li> </ul>
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EVU sind evtl. zu unerfahren, können weiterreichende Investitionen und Verbesserungen nicht kompetent vermitteln.</li> <li>▪ Misstrauen der Kunden: EVU "wollen nur mit Kunden Geld verdienen"</li> </ul>

#### Erfolgsfaktoren

(Kritische) Erfolgsfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Was braucht es, damit dieses Programm zum Fliegen kommt?</li> <li>▪ Intensive Interaktion mit «frontrunner» EVU (z.B. ewz, IWB, SIG)</li> <li>▪ Kontakt/Vorabklärungen mit Swisspower, VSE, etc.</li> </ul>
--------------------------------	--

Tabelle INFRAS und Impact Energy

## 2. Baustein 3: Innovationsprogramm

### 2.1 Begründung

Der Baustein 3 Innovationsprogramm stützt sich auf die mehrjährigen ausländischen Erfahrungen mit Beschaffungsprogrammen in Indien, den USA und Dänemark, bei denen die Förderung bei den Herstellern angesetzt wird.

Das indische nationale EESL Beschaffungsprogramm<sup>66</sup> für energieeffiziente Produkte weist neuerdings auch ein Motorenersatzprogramm auf, das aufgrund von standardisierten Antriebstopologien und -grössen sowie der Ausschreibung mit Grossserienbeschaffung für die Unternehmen günstige Preise für effiziente IE3-Motoren von 0.75–5 kW anbieten kann. "Das EESL-Motorenmodell umfasst folgende Elemente der Lieferung und Finanzierung:<sup>67</sup>

- Beim Project Management Consultancy (PMC)-Modell trägt der Nutzer die Produktkosten, während EESL den Nutzern die PMC-Unterstützung gewährt.

Die PMC-Unterstützung umfasst Folgendes:

- Bereitstellung des Ersatzprogramms: Anzahl der auszutauschenden Motoren, technische Spezifikationen, Schätzung der Energieeinsparung, Investitionsbedarf usw.
- Beschaffung von Motoren: durch offene Ausschreibungen
- Lieferung von Motoren am Einsatzort: Erleichterung/Management der Motorenversorgung am Anwenderstandort in Abstimmung mit dem Lieferanten
- Gewährleistungspflicht: Sicherstellung der Gewährleistungspflicht gegenüber dem Lieferanten
- Aktualisierung im National Motor Dashboard: Geschätzte Energieeinsparungen und andere Vorteile, die in einem nationalen Dashboard eingetragen werden müssen
- Zahlungsbedingungen: Der Nutzer ist verpflichtet, die gesamten Projektkosten nach Lieferung der Motoren innerhalb eines gemeinsam vereinbarten Zeitrahmens (in der Regel innerhalb von 30 Tagen) zu tragen."

### 2.2 Überlegung zur Ausgestaltung

Neuer Ansatz für ein Förderprogramm auf der Basis eines Beschaffungsprogramms des Bundes für innovative standardisierte Antriebssysteme für Sanierungen und Neuanlagen. Das Innovationsprogramm sollte ebenfalls mit regionalen Pilotprogrammen über mehrere Jahre getestet werden, bevor es in das reguläre Förderprogramm integriert werden kann.

<sup>66</sup> EESL: Energy Efficiency Services Ltd, gegründet 2009. National Motor Replacement Program (NMRP) siehe <https://eeslindia.org/en/nmrp/>

<sup>67</sup> Zitiert gemäss EESL.



Tabelle 31: Baustein 3 – Innovationsprogramm

Kurzbeschreibung / Leitidee	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BFE lanciert Design, Ausschreibung und Produktion von innovativen Pumpen-, Ventilator- und Kompressorsystemen verschiedener Typen der am häufigsten verwendeten Baugrößen (2 bis 15 kW).</li> <li>▪ BFE schreibt die vorgängig durch Fachexperten einwandfrei definierten innovativen Standardsysteme (Spezifikation) bei den Herstellern in Konkurrenz aus.</li> <li>▪ BFE reserviert für die Vergabe 1000 Systeme für den Einbau in den nächsten drei Jahren.</li> <li>▪ Durch die Massenbestellung werden günstigere Preise und Mengenrabatte von innovativen Systemen offeriert.</li> <li>▪ Ziel: Innovationsschub für Anbieter, BeraterInnen und Anwender.</li> <li>▪ Mengenrabatte ersetzen teilweise die Förderbeiträge an die Unternehmen</li> </ul>
Förderparameter	Ausgestaltung
Adressaten (inkl. Kriterien)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1) Programmvorbereitung: spezialisierte Ingenieurbüro für Systemdefinition und Ausschreibung (Spezifikationen)</li> <li>▪ 2) Hersteller/Importeure für Angebote und Lieferbedingungen (Mengenrabatte)</li> <li>▪ 3) BeraterInnen (Energieberater, EnAW, act, EVU, ESCOs, etc.) für Kundenkontakt und Implementation bei Erneuerung, Ersatzanlagen und Neuanlagen in Industrie, Dienstleistungen sowie grosse Antriebssysteme in Wohnsiedlungen, Landwirtschaft, Infrastrukturanlagen, etc.</li> <li>▪ 4) KMU erwerben innovative standardisierte Antriebssysteme zu günstigem Preis (inkl. Beratung)</li> </ul>
Fördergegenstände	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pumpen-, Ventilator- und Kompressorsysteme (Kälte und Druckluft), u.U. auch übrige häufig verwendete rotierende Systeme (Walzen, Krane, Rolltreppen, Förderbänder, etc.).</li> <li>▪ Standardkonfigurationen "Wire-to-air" und "Wire-to-water", etc.</li> <li>▪ Hardware- und Softwareförderung (Beratung, Messung, Sensors, Monitoring, etc.)</li> </ul>
Förderkriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standardisierte Systemkonfiguration (Spezifikation) wird übernommen</li> <li>▪ Kosten-/Nutzenkalkulation</li> </ul>
Förderbeträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigende Beiträge an Unternehmen: 10% der Gesamtinvestition für standardisierte kleine Anlagen von 2 bis 5 kW, 20% für mittlere Anlagen bis 15 kW, (zu prüfen: 30% für grössere Anlagen). Förderfähige Investitionskosten werden wie folgt definiert: <i>Alle Investitionen werden zu 50-60% (noch zu bestimmen) als standardisierte Basis für den Fördersatz (von 20–40%) angerechnet, ausser, wenn die Zusatzinvestitionen ausgewiesen werden und grösser sind.</i></li> </ul>
Nachweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dokumentation (Bild und GA) des Ist-Zustands</li> <li>▪ Dokumentation eingebaute Neuanlage (Kosten)</li> <li>▪ Nachweis nach 1000 Betriebsstunden: störungsarmer Betrieb</li> </ul>
Weitere Parameter	
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zwei Stufen: ca. ein Jahr Vorbereitung Systemdefinition und Ausschreibung.</li> <li>▪ 10 Jahre Förderprogramm</li> <li>▪ nach 3 Jahren Evaluation der verbauten Standardanlagen im Betrieb, update der Systembeschreibungen</li> <li>▪ weitere Tranchen der Bestellungen</li> </ul>
Flankierende Massnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zentrale Anlaufstelle für alle Interessierten (Webseite, Telefon), unverbindliche Beratung per Telefon/Mail/Online Chat</li> <li>▪ Vorbereitungsarbeiten, s.o.</li> <li>▪ Ausbildungsprogramm für BeraterInnen, Hersteller, Maschinenbauer, Systemlieferanten</li> </ul>

- Abstimmung auf andere Massnahmen (inkl. ProKilowatt)      ■ Systemanforderung übertrifft Mindestanforderungen der Komponenten Motor, FU, Wasserpumpe, Umwälzpumpe, Ventilator

### Beurteilung

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| Wirksamkeit                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Im Vergleich zu den bestehenden ProKilowatt-Programmen deutlich höhere Ausschöpfung des Effizienzpotenzials bei elektrischen Antriebssystemen in Unternehmen</li> <li>■ Begründung: Nutzung eines neuen Zugangs durch nationales Beschaffungsprogramm</li> <li>■ Erleichterter Zugang zu innovativen Antriebssystemen bei erneuerten und neuen Anlagen.</li> </ul>  |
| Fördereffizienz             | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fördereffizienz dürfte gegenüber den ProKilowatt-Programmen gehalten werden können, bzw. kann sich in den kommenden Jahren durch die intensivere Verbesserung u.U. auch verschlechtern.</li> <li>■ Begründung: Wir gehen davon aus, dass sich die Gründe für eine Verbesserung der Fördereffizienz (Massenbeschaffung optimierter innovativer Systeme; standardisierte Beratungsmodelle, Skaleneffekte und Synergien beim Programmmanagement und den flankierenden Massnahmen) und für deren Verschlechterung (Bestreben, durch qualifizierte Beratung nicht nur die kostenwirksamsten Projekte (bzw. die «low hanging fruits») zu fördern, aufheben könnten.</li> <li>■ Die Kostenwirksamkeit dürfte tendenziell gleichbleiben oder besser werden. da durch die Massenbestellung Preisvorteile erzielt werden können.</li> </ul> |
| Kohärenz                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Durch den weitgehenden Verzicht auf ProKilowatt-Programme zur Förderung effizienter elektrischer Antriebe in Unternehmen und eine gute Abstimmung auf andere Massnahmen (z.B. Effizienzvorschriften, Zielvereinbarungen, ProAnalySys, SEEMS) ist die (äussere) Kohärenz gegeben.</li> <li>■ Durch die nationale Ausrichtung der Beschaffung von effizienten Antriebssystemen und die national koordinierte Vorgehensweise (Standardisierung, Ausschreibung, Standardvorgehen, -tools, -messinstrumente und -beratungsmodell) können Widersprüche und Doppelspurigkeiten besser vermieden werden.</li> </ul>   |
| Umsetzbarkeit/<br>Akzeptanz | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Durch die Orientierung an BeraterInnen (EnAW, act, inkl. Einbezug der EVUs mit direktem Zugang zu den Unternehmen) dürfte die Akzeptanz und die Umsetzbarkeit des Programms bei den Herstellern, den BeraterInnen sowie den Unternehmen grösstenteils gegeben sein.</li> <li>■ Systemansatz ist intrinsischer Vorteil</li> </ul>  |
| Empirische Evidenz          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ausländische Beschaffungsprogramme dokumentieren das Vorgehen und den Erfolg</li> <li>■ private, firmeninterne Massenbeschaffungsprogramme (Sourcing) mit vergrösserten Rabatten sind auch in der Schweiz verbreitet</li> </ul>   |

### SWOT-Analyse

- |           |   |
|-----------|---|
| Vorteile  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Innovationsschub für Schweizer Industrie: Hersteller, Importeure, Maschinenbauer, Systemlieferanten und Anwender durch Systemdefinition und Massenbestellung</li> <li>■ Systemansatz wird bei BeraterInnen stark unterstützt</li> <li>■ Verbilligung durch Massenbestellung (in 3-Jahrestranchen)</li> <li>■ Schweizweiter Einbezug von qualifizierten Ingenieurbüros und Herstellern/Importeuren/Maschinenbauer von innovativen Systemen</li> <li>■ Monitoring (remote Sensors, digital Twins) für Standardsysteme</li> </ul> |
| Nachteile | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vorbereitung der Systemdefinition und Ausschreibung (Spezifikation), resp. Bestellung ist zeitaufwändig und kostenintensiv</li> </ul>  |
| Chancen   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Innovationsschub für neuartige effiziente Antriebssysteme in den wichtigsten Typen und Grössen</li> <li>■ Standardisierung als Qualitätsverbesserung</li> </ul>  |

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marktveränderung: Effiziente Systeme werden wirtschaftlich</li> </ul>
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nur wenige Komponentenhersteller und Maschinenbauer machen mit</li> <li>▪ Anwender (Unternehmer) fühlen sich eingeengt in der Systemwahl</li> <li>▪ Viele spezialisierte Anwendungen sind ungeeignet für Standardisierung</li> </ul>
<b>Erfolgsfaktoren</b>	
(Kritische) Erfolgsfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Was braucht es, damit dieses Programm zum Fliegen kommt?</li> <li>▪ Informationskampagne bei Fachexperten und Hersteller/Importeuren/Maschinenbauer</li> <li>▪ Pilotprogramm mit Standard Wasserpumpen</li> </ul>

Tabelle INFRAS und Impact Energy



## Literatur

- De Almeida A. et al. 2008:** Ecodesign Motors, Lot 11, Coimbra.
- Bundesamt für Energie (BFE) (Hrsg.) 2022a:** 14. Wettbewerbliche Ausschreibungen für Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich. Bedingungen für die Einreichung von Programmen 2023, Bern.
- Bundesamt für Energie (BFE) (Hrsg.) 2022b:** 14. Wettbewerbliche Ausschreibungen für Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich. Bedingungen für die Einreichung von Projekten 2023, Bern.
- Bundesamt für Energie (BFE) 2022c:** Monitoringbericht ProKilowatt – 2020 bis 2021, Bern.
- Bundesrat 2021:** Botschaft zum Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien vom 18. Juni 2021, Bern.
- Bundesamt für Energie (BFE)/Helbling et al. 2019:** Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Bern, 2019 (und folgende Jahre)
- Egger M. 2012:** Evaluation der wettbewerblichen Ausschreibungen, Egger, Dreher & Partner im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE), Bern.
- Eidgenössische Finanzkontrolle (EFK) 2019:** Evaluation der Wettbewerblichen Ausschreibungen für Stromeffizienzmassnahmen, Bern
- Heinrich S. et al 2019:** Ex post-Analyse des Pilotprogramms STEP up! - Beitrag zur Erfolgskontrolle finanzwirksamer Maßnahmen für das Pilotprogramm „Stromeinsparungen im Rahmen wettbewerblicher Ausschreibungen: Stromeffizienzpotentiale nutzen“ (STEP up!).
- Hirzel S. et al 2019:** Evaluierung und Weiterentwicklung des Energieeffizienzfonds, Abschlussbericht – Langfassung, Karlsruhe, Heidelberg, Basel, Würzburg.
- Impact Energy 2013:** Easy (Effiziente elektrische Antriebssysteme), ProKilowatt, Schlussbericht, Zürich.
- International Energy Agency (IEA) 2012:** Energy Management Programmes for Industry – Policy Pathway, Paris/Washington DC.
- International Energy Agency (IEA) 2021:** World Energy Outlook, Paris, 2016 (und folgende Jahre).
- Lawrence Berkely National Laboratory (LBNL) 2021:** U.S. Industrial and Commercial Motor System Market Assessment Report, Volume 1: Characteristics of the Installed Base, Department of Energy.
- Prognos, INFRAS, TEP 2012:** Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2020 nach Verwendungszwecken, BFE, Zürich und Basel.
- TEP 2012.:** Stromeffizienz der Schweizer Wirtschaft: Auswertung und Szenarien aus der Erfahrung der EnAW, Zürich.

**Topmotors 2017, 2018, 2019, 2020:** Market Report, Zürich.

**Waide P. & Brunner C. U. (CUB) 2011:** Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems, IEA, Paris.

**Baumgartner W. (Basics) et al. 2006:** Massnahmen zum Stromsparen bei Elektromotoren: Marktanalyse, Zürich.

**Literatur, die nicht direkt im Bericht zitiert wurde, jedoch als Grundlage für die Arbeit diente**

**Auctions for energy efficiency and the experience of renewables,** Dr. Barbara Schlomann, Vasilios Anatolitis, Odyssee-MURE webinar 16/02/2022

**Asian Development Institute 2020:** The role of fiscal incentives in promoting energy efficiency in the industrial sector: case studies from Asia.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020:** Evaluierung der Umweltförderungen des Bundes 2017–2019, Wien.

**Kommunalkredit Public Consulting 2022:** Informationsblatt Energiesparen ([https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user\\_upload/media/umweltfoerderung/Dokumente\\_Betriebe/Energiesparen\\_in\\_Betrieben/UFI\\_Standardfall\\_Infoblatt\\_ENERGSPA.pdf](https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/umweltfoerderung/Dokumente_Betriebe/Energiesparen_in_Betrieben/UFI_Standardfall_Infoblatt_ENERGSPA.pdf))

**Johnson K. 2020:** Extended Motor Products Pump and Circulator Manufacturers' Representative Pilot: Market Test Assessment.

**Swedish Energy Agency 2011:** Brochure Programme for Improving Energy Efficiency – Experiences and results after 5 years with PFE.

**Zheng Tan et al. 2019:** Analysis of Chinese Policies and Mechanisms for Energy Efficient Motor Systems ([https://www.topmotors.ch/sites/default/files/2019-01/E\\_PB\\_2017\\_09\\_EE-MODS17\\_ZhengWerle\\_etal\\_P.pdf](https://www.topmotors.ch/sites/default/files/2019-01/E_PB_2017_09_EE-MODS17_ZhengWerle_etal_P.pdf)).