

IEA Effiziente elektrische Endverbrauchsgeräte Annex: Energieeffiziente Elektrische Motorensysteme

K. Kulterer, M. Hofmann

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

8/2013

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA Effiziente elektrische Endverbrauchsgeräte Annex: Energieeffiziente Elektrische Motorensysteme

Mag. DI Konstantin Kulterer, DDI (FH) Marcus Hofmann
Österreichische Energieagentur

Unterstützt von:



Wien, Jänner 2013

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassungen.....	2
1.1	Kurzfassung des Annex Electric Motor Systems	2
1.2	Abstract of the Annex Electric Motor Systems	3
2	Einleitung	5
2.1	Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	5
2.2	Beschreibung des Standes der Technik.....	6
2.3	Vorarbeiten zum Thema.....	8
2.4	Aufbau des Endberichts	9
3	Hintergrundinformation zum Projekteinhalt	10
3.1	Implementing Agreement 4E.....	10
3.2	Annex Motor Systems.....	11
4	Ergebnisse des Projektes	18
4.1	Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren	18
4.2	Instrumente für Motorpolitiken	23
4.3	Normen und Standards für neue Motortechnologien	28
4.4	Test-Zentren.....	33
4.5	Motor Systems Tool	36
4.6	Energiemanagement für Betriebe.....	38
4.7	Veröffentlichungen.....	40
5	Detailangaben in Bezug auf die Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur (IEA).....	42
5.1	Österreichische Zielgruppen, für die die Projektergebnisse relevant sind..	42
5.2	Einbindung der relevanten Stakeholder	43
5.3	Aufgebaute Kompetenzen	44
5.4	Nutzen der Projektergebnisse.....	44
6	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen.....	45
7	Ausblick und Empfehlungen	47
8	Quellen-, Tabellen und Abbildungsverzeichnis	48
8.1	Quellenverzeichnis.....	48
8.2	Tabellenverzeichnis	48
8.3	Abbildungsverzeichnis	49

1 Kurzfassungen

Nachfolgend werden die Kurzfassungen des Annex Electric Motor Systems in deutscher und englischer Sprache gegeben.

1.1 Kurzfassung des Annex Electric Motor Systems

Motorsysteme sind in Österreich für 66 % des Stromverbrauchs in der Industrie verantwortlich. Gleichzeitig können durch entsprechende Optimierungsmaßnahmen durchschnittlich 20 % des Stromverbrauchs eingespart werden. Laut EU Energy Roadmap soll auch der primäre Fokus beim Umbau des Energiesystems 2020–2050 weiterhin auf Energieeffizienz gerichtet sein. Besonders der Bereich Motorsysteme verläuft in den letzten Jahren aufgrund der laufenden Entwicklung internationaler Effizienzstandards und der Mindeststandards der EU, aber auch anderer Regionen extrem dynamisch. Beispielsweise wird 2013 eine neue Effizienzklasse (IE4) eingeführt, in den USA sind bereits jetzt IE3 Motoren verpflichtend, während in Europa IE2 Motoren bis 2011 nur einen Marktanteil von ca. 9 % hatten und seit 2011 verpflichtend sind. Für Forschung und Entwicklung spielt daher auch Energieeffizienz eine immer größere Rolle und stellt für manche Hersteller das wesentliche Verkaufsargument dar. Dies spiegelt sich auch im starken, weltweiten Interesse der Hersteller und Anwender, aber auch der IEA und UNIDO, die beide mehrere aktuelle Publikationen zu effizienten Motorsystemen veröffentlichten, wider.

Inhalt des Annex Electric Motor Systems sind Elektromotoren mit einer Leistung von 0,5 bis 500 kW. Insbesondere Motoren mit Regelungen, Getrieben und angetriebenen Maschinen wie Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren werden näher beleuchtet.

Folgende Tasks werden im Rahmen des Annex Electric Motor Systems, der von der Schweiz geleitet wird, bearbeitet: Motor Systems Policy (Erstellung einer Policy Roadmap für politische Entscheidungsträger zur Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz von Motorsystemen), International Standards (Unterstützung der internationalen Standardinitiativen für Energieeffizienz in Motorsystemen und für Energiemanagement), Capacity Building (Entwicklung eines Tools und Training von Industriepersonen, Beratern und technischen Verantwortlichen), SEAD-EMSA Bridge, Testing (Training und Qualifizierungsprogramm mit Akkreditierungssystemen für Testzentren) und Outreach.

Der Annex läuft bis inkl. Oktober 2014. Österreich leitet den Task Motor Systems Policy und beteiligt sich am Task Capacity Building.

Die Österreichische Energieagentur leitet den Task Motor Policy und erarbeitet die „Motor Policy Roadmap“, einen Best Practice Guide für politische Instrumente im Bereich elektrischer Motorsysteme in Zusammenarbeit mit internationalen Experten aus den USA, Australien, Schweiz, China usw. Bisher wurde bereits die Vorstudie „Motor Policy Guide – Assess-

ment of Existing Motor Policies“ veröffentlicht und im Rahmen der EEMODS Konferenz in Washington vorgestellt und diskutiert. Die Policy Roadmap wird eine breite Palette von politischen Instrumenten zu diesem Thema umfassen (Mindeststandards, Labels, Finanzierung, Energiemanagement).

Der nationale Erfahrungsaustausch mit Akteuren (z.B. politischen Entscheidungsträgern, Programmleitern, Herstellern, Vertriebsfirmen, Energiemanagern, Energieberatern) umfasst insbesondere Newsletter, Website und Direktkontakt. Darüber hinaus fließen neueste Erkenntnisse in den seit der ersten Projektphase laufend aktualisierten „Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren“ ein, der sich insbesondere an Anwender (Energiemanager, Energieberater) richtet.

1.2 Abstract of the Annex Electric Motor Systems

Motor systems are responsible for 66% of the electricity consumption in the industry. At the same time 20% of the electricity consumption could be saved by economic optimization measures. According to the EU Energy Roadmap the focus for the restructuring of the energy system 2020–2050 should be on energy efficiency. Especially the development of efficiency in motor systems was very fast during the last years, driven by development of international efficiency standards and the minimum performance standards of the EU but also of other regions.

For example, in 2013, a new energy efficiency class (IE4) will be introduced, in the US currently IE3 Motors are mandatory. In Europe IE2 Motors had a market share of only 9% and are mandatory since June 2011. In the area of research and development energy efficiency plays an important role, and for some producers energy efficiency is the main sales argument. This can also be seen from the strong, worldwide interest of producers and users but also of the IEA and UNIDO, both organisations having published documents on efficient motor systems during the last years.

The Annex Electric Motor Systems deals with electric motors between 0.5 and 500 kW. Major focus will be given to motors with control, drive systems and driven machines, such as pumps, fans and compressors.

In the framework of the Annex Electric Motor Systems, led by Switzerland, the following tasks are worked on: Motor Systems (Policy Reference guide of political decision makers for the implementation of policy instruments for increasing the efficiency of motor systems), Support of international standard initiatives for energy management, Capacity Building (Development of a tool and training of industrial planners, consultants and technical personal), SEAD-EMSA Bridge, Testing (Training and qualification programme with accreditation system for testing centers) and Outreach.

The Annex runs till October 2014. Austria leads the task Motor Policy and participates in the task Capacity Building.

The Austrian Energy Agency leads the task Motor Policy and develops the “Motor Policy Roadmap“, a best practice guide for political instruments in the area of electric motor systems in cooperation with international experts from the US, Australia, Switzerland and China. Up to now, the pre-study “Motor Policy Guide – Assessment of Existing Motor Policies“ has been published, presented and discussed during the EEMODS (Efficient Electric Motor Driven Systems) conference in Washington 2011. The Policy Roadmap will include a broad range of political instruments referring to this topic (minimum standards, labels, financing, energy management)

The national exchange of experience with stakeholders (e.g. political decision makers, program-managers, producers, sales companies, energy managers, energy consultants) includes newsletters, websites and direct contacts. In addition, new know-how of the project is included in the national technical guide for motor systems, which tackles motor system users (energy managers, consultants and industrial planners).

2 Einleitung

2.1 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Motorsysteme sind in Österreich für 66 % des Stromverbrauchs in der Industrie verantwortlich. Gleichzeitig können durch entsprechende Optimierungsmaßnahmen durchschnittlich 20 % des Stromverbrauchs eingespart werden. Mittel- und langfristig wird das Energieeinsparpotenzial in der Industrie von vielen internationalen Studien (IPPC, IEA) in OECD Ländern in diesem Bereich als besonders hoch eingeschätzt. In den Energieaudits, die die Österreichische Energieagentur 2006 zum Thema Motorsysteme im Rahmen des Motor Challenge Programms organisierte, wurden diese Einsparpotenziale über mehrere Branchen hinweg bestätigt. Die Einstiegsmaßnahmen zur Optimierung der Motorsysteme sind insbesondere der Einsatz von hocheffizienten Motoren und die Steuerung der Motoren nach dem tatsächlichen Bedarf. Als Hemmnis sind hier die höheren Anschaffungskosten zu nennen. Die Energiekosten betragen 75 % der Lebensdauerkosten.

Das größte Potenzial liegt im Systemansatz, also in der Anpassung des tatsächlichen Energiebedarfs für den Motor an den erforderlichen Energiebedarf für die jeweilige Anwendung (zu fördernder Luft- oder Flüssigkeitsstrom, Druckluft, Kälte). Von elektronischen Steuerungsmöglichkeiten über effiziente Motoren und Getriebe, zu effizienten Strömungsmaschinen bis hin zur Abstimmung dieser Komponenten mit dem Verbraucher (z.B. einer pneumatischen Anlage) liegen noch umfangreiche Möglichkeiten zur Effizienzverbesserung. Hersteller, Planer, Berater und Instandhalter sind gleichermaßen gefragt, die verschiedenen Systemkomponenten aufeinander abzustimmen.

Die wesentliche Fragestellung, die im Rahmen des Annex Electric Motor Systems behandelt wird, ist dabei, welche politischen Instrumente global und national zur Hebung dieses Einsparpotenzials geeignet sind.

Europa versuchte den Marktanteil hocheffizienter Motoren über eine freiwillige Vereinbarung zur Kennzeichnung von Elektromotoren durch die Klassen eff1, eff2, eff3 zu erhöhen, leider mit geringem Erfolg: Der Anteil der Effizienzklasse 1 (eff1) Motoren lag 2008 nach den Angaben von CEMEP (Comité Européen de Constructeurs de Machines Electriques et d'Electronique de Puissance, europäischer Herstellerverband von elektrischen Maschinen) bei ca. 9 % aller Motoren, die von unter diese Vereinbarung fallenden Motorherstellern verkauft wurden. Der Anteil am gesamten Markt betrug daher ca. 7 %. Während in vielen Teilen der Welt bereits seit längerem Mindeststandards für Elektromotoren beschlossen wurden, setzt die EU mit der Umsetzung der Ökodesign-Richtlinie erst seit 2009 Mindeststandards in diesem Bereich. Seit Juni 2011 schreibt die Umsetzungsverordnung IE2 Motoren für die Leistungsklasse ab 7,5 kW vor. Sie bezieht sich dabei insbesondere auf den Standard IEC 60034-30 „Efficiency Classes for Electric Motors“. Derzeit befinden sich sowohl die Umsetzungsverordnung als auch der IEC-Standard in Überarbeitung. Insbesondere sollen Motoren, die bisher ausgenommen waren, aufgenommen und die Leistungsklassen sowohl nach unten als auch nach oben stark ausgeweitet werden.

Österreich setzte bisher vor allem auf Förderung von Energieberatungen innerhalb der Regionalprogramme der Länder und bewusstseinsbildende Maßnahmen (z.B. Trainings von Energieberatern) innerhalb des klima:aktiv Programms energieeffiziente betriebe. Andererseits wird es sehr interessant sein, zu beobachten und zu analysieren, wie Mindeststandards in Europa und Österreich wirken werden.

Im Zuge der Umsetzung der Ökodesign-RL (jetzt Energy Using Products-RL) ergeben sich nun eine Vielzahl von Fragestellungen: Wie sieht die konkrete Umsetzung aus, z.B. wie entwickeln sich die Verkaufs- bzw. Installationszahlen von effizienten Elektromotoren in Abhängigkeit von den vorgeschriebenen Mindeststandards?

Insbesondere Bestände von älteren Motoren sowohl der Vertriebsfirmen als auch innerhalb der Produktionsfirmen verzögern die Installation neuerer hocheffizienter Motoren. Außerdem stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoll wäre, bereits vor 2015 IE3 Motoren zu forcieren, da Motoren eine Lebensdauer von ca. 20–30 Jahren haben. Die Kommunalkredit Public Consulting fördert seit März 2011 die Installation von IE3 Motoren im Rahmen der Umweltförderung Inland. Hier ergeben sich Fragestellungen zur Adaptierung der Förderung, zum korrekten Betrieb dieser Motoren und der besonders geeigneten Anwendungen. Gleiches gilt für die Anwendung von Frequenzumrichtern. Auch hier sind Normen zur Bestimmung der Effizienz von Frequenzumrichtern und der Gesamteffizienz von Motor und Steuerung in Vorbereitung. Insbesondere durch neue Softwareentwicklungen werden Entwicklungssprünge erwartet.

Eine weitere interessante Entwicklung ergibt sich für neue Motortechnologien ebenfalls in Folge der verstärkten Beachtung und Vergleichbarkeit der Effizienz von Motoren: Permanentmagnetmotoren zeichnen sich durch eine höhere Effizienz gegenüber herkömmlicher Asynchronmotoren-Technologie aus und erreichen bereits jetzt Wirkungsgrade, die der IE4 Klasse entsprechen würden (das höchste derzeit in der IEC 60034-30 definierte Effizienzniveau). Gerade diese Motoren sind aber derzeit vom Anwendungsbereich der Normen, Mindeststandards und Förderungen ausgenommen.

Während sich mögliche Effizienzsteigerungen auf Ebene der Einzelkomponenten eher im einstelligen Prozentbereich bewegen, kann durch den Einsatz intelligenter Steuerung (z.B. Drehzahlregelung) bis zu einem Drittel der erforderlichen Energie eingespart werden. Für Vorstöße ähnlich den Mindeststandards für Elektromotoren fehlen derzeit jedoch die erforderlichen Grundlagen, die es in diesem Agreement zu erarbeiten gilt.

Viele dieser Fragestellungen können nur durch internationalen Austausch zu den aktuellen Entwicklungen im Bereich Motorsysteme beantwortet werden. Internationale Erfahrungen können helfen, nationale Problemstellungen zu analysieren und Lösungen zu erarbeiten, andererseits bedarf es auch globaler Anstrengungen, um z.B. Normen zur Energieeffizienz von Elektromotoren und Teststandards zu entwickeln.

2.2 Beschreibung des Standes der Technik

Global bedarf es zur Hebung des Einsparpotenzials bei Motorsystemen harmonisierter Anstrengungen zur Markttransformation in Richtung hocheffizienter Motoren im Bereich Normung, Mindeststandards, aber auch Bewusstseinsbildung der Akteure und neuer Fördermechanismen. In all diesen Bereichen setzte der Annex Electric Motor Systems bereits Akzente und wird diese weiterführen.

Derzeit unterliegt der Bereich Motorsysteme einer starken Dynamik. Bestehende Motortechnologien (AC-Motoren) werden durch die Umsetzung von ambitionierten Mindeststandards (weltweit, EU) rasch in Richtung Energieeffizienz weiterentwickelt (z.B. neue Konstruktionen, neue Materialien).

Die wichtigsten Bestandteile eines Drehstrom- Asynchronmotors sind in Abbildung 2-1 ersichtlich.

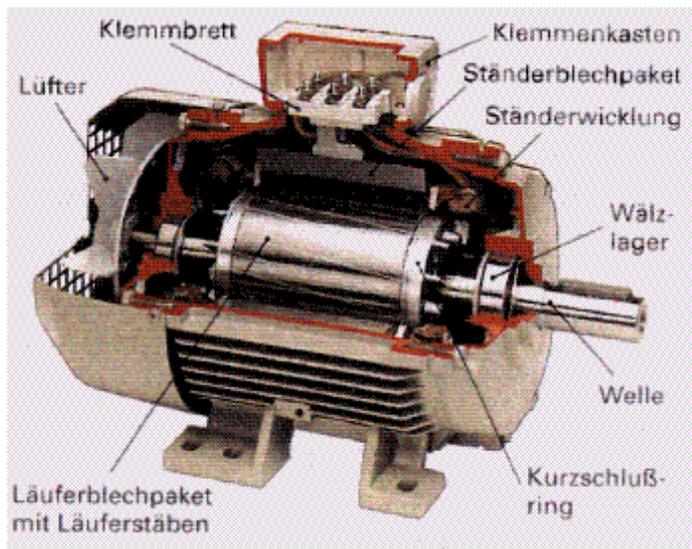


Abbildung 2-1 Komponenten eines Drehstrom-Asynchronmotors, (SEW Eurodrive, 2004, S4)

Was macht effiziente Motoren effizient?

- Kupferdraht mit höherem Drahtquerschnitt im Stator spart Energie durch Reduzierung des Widerstandes der Statorwicklung
- Dünner geschichtete Statorbleche reduzieren die Wirbelstromverluste
- Längere Statoren führen zu einer Reduktion der Induktion (oder: magnetische Flussdichte) und vergrößern die Kühlkapazität, als Resultat werden magnetische und (lastabhängige) Verluste reduziert.
- Längere Rotorstäbe und Kurzschlussringe reduzieren die Läuferwiderstandsverluste
- Optimiertes Design der Statornuten reduziert die magnetischen Verluste und schafft Raum für größere Wicklungsquerschnitte.
- Effizientes Design des Kühlventilators verbessert den Luftstrom und reduziert die erforderliche Antriebsleistung.
- Hochwertiger Eisenkern verringert die Hystereseverluste

Außerdem drängen neue Motortechnologien, die bisher nicht kosteneffizient waren, auf den Markt. Während mit Frequenzumrichtern geregelte Permanentmagnetmotoren für kleine Leistungsbereiche bereits zum Stand der Technik gehören (insbesondere Umwälzpumpen in der Gebäudetechnik), werden diese in den nächsten Jahren auch in größeren Leistungsbereichen eingesetzt werden. Darüber hinaus werden neue Normen für die Bestimmung der Effizienz der Kombination aus Regelsystem (Frequenzumrichter) und Motor entwickelt.

Für österreichische Akteure einen Überblick über die neuesten Entwicklungen (Standards, Motortechnologien) zu schaffen, ist besonders wichtig. Im Zuge der bisherigen Teilnahme am Annex zeigte sich, dass hier ein großer Informationsbedarf für alle Akteure in Österreich gegeben ist.

Auf politischer Ebene wird es in den nächsten drei Jahren besonders interessant sein, die erstmals in Europa umgesetzten Mindeststandards zu beurteilen. Es werden sich viele neue Fragestellungen ergeben, die in diesem Implementing Agreement und auch im Annex bereits Schwerpunkte sind bzw. weiter behandelt werden: Dazu gehören Fragen der Marktüberwachung, Fragen zur konkreten Umsetzung, Teststandards und -kapazitäten usw. Die bestehende Umsetzungsverordnung in Europa (schreibt IE2 Motoren seit 2011 und IE3 Motoren (oder IE2 mit Frequenzumrichter) vor) ist bereits in

Überarbeitung, da viele Motoren ausgenommen sind, ebenso die IEC-Norm für die Energieeffizienzklassifizierung. Neben Mindeststandards (Minimum Energy Performance Standards) sind aber auch finanzielle Anreizsysteme und Programme zur Bewusstseinsbildung und Trainings (inkl. Energieauditprogramme) notwendig.

Bezüglich Energieaudits gibt es derzeit wenig Informationen bzw. Aktivitäten im Bereich Bewertung des Status quo von bestehenden Systemen, inkl. Messung und Berechnung von Einsparungen vorhanden. Hier könnten die Energie-Audit-Richtlinien um Vorgaben bzw. Hilfestellungen für die Bewertung ergänzt bzw. spezifiziert werden. Diese Vielzahl von möglichen politischen Instrumenten soll im vorliegenden Projekt im Rahmen einer Motor Policy Roadmap strukturiert werden.

2.3 Vorarbeiten zum Thema

Die Österreichische Energieagentur unterstützte seit 2006 die Internationale Harmonisierungsinitiative SEEEM – Standards for energy efficiency of electric motor systems. (<http://www.seeem.org/supporters.php>). Im Rahmen dieser Tätigkeit wurden internationale Standarddokumente kommentiert.

Im Rahmen der vom BMWFJ beauftragten Studie Motor CS (Motor Country Study) wurden einerseits Hemmnisse und Instrumente zur Umsetzung effizienter Motorsysteme aus Sicht der Hersteller und Anwender erhoben, andererseits eine Liste mit sämtlichen in Österreich tätigen Produktions- und Servicefirmen im Bereich Motorsysteme erstellt. (diese Liste diente als Ausgangspunkt für den Newsletter-Verteiler für dieses Projekt).

Im Vorprojekt IEA 4E Annex Electric Motor Systems (I) wurde von der Österreichischen Energieagentur der erste Teil des Leitfadens für politische Entscheidungsträger erarbeitet (Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Policies). Im vorliegenden Projekt wurde dieser Leitfaden international abgestimmt, mit den nationalen Experten vervollständigt und insbesondere die Schlussfolgerungen mit dem Operating Agent des Annex und des Implementing Agreement gemeinsam verfasst. Der Leitfaden dient nun als eine von mehreren Quellen als Grundlage für die Erarbeitung der "Policy Guidelines for Electric Motor Systems".

Außerdem wurde von der Österreichischen Energieagentur in der ersten Phase bereits ein Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren für Anwender erarbeitet. Dieser beinhaltet u.a. erste Hinweise zur Anwendung effizienter Motoren und deren besonderen Eigenschaften, ähnliches für neue Motor-technologien und Frequenzumrichter. Der Leitfaden bietet eine gute Struktur, um die Vielzahl der verschiedenen Inhalte des Annex (Energiemanagement, effiziente neue Motortechnologien, neue Effizienzstandards) in einer für den Endanwender brauchbaren Form adäquat darzustellen.

Im Programm klima:aktiv des Lebensministeriums wurden Leitfäden zur Beurteilung von Pumpen, Lüftungsanlagen, Druckluftanlagen erstellt. In diesen Leitfäden konnten Informationen aus dem Projekt IEA 4E zum Thema effiziente Elektromotoren und Frequenzumrichter eingebaut werden. Im Jahr 2012 folgte der Leitfaden für Energieaudits in Kältesystemen, auch hier sind Informationen zum Einsatz von hocheffizienten Motoren und Frequenzumrichtern für Kälteanlagen und für Ventilatoren in Kältesystemen eingeflossen.

Begleitend zum ersten IEA 4E Projekt (Laufzeit bis Jänner 2011) konnte mit dem FEEI im Auftrag des BMWFJ eine Publikation zum Thema Effiziente Motorsysteme erstellt werden.

2.4 Aufbau des Endberichts

Der vorliegende Endbericht ist wie folgt strukturiert:

Zunächst folgen in Kapitel 3 Hintergrundinformationen zum Projekt, diese umfassen eine Beschreibung der Ziele und des Inhalts des Implementing Agreements 4E und des Annex Electric Motor Systems. Darüber hinaus werden die Arbeitsinhalte des nationalen Projektes beschrieben.

In Kapitel 4 sind die bisherigen Ergebnisse des Projektes dargestellt: Diese umfassen zunächst den von der Österreichischen Energieagentur erstellten Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren und die Aktualisierung während der Projektlaufzeit; die Schlussfolgerungen zum Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Motor Policies und die Vorarbeiten zu den geplanten "Policy Guidelines for Electric Motor Systems" im Rahmen des von Österreich geleiteten Task Motor Systems Policy. In weiterer Folge werden Kurzfassungen der Ergebnisse der weiteren Tasks im Rahmen des Annex Electric Motor Systems präsentiert. Diese Ergebnisse sind nach folgenden Themenbereichen strukturiert: Normen für neue Motortechnologien und Mindeststandards, Test-Zentren, Motor Systems Tool und Energiemanagement für Betriebe.

Im Anschluss wird ein Überblick über die Veröffentlichungen gegeben.

In Kapitel 5 erfolgen Detailangaben in Bezug auf die Forschungskooperation Internationale Energieagentur, diese umfasst die Darstellung der österreichischen Zielgruppe, die Einbindung relevanter Stakeholder und den Nutzen der Projektergebnisse.

Den Abschluss des Berichts stellen die Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen und ein Ausblick inkl. Empfehlungen dar.

3 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

3.1 Implementing Agreement 4E

Kernthema des „Implementing Agreement 4E“ ist die Erhöhung der Energieeffizienz von elektrischen Geräten im Bereich der Endverbraucher. Gegenstand der Tasks sind Instrumente zur Steigerung der Marktdurchdringung von hocheffizienten Geräten, insbesondere von elektrischen Geräten/Technologien, die einen hohen Energieverbrauch und eine hohe Marktrelevanz aufweisen.

Adressiert werden unter anderem die Produktgruppen Motoren und Beleuchtung. Abgesehen von technologiespezifischen Themen werden jedoch auch Querschnittsthemen im Bereich der Energieeffizienz elektrischer Geräte behandelt, wie beispielsweise Standby-Energieverbrauch und Benchmarking/Standards für Energieeffizienz.

Übergeordnete Zielsetzung des Agreements ist die internationale Zusammenarbeit zur Unterstützung von politischen Instrumenten zur Forcierung von Energieeffizienz im genannten Technologiefeld und Anwendungsbereich. Das Implementing Agreement bietet damit den beteiligten Ländern und möglichen Partnern aus der Industrie ein Forum zum Austausch von Information und Erfahrungen in den angesprochenen technologischen Bereichen sowie bezüglich der zugehörigen politischen Instrumente. Insbesondere soll auch die Koordination von internationalen Konzepten/Initiativen/Programmen für Energieeffizienz im Bereich elektrische Geräte und Technologien unterstützt werden.

Wesentliche Instrumente zur Umsetzung des Agreements sind daher der Informationsaustausch im Bereich Technologien, Programme und politische Instrumente sowie die internationale Zusammenarbeit in definierten Projekten oder Tasks.

Derzeit beteiligen sich folgende Länder am Implementing Agreement:

Australien, Dänemark, Frankreich, Kanada, Niederlande, Österreich, UK, USA, Südkorea, Südafrika und Schweiz.

Das Agreement hat derzeit vier Annexe genehmigt:

- Energieeffiziente Motorsysteme
- Mapping & Benchmarking
- Standby-Energieverbrauch
- Solid State Lighting (LED)

Auf der Webseite (<http://www.iea-4e.org>) sind alle wichtigen Informationen über das Implementing Agreement ersichtlich.

Die Unterstützungsleistung für die österreichische ExCo-Beteiligung umfasste:

- Aufbereitung, Vorbereitung von Informationen für das ExCo und Teilnahme an einem ExCo-Meeting pro Jahr
- ExCo-Vertretung

- Zusammenstellung von aktuellen Materialien zu den jeweiligen Themen (in Abhängigkeit von der Agenda der ExCo-Meetings)
- Einholung der AEA-internen Expertise zu den jeweiligen Themengebieten
- Unterstützung beim Informationstransfer (über AEA-Kontakte)

3.2 Annex Motor Systems

Der Annex Electric Motor Systems (EMSA) setzt international gezielt Aktivitäten im Bereich effiziente Motorsysteme, die derzeit hoch relevant sind bzw. nicht von anderen Akteuren übernommen werden. Dazu gehört insbesondere der internationale Austausch über Erfahrungen im Bereich politische Maßnahmen. Hier sind die Erfassung aller wesentlichen politischen Maßnahmen weltweit und die Ableitung von Handlungsempfehlungen zu nennen. Ein weiterer Punkt besteht in der Vorbereitung bzw. Erarbeitung von Hilfestellungen bei der konkreten Umsetzung von internationalen Normen, insbesondere Standards für Energieeffizienzklassen und Teststandards. Hier sind auch weitere Entwicklungen insbesondere im Bereich neue Motortechnologien aufzubereiten und zu diskutieren. Weiters wird im Rahmen des Implementing Agreements das Motorsystem-Tool weiter optimiert werden und dazu Schulungsmaterial erarbeitet werden.

3.2.1 Beschreibung der internationalen Aktivitäten im Rahmen von EMSA

Die Arbeit des Annex Electric Motor Systems ist seit November 2011 in 6 Tasks aufgeteilt, die in nachfolgenden Tabellen näher spezifiziert werden:

Tabelle 3-1: Beschreibung Task Motor Systems Policy

Motor Systems Policy		
Ziele, Inhalte (ab 2012)		EMSA wird Policy Guidelines zur Hebung der Effizienzpotenziale entwickeln, die aus verpflichtenden, freiwilligen und finanziellen Maßnahmen besteht, wie auch Prozesse zur Überwachung und Überprüfung der Übereinstimmung (Monitoring and Compliance) beinhaltet. Dazu erfolgt die Beobachtung und Analyse der politischen Entwicklung in den wichtigen Regionen (EU, China, Indien, Japan, Australien, USA), weiters fließen direkte Erfahrung bei der Umsetzung von Motorprogrammen in Österreich, Schweiz und der USA ein.
Ergebnisse (bis 2012)		Bisher wurde der Motor Policy Guide Part I Review of existing policies (Autor: Kulterer, K., Österr. Energieagentur) auf der Website www.motorsystems.org und als Printausgabe veröffentlicht. Dieses Dokument bietet einen Überblick über bestehende politische Instrumente zur Steigerung der Effizienz von Elektromotoren in ausgewählten Ländern. Es umfasst Beispiele für Maßnahmen aus allen Bereichen (finanzielle Instrumente, Energieeffizienzprogramme, Mindeststandards, Marktüberwachung, Bewusstseinsbildung). Weiters erfolgte die Präsentation der Ergebnisse bei einem nationalen Koordinationsmeeting und bei der Konferenz EEMODS

Motor Systems Policy	
	2011 in Washington.
Weitere geplante Deliverables	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Policy Guide – Part 2, Policy Guidelines (Leitfaden für nationale politische Entscheidungsträger zur Umsetzung von politischen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von elektrischen Motorsystemen)
Partner Countries	<ul style="list-style-type: none"> • Österreich (Taskleitung), USA, Schweiz (Co-Lead)

Tabelle 3-2: Beschreibung Task International Standards

International Standards	
Ziele, Inhalte (ab 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Einbringen des EMSA Wissens in globale Standardinitiativen für Motoren, Pumpen, Ventilatoren und Energiemanagement • Unterstützung der Normungsgremien zu den Themen: Energieeffizienzklassifizierung und Testen von Motoren, Normen für neue Motortechnologien und für Energiemanagementsysteme in der Industrie.
Bisherige Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Veröffentlichung des Electric Motor MEPS (Minimum Energy Performance Standards) Guides (www.motorsystems.org) • Input für internationale Energieeffizienzklassifikation (Norm: IEC 60034-30 und Teststandard IEC 60034-2-1) • EMSA Mitglieder arbeiten in den Arbeitsgruppen zur internationalen Normierung an der Ausweitung des Standards für Effizienz von Elektromotoren • EU Mandat für die Entwicklung von Standards (Normen) zu Elektromotoren und Frequenzumrichtern beinhaltet den Verweis auf den Electric Motor System Annex bei der Berücksichtigung internationaler Initiativen.
Geplante Deliverables Zeitplan	<ul style="list-style-type: none"> • Mit folgenden Normungsgremien soll zusammengearbeitet werden: <ul style="list-style-type: none"> ○ IEC 60034-2-1 Teststandard für Motoren ○ IEC 60034-30 Effizienzklassen für Motoren ○ IEC 60034-2-3 Frequenzumrichter ○ ISO 12759 Energieeffizienzklassen für Ventilatoren ○ ISO 17559 Testmethoden für Pumpen ○ ISO 50001 Energiemanagement • Erstellung von Inputs zu wichtigsten Themen
Partner Countries	<ul style="list-style-type: none"> • Schweiz (Leitung), Niederlande, Australien, USA

Tabelle 3-3: Beschreibung Task Capacity Building

Capacity Building	
Ziele, Inhalte (ab 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • EMSA entwickelt eine Software zur Berechnung der Effizienz von bestehenden, geplanten und zu optimierenden Motorsystemen • Entwicklung eines Leitfadens zur Anwendung der Software und Entwicklung von Trainingsmaterial für Ingenieure und Endanwender
Bisherige Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines Motorsystem-Softwaretools zur Beurteilung der Effizienz eines realen oder geplanten Motorsystems (Maschine, Motor, Antrieb und Regelung) (www.motorsystems.org)
Geplante Deliverables	<ul style="list-style-type: none"> • Sammlung von Feedback zur bestehenden Software, Erstellung der Beta-Version • Optimierung der zweiten Version hinsichtlich angetriebener Lasten • Fertigstellung der Endversion
Partner Countries	<ul style="list-style-type: none"> • Dänemark (Leitung), Österreich, Niederlande

Tabelle 3-4: Beschreibung Task SEAD-EMSA Bridge

SEAD-EMSA Bridge	
Ziele, Inhalte (ab 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung der Aktivitäten zwischen EMSA und des SEAD Projektes • SEAD: Super-Efficient Equipment and Appliance Deployment (Projekt im Rahmen der Clean Energy Ministerial) • Entwicklung einer Plattform zum Austausch zur Marktüberwachung von Motorpolitiken und Standards • Insbesondere werden Motoren, die in Maschinen eingebaut sind, berücksichtigt.
Bisherige Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Neu, wurde 2012 gestartet
Geplante Deliverables	<ul style="list-style-type: none"> • Ab 2012: Input von Erfahrungen und Vorhaben der SEAD Countries zu den relevanten Tasks des Annex (Standards, Marktüberwachung und Policy)
Partner Countries	<ul style="list-style-type: none"> • USA (Leitung)

Tabelle 3-5: Beschreibung Task Testing

Testing	
Ziele, Inhalte (ab 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung verbesserter, harmonisierter Testmethoden • Verbesserung der Qualität der Testergebnisse • Erarbeitung von Testmethoden für neue Motoren (Permanent-Magnet Motoren) und für Motoren mit Frequenzumrichter • Erweiterung des Testlabor-Netzwerkes • Leitfäden zur Implementierung von Teststandards und Qualität des Testequipments

	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung von Workshops
Bisherige Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Inputs zu Teststandard IEC 60034-2-1, EMSA sammelte Erfahrung im Bereich Motortests und Effizienzmessung. Die Ergebnisse flossen in die Überarbeitung des IEC Standards für Testmethoden ein. • Leitfaden für die Anwendung der Testmethoden für elektrische Motoren basierend auf der IEC 60034-2-1 (www.motorsystems.org) • Aufbau einer Datenbank zu Testlabors weltweit • Workshops zu Testmethoden bei EEMODS 2011, MOTOR SUMMIT 2010
Geplante Deliverables	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung und Aktualisierung des Leitfadens für die Anwendung der Testmethoden für elektrische Motoren basierend auf der IEC 60034-2-1 • Analyse und Vorschläge zur Verbesserung der Standards IEC 60034-2-1, IEC 60034-2-3.
Partner Countries	<ul style="list-style-type: none"> • Australien (Leitung)

Tabelle 3-6: Beschreibung Task Outreach

Outreach	
Ziele, Inhalte (ab 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau einer Motordatenbank, Informations- und Kommunikationsplattform (inkl. Übersicht über weltweite Mindeststandards und relevante technische Normen) • Erweiterung des "Global Motor Systems Network" • Organisation von Workshops (MOTOR SUMMIT 2012, 2014, Side Event für EEMODS)
Bisherige Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eines internationalen Netzwerks von Motorexperten • Website (www.motorsystems.org) • Workshops für die Mitarbeit internationaler Experten an den Tätigkeiten des Annex (MOTOR SUMMIT 2008, 2010; EEMODS Konferenz 2009 und 2011)
Geplante Deliverables	<p>Weiterer Ausbau des globalen Netzwerks von Motorexperten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisation des MOTOR SUMMIT 2012 • Organisation von Workshops bei der EEMODS 2013 • Regelmäßige Internationale Newsletter (3 mal pro Jahr) • Website (www.motorsystems.org) • Organisation des MOTOR SUMMIT 2014
Partner Countries	<ul style="list-style-type: none"> • Schweiz (Leitung), Alle

Übergeordnete Ziele, deren Umsetzung durch den Annex Electric Motor Systems (EMSA) erzielt bzw. unterstützt werden sollen:

- Überzeugung weiterer Länder zur Übernahme von Mindeststandards für Elektromotoren (Japan, Indien, Russland)
- Ausweitung der Mindeststandards auf mehr Motortechnologien und neue Produkte (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren)

- Forcierung strengerer Mindeststandards
- Global vereinheitlichte Teststandards und bessere Marktüberwachung
- Information von Maschinenherstellern zum Nutzen des Einsatzes hocheffizienter Motoren
- Training von Anwendern zum Nutzen von Energiemanagement und zur Beschaffung hocheffizienter Motoren

Auf der Webseite (<http://www.motorsystems.org>) sind alle wichtigen Informationen über das Implementing Agreement ersichtlich.

In untenstehender Tabelle erfolgt die Beschreibung der teilnehmenden Länder, Organisationen und ihrer wesentlichen Aufgaben:

Tabelle 3-7 Beschreibung der Länder, Organisationen und ihrer Aufgaben innerhalb des Annex Electric Motor Systems

Land	Organisation	Aufgaben
Australien	Australisches Ministerium für Energieeffizienz Hugh Falkner als Konsulent	Koordinierung der Aktivitäten zu Teststandards Mitarbeit bei anderen Tasks
Dänemark	Dänisches Technologieinstitut	Erstellung des Tools, Koordinierung und Durchführung der Aktivitäten zu Capacity Building
Niederlande	Niederländische Energieagentur	Koordinierung und Durchführung der Aktivitäten zu Energiemanagement
Österreich	Österreichische Energieagentur	Koordinierung und Durchführung der Aktivitäten zu „Policy Guidelines for Electric Motor Systems“
Schweden	Schwedische Energieagentur	Genaue Aktivitäten noch offen
Schweiz	CUB International	Operating Agent, Mitarbeit in internationalen Normungsgremien, Organisation des MOTOR SUMMITS, Erstellung internationaler Analysen zur Entwicklung von Verkaufszahlen
USA	DOE (Department of Energy) Appliance and Equipment Standards Program	SEAD-4E Bridge

Die Einbindung des österreichischen Forschungsanteils erfolgt über die Annexmeetings, nationale Koordinationsmeetings, über internationale Workshops und über Direktkontakte, je nach konkreter Fragestellung.

3.2.2 Beschreibung des österreichischen Teilprojekts

Im folgenden Abschnitt werden die Arbeitspakete und deren Inhalt für die Unterstützung der ExCo Tätigkeit des BMVITs im Rahmen des Implementing Agreements 4E und für die Beteiligung Österreichs am Annex Electric Motor Systems beschrieben.

Im **Arbeitspaket 1** erfolgte die Unterstützung für die ExCo-Tätigkeit des BMVIT. Dazu gehörte die Zusammenstellung und Kommentierung von Unterlagen zu den jeweiligen Themenbereichen der ExCo Meetings (z.B. geplante Annexe, Klärung organisatorischer und finanzieller Fragestellungen international und national), Organisation und Abhaltung vorbereitender nationaler Koordinationsmeetings zur Abstimmung der österreichischen Entscheidungen im ExCo und ähnliche Dinge. Die Österreichische Energieagentur nahm selbst an einem ExCo als Vertretung für das BMVIT teil und erstellte dazu ein Memo. Im Rahmen des nationalen Koordinationsmeetings erfolgte auch die Einbindung Österreichischer Akteure (BMWfJ, BMVIT, Infineon, ECODESIGN company und weitere).

Im **Arbeitspaket 2** erfolgte die Teilnahme an den Meetings des Electric Motor Systems Annex. Hier wurden die genauen Arbeitspläne der einzelnen Tasks diskutiert, die Aktivitäten der einzelnen Partnerländer abgestimmt und Ergebnisse der bisherigen Arbeiten präsentiert. Außerdem erfolgte in diesem Arbeitspaket die gesamte organisatorische Abwicklung: einerseits die jährliche Budgeterstellung, die Diskussion des jährlich zu überarbeitenden Arbeitsprogramms und die Berichterstattung an das ExCo. Bis Ende Oktober 2012 nahm die Österreichische Energieagentur am Annexmeeting in Zürich am 16. und 17. Mai 2011, am Meeting und der Verbreitungskonferenz in Washington ab 8. September 2011 und am Meeting in Stockholm am 8. und 9. Mai 2012 teil. Die Memos wurden an ausgewählte wesentliche österreichische Akteure im Bereich effiziente Motorsysteme (BMWfJ, BMVIT, Hersteller, WIFI) versendet.

Im **Arbeitspaket 3** erfolgte die Mitarbeit an den Tätigkeiten innerhalb des Electric Motor Systems Annex. Einerseits aktualisierte die Österreichische Energieagentur den Entwurf des technischen Leitfadens für Motorsysteme. Dieser enthält eine Zusammenstellung relevanter Informationen aus den Bereichen optimale Systemintegration, Lebenszykluskosten, korrekte Motorauslegung, Anwendung von Drehzahlreglern, Wartungsprozesse. Hier wurden Details mit österreichischen Herstellern besprochen. Außerdem erfolgte weiterhin die Leitung des Tasks Motor Systems Policy und die Erweiterung, Aktualisierung, Verbreitung und Diskussion des Referenzleitfadens für politische Entscheidungsträger für erfolgreiche Maßnahmen zur Forcierung effizienter Motorsysteme in verschiedenen Ländern.

Im **Arbeitspaket 4** (Verbreitung) wurden relevante Stakeholder in Österreich (Forscher, Hersteller, Planer, Berater, Endanwender) über internationale Entwicklungen und Instrumente im Bereich Effizienz in Motorsystemen informiert: Newsletter, Website, Präsentation, Artikel.

Die Dokumentation der Ergebnisse in den Zwischen- und Endberichten erfolgte im **Arbeitspaket 5**, Projektorganisation.

3.2.3 Methodik, Daten, Vorgangsweise

Der Schwerpunkt des Annex Electric Motor Systems liegt in der Analyse von Instrumenten zum verstärkten Einsatz effizienter Motortechnologien (politische Maßnahmen, Standards, Informations- und Trainingskampagnen). Dabei gilt es, bereits bestehende Technologien, aber auch deren Anwendung zu optimieren. Dies kann mittel- und langfristig nur unter Einbindung aller relevanten Akteure erfolgen. Folgende Methoden zur Analyse und zum Informationstransfer wurden daher angewandt, Informationen zu generieren und zu verbreiten:

Innerhalb des Annex Electric Motor Systems erfolgte die Fortsetzung der Arbeit zum Motor Policy Guide über Desk-Research (Websites, Berichte) und über Email-Austausch mit den beteiligten Experten, über direkte Gespräche bei den Annexmeetings und über telefonischen Experteninterviews. Außerdem wurde bei der EEMODS 2011 (weltweite Konferenz zu Energieeffizienten Motorsystemen) eine Präsentation zu diesen Inhalten gehalten und die Ergebnisse diskutiert. Eine der wichtigsten Methoden zur Gewinnung aktueller Erkenntnisse und zum Erfahrungsaustausch war die Teilnahme an den Annexmeetings. Hier wurden aktuelle Themen im Bereich Motorsysteme und Erfahrungen zu neuen Entwicklungen in den teilnehmenden Ländern diskutiert, die Aktivitäten der einzelnen Partnerländer abgestimmt und Ergebnisse der bisherigen Arbeiten präsentiert. Im Arbeitspaket Verbreitung erfolgte die Verbreitung der erzielten Ergebnisse an relevante Stakeholder in Österreich über Web und Newsletter.

4 Ergebnisse des Projektes

Im Arbeitspaket 3 erfolgte die Mitarbeit an den Tätigkeiten innerhalb des **Annex Electric Motor Systems**. Dazu wurde einerseits der von der Österreichischen Energieagentur Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren aktualisiert (Kapitel 4.1). Außerdem erfolgten weiterhin die Leitung des Task Motor Systems Policy und die Erweiterung, Aktualisierung, Verbreitung und Diskussion des Referenzleitfadens für politische Entscheidungsträger für erfolgreiche Maßnahmen zur Forcierung effizienter Motorsysteme in verschiedenen Ländern.(Kapitel 4.1) Darüber hinaus werden in diesem Kapitel auch die Ergebnisse weiterer Tasks dargestellt, in denen Österreich aber keine oder eine geringere Rolle spielt. (4.3 Internationale Normen für neue Motortechnologien, Kapitel 4.4 Test-Zentren, Kapitel 4.5 Motor System Tool und Kapitel 4.6 Energiemanagement für Betriebe).

4.1 Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren

4.1.1 Ziel

International war (ursprünglich) geplant, einen Referenzleitfaden für Hersteller, Anwender und Planer von Komponenten wie Motoren und Pumpen zu erarbeiten. Der Inhalt des Leitfadens sollte die Themen optimale Systemintegration, Lebenszykluskosten, Anwendung von Drehzahlreglern und Wartung umfassen. Da international dieser Task nicht weiter verfolgt wurde, hat die Österreichische Energieagentur bereits im Vorprojekt einen entsprechenden Leitfaden in deutscher Sprache verfasst, dieser Leitfaden wurde nun um die neuesten Entwicklungen ergänzt. Der Leitfaden fasst insbesondere die im Rahmen des Annex diskutierten und für Endanwender relevanten Neuigkeiten (Technik, Normen, Methoden) übersichtlich zusammen.

4.1.2 Tätigkeiten

Herstellerunabhängige Empfehlungen zum Einsatz von Frequenzumrichtern sind kaum erhältlich. Daher stellte die Österreichische Energieagentur Empfehlungen aus den neuesten Publikationen zu diesem Thema zusammen, sicherte diese mit einem externen und einem AEA-internen Experten für Elektrotechnik ab und ergänzte damit den Energieeffizienz-Leitfaden. Überarbeitet bzw. ergänzt wurde das Kapitel 7 Frequenzumformer. Insbesondere wurden der Aufbau eines Frequenzumformers und die Unterkapitel Harmonische Oberschwingungen und Reflexion, Überschwingung und Spannungsabfall in Leitungen eingearbeitet.

4.1.3 Ergebnisse

Grundsätzlich können durch den Einsatz von Frequenzumrichtern zur Motorsteuerung hohe Einsparungen (bis zu 30 % und darüber) für bestimmte Einsatzbereiche erzielt werden. Dennoch sind beim Einsatz dieser Technologie bestimmte Mindestanforderungen an die Installation zu beachten und viele Aspekte zu berücksichtigen. (Kulterer, Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren, 2012)

Werden Asynchronmotoren direkt am Wechselspannungsnetz betrieben, haben sie eine von ihrer Polzahl und der Netzfrequenz abhängige feste Nenndrehzahl. Beim Anlauf entstehen hohe Stromspitzenwerte und das Drehmoment ist gering.

Frequenzumrichter ermöglichen es demgegenüber, stufenlos Drehzahlen von Null bis zur Nenndrehzahl zu erreichen, ohne dass das Drehmoment sinkt. Die Drehzahl kann auf bis zu ca. 120 % erhöht

werden (bei entsprechend höherem Energiebedarf), das Drehmoment bei verringerter Drehzahl sogar auf 150 % des Nenn-Drehmoments.

Im Prinzip besteht ein elektronischer Frequenzumrichter aus vier Komponenten:

- Der **Gleichrichter** wandelt den Wechsel- in Gleichstrom um. Sein Design beeinflusst auch das Ausmaß, ob harmonische Wellen das Versorgungsnetz beeinflussen.
- Der **Zwischenkreis** besteht aus einem Kondensator zur Glättung der Gleichspannung und einer Induktivität zur Entstörung.
- Im **Wechselrichter** werden am häufigsten der Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) als leistungselektronischer (Halbleiter-)Schalter eingesetzt. Dieser steuert die Stromzufuhr zu den Motorwicklungen durch die sog. sinuskommutierte Pulsweitenmodulation (PWM) und kann damit die Ausgangsspannung und auch deren Frequenz (und damit die Drehzahl des Motors) regeln.
- Die **Steuerungseinheit** überwacht den Betrieb des Frequenzumrichters, um die richtige Ausgangsspannung in Abhängigkeit von einem externen Signal zu gewährleisten (z.B. Druck).

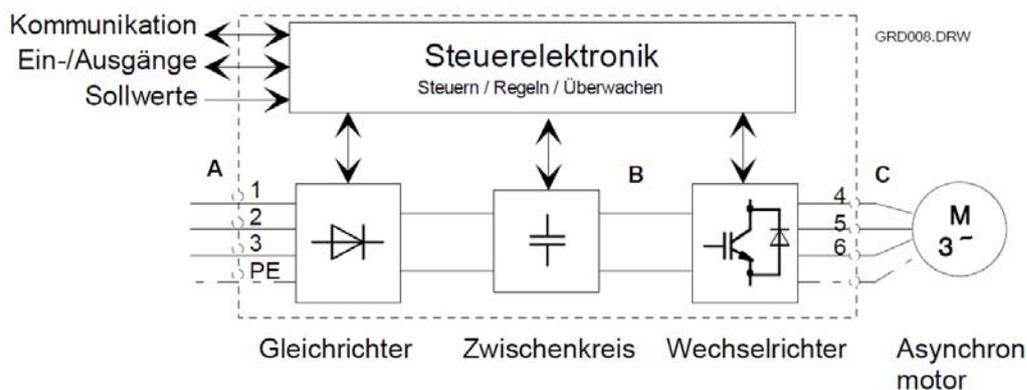


Abbildung 4-1 Aufbau eines Frequenzumrichters (SEW Eurodrive, 2004, S22)

Durch Anwendung des Frequenzumformers ergeben sich neben der Energieeinsparung eine Vielzahl von weiteren Vorteilen:

- Einfache und genaue Regelung der Fördermenge
- Verbesserung der Effizienz über weiten Einsatzbereich
- Geringe Beanspruchung der Komponenten im Teillastbereich
- Eliminierung von Verschmutzungsproblemen im Vergleich zu mechanischen Kontrollsystemen
- Reduktion von Luftstromgeräuschen
- Gutes Anlaufverhalten
- Geringerer Einschaltstrom

- Möglichkeit der Vermeidung von überdimensionierten Motoren bei Anwendungen mit hoher Massenträgheit während des Anlaufens
- Verbesserter elektrischer Leistungsfaktor

Harmonische Oberschwingungen

Durch die nichtlineare Stromaufnahme eines Frequenzumrichters entstehen an den Netzimpedanzen der Versorgungsnetze Oberschwingungsspannungen (Überlagerung der Grundspannung), die die Netzspannung verzerren. Weitere nicht-lineare Lasten in Industriebetrieben sind z.B. Lichtbogen-schweißgeräte, Lichtregelung und unterbrechungsfreie Stromversorgung.

Oberwellen bewirken Fehlfunktionen in elektronischen Steuerungen, zusätzliche Verlustleistung in Transformatoren, Motoren, Leitungen, usw. Beispielsweise erzeugt eine negative drehende Oberschwingung ein Drehfeld mit einem Drehmoment entgegen der Drehrichtung. Dadurch entstehen zusätzliche Wirbelströme und Ummagnetisierungen, die zu Motorüberhitzung führen können.

Idealerweise soll über „Power harmonic analyzers“ die Größe individueller harmonischer Oberschwingungen von einem Experten bestimmt werden. Mögliche Gegenmaßnahmen, nach Prüfung der Übereinstimmung mit elektrotechnischen Vorschriften und geeigneten Erdungsmaßnahmen sind:

- Getrennte Versorgung von Lasten, die Oberschwingungen erzeugen, über eigene Leitungen und Transformatoren.
- Einsatz von Trenntransformatoren und Netzdrosseln (3–5 % Impedanz) zum Schutz des Umrichters und des Motors.
- Einsatz von Filtern, um die Amplitude von einer oder mehreren Hochfrequenzschwingungen zu verringern und das Ausbreiten der Schwingungen in das elektrische Versorgungssystem zu verhindern.
- Geringe Kabellänge (unter 15 Metern wenn möglich)

Reflexionen, Überschwingung

Die Spannungswellenform wird durch eine Serie von Pulsen kontrolliert, die Breite und Länge ist so eingestellt, dass sie sich einer sinusförmigen Spannung annähert.

Bei Pulsweitenmodulation (PWM) tritt hohe maximale Spannungsbelastung auf das Isolationssystem auf. Aufgrund mehrfacher Reflexions- oder Resonanzeffekte, die vom Zusammenspiel der Takt-(Puls-)frequenz und Wellenform der PWM, der Kabellänge zum Motor und der Induktanz des Motors abhängen, kann es zum Überspringen der Spannung kommen. Bei Kabellängen von mehr als 15 m sind diese besonders problematisch. Insbesondere die ersten Motorwicklungen werden extrem beansprucht, Kurzschlüsse und Schäden an der Isolierung sind die Folge.

Viele FUs ermöglichen die Auswahl der PWM-Taktfrequenz durch den Anwender. Diese kann zwischen 50 Hz und 20 kHz betragen. Diese Auswahl definiert auch die Anzahl der Spannungsüberschüsse, die in einem Motor zu einem bestimmten Zeitraum auftreten können. Höhere Frequenzen erhöhen diese Überschüsse und beanspruchen die Isolation des Motors. Bei hohen Taktfrequenzen ist dafür die Spannung nahezu sinusförmig.

Bei niedrigen Taktfrequenzen ist der Motorstrom nicht sinusförmig und es kann zu Geräuschen am Motor kommen, die insbesondere bei Lüftungsanlagen unerwünscht sind.

Abhilfe für diese Probleme schaffen:

- Ausgangsfilterdrosseln (1–3 % Impedanz)
- Reduzierte Kabellänge
- Evt. geringere Taktfrequenz
- Verbesserte Isolierung für reparierte Motoren

Erdung, Schirmung

Vor Einsatz eines FU ist es wichtig, bei Motoren mit häufigen oder ungewöhnlichen Lagerschäden auf mögliche Ströme in der Motorwelle zu achten. Normalerweise sind diese Ströme kein Problem, bei Spannungen von mehr als 0,3 bis 0,5 Volt können diese aber bei großen Motoren, die mit FU ausgestattet werden sollen, zu potenziellen Problemen führen. Die Welle sollte in so einem Fall über eine Bürste geerdet werden oder die Lager isoliert haben. Bei Pumpanwendungen ist dies nicht notwendig, da die Welle mit der Erde verbunden ist. (Natural Resources Canada, 2009, S 41ff)

Die gesetzlichen Vorschriften der EMV- und Niederspannungs-Richtlinien müssen sämtliche Hersteller einhalten. Eine Reduktion der gestrahlten Störenergie auf benachbarte Anlagen erfolgt daher durch geeignete Schirmmaßnahmen.

Zusätzliche Filter erhöhen grundsätzlich die Verluste eines FUs. Filter bieten allerdings Schutz vor hochfrequenten leitungsgebundenen Störgrößen zum Gerät und vom Gerät zum Netz.

Bei der Installation von Hochfrequenz-Filtern müssen diese möglichst dicht am Gerät montiert sein, Leitungen zwischen Filter und Gerät müssen geschirmt sein.

Filter verursachen allerdings auch leitungsgebundene Störungen, wodurch Spannungen auftreten, die sich ausbreiten können:

- Interne Eingangfilter sollten daher nicht zu nahe am Gleichstromzwischenkreis geschaltet sein. (gilt für Hersteller!)
- Am Ausgangsfilter kann es insbesondere bei kleinen Motoren passieren, dass sich diese Spannungen mit der Ausgangsspannung überlagern (z.B. zusätzlich 120V bei 400V).

Einsatz von Drosseln

Diese werden sowohl auf der Ein- und Ausgangsseite, als auch im Gleichstrom-Zwischenkreis verwendet. Auf der Eingangsseite reduzieren sie die Netzurückwirkung und verbessern den Leistungsfaktor. Sie führen zur Reduktion des Stromoberwellengehalts (THD) und zur Verbesserung der Netzspannungsverzerrung und Netzqualität.

Überhitzung des Motors

Größere Motoren, die mit Frequenzumrichter betrieben werden, sollten einen Lüfter mit konstanter Drehzahl haben, um Überhitzung bei geringer Drehzahl zu vermeiden. Allerdings sinkt beim Einsatz

für Pumpen und Lüfter bei niedrigerer Drehzahl auch die Leistungsaufnahme mit der 3. Potenz, was die Gefahr einer Überhitzung minimiert.

Bei höherer Drehzahl steigt allerdings die Leistung überproportional, was zu erhöhtem Kühlungsbedarf führt. Z.B. führt eine Erhöhung der Drehzahl bei quadratischer Kennlinie (z.B. Pump- und Lüfteranwendung) um 10 % zu einer Erhöhung der Leistungsaufnahme um 33 %.

Langsamer drehende Motoren bis 3 Hz müssen ebenfalls durch Fremdlüfter über ein sogenanntes Fremdnetz gekühlt werden.

Bei Mixern kann das Drehmoment mit niedrigerer Drehzahl steigen und daher auch die benötigte Kühlleistung. Der integrierte Lüfter kann dann nicht mehr ausreichend sein. Insbesondere bei solchen Anwendungen mit konstanter Last bzw. Leistung muss das Motordrehmoment bei reduzierter Drehzahl schon bei der Auslegung begrenzt werden, um Überhitzung zu vermeiden.

4.2 Instrumente für Motorpolitiken

4.2.1 Ziel

Das Ziel des Tasks Motor Systems Policy ist es, internationale und nationale politische Instrumente für die Steigerung der Effizienz von Motorsystemen zu analysieren und Empfehlungen für nationale und internationale Entwicklungen in diesem Bereich zu entwickeln. Politische Instrumente umfassen dabei nicht nur Mindeststandards und Normen, sondern auch finanzielle Instrumente, Energieeffizienz- und Energieauditprogramme bis hin zu Energiemanagement-Ansätzen und Ausbildungskonzepten.

Für das vorliegende Projekt war geplant, die Aktivitäten in diesen Bereichen fortzuführen. Insbesondere der von der Österreichischen Energieagentur erstellte Entwurf zum Leitfaden „Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Policies“ wurde 2011 mit den Partnern abgestimmt und international diskutiert. Ursprünglich war auch geplant, diesen Leitfaden um weitere Länder und weitere politische Maßnahmen zu erweitern. Im Jahr 2012 wurde aber aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen die Arbeit an den „Policy Guidelines for Electric Motor Systems“ begonnen. Dies wird keine Sammlung von konkreten politischen Instrumenten in verschiedenen Ländern, sondern ein Leitfaden mit spezifischen Empfehlungen zur Ausgestaltung dieser Instrumente für politische Entscheidungsträger.

4.2.2 Tätigkeiten

Zunächst wurde eine Analyse bestehender Motorpolitiken (z.B. Mindeststandards, finanzielle Anreizsysteme, Motoreffizienzprogramme, Bewusstseinsbildung) in ausgewählten Ländern durchgeführt und die wesentlichen Erfolge dieser Instrumente dargestellt. Der von der Österreichischen Energieagentur im Vorprojekt erstellte „Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Motor Policies“ wurde zwischen April und August 2011 mit dem Operating Agent des Annex „Motor Systems“ (Conrad Brunner, Rita Werle, Schweiz) diskutiert und zahlreiche Änderungen vorgenommen, Informationen aktualisiert und ergänzt. Außerdem stimmte die Österreichische Energieagentur mit dem Operating Agent des Implementing Agreement 4E (Mark Ellis, Australien) die Schlussfolgerungen ab. Die Österreichische Energieagentur korrigierte dann auch noch in Zusammenarbeit mit dem Operating Agent die Druckversion.

Als nächster Schritt wird EMSA „Policy Guidelines for Electric Motor Systems“ entwickeln, die aus verpflichtenden, freiwilligen und finanziellen Maßnahmen bestehen und Vorschläge zur Marktüberwachung enthalten. Für die weitere Vorgangsweise zur Erstellung der sog. Motor Policy Guidelines wurden im Frühjahr 2012 die zu analysierenden politischen Instrumente festgelegt, mögliche Kontaktpersonen und Studien zusammengestellt. Im Sommer 2012 wurden darauf aufbauend erste mögliche Inhalte für die Beschreibung und die zu erarbeitenden Empfehlungen für die einzelnen politischen Instrumente diskutiert. Derzeit (Oktober 2012) erfolgt die Abstimmung mit dem Operating Agent.

4.2.3 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Schlussfolgerungen, die während der Projektlaufzeit im Rahmen des Motor Policy Tasks erarbeitet wurden, angeführt (Kulterer, Werle, 2011a, Kulterer, Werle, 2011b):

Es ist wichtig, nicht nur die Effizienz des Elektromotors, sondern auch die Effizienz des gesamten Motorsystems zu erhöhen (der angetriebenen Pumpe, des Ventilators, des Kompressors und zusätzlicher Komponenten wie des Frequenzumformers, Antriebs, des Keilriemens, Bremsen usw.) Wie genau Motorsystemaspekte in nationalen Förder- und Mindeststandards-Initiativen berücksichtigt werden sollen, ist nicht leicht zu entscheiden.

Die Europäische Kommission publiziert Mindeststandards für Maschinen wie z. B. Kompressoren, Ventilatoren und Pumpen. Diese Maßnahmen erhöhen die Energieeffizienz eines einzelnen Produktes und nicht des gesamten Systems oder der Maschinen, in die diese Komponenten eingebaut werden.

Einige Länder (z. B. Großbritannien, USA und andere) bieten finanzielle und gesetzliche Anreize für den Kauf und/oder die Installation von Frequenzumrichtern an. Diese Maßnahmen zielen auf einen einzelnen – aber in einigen Fällen den relevantesten – Aspekt der Abstimmung des Energiebedarfs für den Motor mit dem tatsächlich erforderlichen Energiebedarf für das System.

Zusätzlich sind zahlreiche andere Aspekte relevant, z. B. das Ausschalten am Wochenende oder die korrekte Dimensionierung von Maschine und Motor. Beispiele für Instrumente, die den Bereich Motorsysteme ganzheitlich betrachten, sind ko-finanzierte Audits, Leitfäden und Trainings für Auditoren, Motorexperten und Energiemanager. Das Motor Challenge Programme hat auch die Vorteile einer Selbstverpflichtung der Leitung (Top-Management) des Betriebes zur Verbesserung der Energieeffizienz gezeigt und diese Erfahrungen sollten auch für andere Programme zu Motorsystemen übernommen werden.

Die Europäische Kommission hat das Referenzdokument Best Available Techniques (BAT Document) "Energy Efficiency", veröffentlicht, das eine Vielzahl von Informationen zu Einsparmaßnahmen auf Systemebene enthält. Diese Richtlinien sollten angewendet werden, wenn eine neue IPPC-Anlage (Integrated Pollution Prevention and Control-Directive of the European Commission) gebaut oder ausgeweitet wird. Allerdings ist das Wissen über den Inhalt dieses Dokuments nicht sehr weit verbreitet. Insbesondere müssten Personen, die diese Genehmigungen erteilen, über die Effizienzverbesserungsmöglichkeiten besser geschult werden.

Waide und Brunner (Waide, Brunner 2011) schlagen einige interessante politische Möglichkeiten zusätzlich zu den oben erwähnten vor, abhängig von den Hemmnissen und Technologien, auf die diese Maßnahmen abzielen:

1. Effizienz von Komponenten und Systemen

Mindeststandards, Labelling und Teststandards werden für Motorsystemkomponenten wie Motoren, Ventilatoren, Pumpen, Kompressoren, Frequenzumrichter, aber auch für Keilriemen und andere Antriebskomponenten vorgeschlagen.

Sehr interessant könnte auch der Ansatz von Leistungs-Anforderungen auf Systemebene sein, z.B. Energieleistungszahlen für Pumpsysteme, für Fließbänder oder Aufzüge. (Waide, Brunner 2011, S 11).

Dieser Ansatz könnte auch für andere Systeme, wie z.B. Druckluftsysteme (e.g. kWh/Nm³), oder für Ventilatoren (Specific Fan Power) Anwendung finden. Diese Leistungskennzahlen könnten regelmäßig auch in Verknüpfung mit anderen Parametern (z.B. maximal erlaubte Leckagenrate oder maximal erlaubte Teillast) überprüft werden. Hier ist noch Arbeit nötig, um die Möglichkeit solcher Auflagen zu prüfen.

2. Fehlende Lebenszyklusbetrachtung

Industrie- und Fachverbände (Handelsorganisationen) sollten den Mitgliedsunternehmen empfehlen, Informationen zu den Lebenszykluskosten der zu verkaufenden Anlagen in ihre Angebote aufzunehmen. Außerdem sollten Lebenszykluskosten-Berechnungen in Leistungsspezifikati-

onen der Geräte und Effizienz-Labels für Maschinen entwickelt werden (z.B. nur IE3 Motoren in der Maschine) (Waide, Brunner 2011, S 89, S 87)

Innerhalb von Energiemanagementsystemen sollten Beschaffungsvorgaben den Lebenszykuskostenansatz beinhalten.

3. Anwendung und Optimierung (Ersatz und Vergrößerung) von bestehenden Systemen

Bestehende Prozesse sollten überwacht und die Geräte gemessen werden, um kritische Parameter zu definieren. Die fortschreitende Automatisierung von Fabriken kann genutzt werden, um die Effizienz in Produktionsprozessen zu überwachen und über einen Zeitraum mit Hilfe von Benchmarks zu vergleichen. Anreize sollten geschaffen werden, um die richtige Dimensionierung von Geräten und die systematische Überwachung der Systemperformance der jeweiligen Anwendung zu unterstützen.

Um die effiziente Anwendung von Motorsystemen verpflichtend zu machen oder zumindest Anreize für die effiziente Anwendung zu setzen, sollten auch makropolitische Instrumente genutzt werden. Beispiele können die Verpflichtung zur Einführung von Energiemanagementsystemen, (inkl. Berücksichtigung der Effizienz von Motorsystemen auf verschiedenen Ebenen), verpflichtende Energieaudits (inkl. verpflichtende Motorsystemaudits), Energieeinsparziele (inkl. Ziele für Motorsystemen) innerhalb von freiwilligen und verpflichtenden Vereinbarungen zwischen Behörden und Industriefirmen sein. Ein Beispiel für einen solchen Anreiz ist, dass die Energiesteuer nach Erreichung der Einsparziele oder nach Erfüllung bestimmter Kennzahlen refundiert wird.

Die bisherige Diskussion im Rahmen des Motor Systems Policy Tasks lässt sich wie folgt zusammenfassen.

Eine gutes Politikpaket zur Erhöhung der Energieeffizienz von Motorsystemen beinhaltet eine Kombination von mindestens drei Instrumenten:

1. Nationale verpflichtende Mindeststandards für Motoren und Motorsysteme (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren): Mindeststandards sollten auf der Basis von internationalen Testmethoden definiert werden, die Zeitpunkte der Einführung von strenger werdenden Anforderungen müssen festgelegt werden. Eine regelmäßige Überprüfung der Mindeststandards ist notwendig, um die technologische Weiterentwicklung berücksichtigen zu können. Die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen muss überprüft und verifiziert werden. Dazu sind auch Mechanismen für den Fall der Nicht-Übereinstimmung zu erarbeiten.
2. Information, Training und Wissensaufbau:
 - Effizienzprogramme: Die Einführung von Energiemanagement- (top-down) und Energieaudit- (bottom-up) -programmen mit dem Schwerpunkt Motorsysteme wird als notwendig erachtet. Diese Programme müssen aber folgende Elemente beinhalten bzw. berücksichtigen: einen Planungsprozess, der sich auf die Effizienz von neuen oder bestehenden Installationen konzentriert, ein jährliches Monitoring des Stromverbrauchs pro produzierter Einheit und Wertschöpfung, das Setzen von Effizienzzielen basierend auf dem Benchmarking von effizienten Technologien (Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren). Die Teilnahme an solchen Programmen kann durch natio-

nale Politiken verstärkt werden, entweder verpflichtend oder freiwillig im Austausch gegen bestimmte Vorteile.

- Das Training für Experten ist wesentlich, dazu sind auch Produktleitlinien oder Werkzeuge (Tools, z.B. EMSA's Motor Systems Tool) für eine Analyse und das Messen des Energieverbrauchs vor Ort und zur Lebenszykluskostenbeurteilung zu entwickeln. Ebenso sind Instrumente für Planung und Umsetzung von verbesserten Motorsystemen (mit Installateuren, Planern und Wartungspersonal als Zielgruppe) zu erarbeiten.
3. Finanzielle Initiativen: Investitionen in die Optimierung alter, ineffizienter und überdimensionierter Anlagen werden oft nicht umgesetzt. Gründe sind z.B. das Hemmnis, in den Produktionsprozess einzugreifen, die Angst vor neuen Technologien, für die noch wenig Erfahrung im Betrieb vorliegt, und der große finanzielle und zeitliche Aufwand zur Abschätzung des Einsparpotenzials in komplexen Motorsystemen. Finanzielle Anreize können helfen, diese Barrieren zu überwinden und die Aufmerksamkeit der Produktionsleiter oder Managers des Standortes auf oft nicht beachtete Effizienzpotenziale in Motorsystemen zu ziehen.

Alle diese Instrumente müssen in nationale und internationale politische Rahmenbedingungen eingebunden werden.

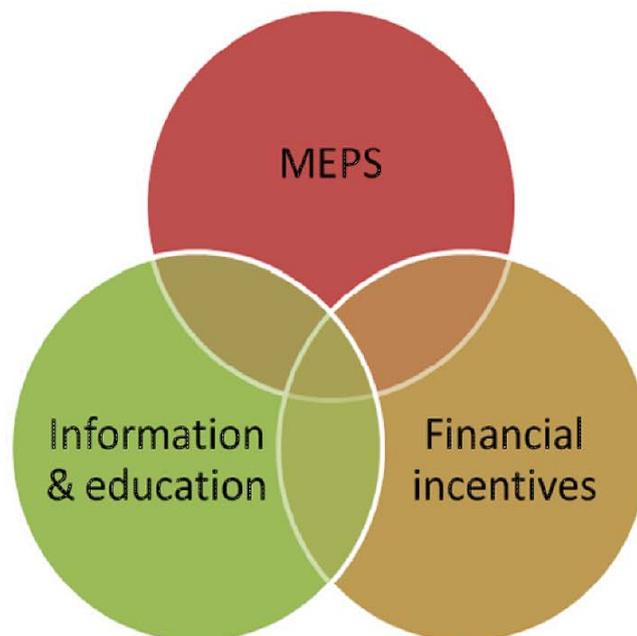


Abbildung 4-2 Überblick über Internationale Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz, Quelle: A+B International, 2011 (in Werle, 2011)

Erfolgreiche Politikinstrumente auf nationalem Niveau sind wichtig, aber nicht ausreichend. Mit Motorherstellern, die ihre Produkte weltweit anbieten, müssen die Bedürfnisse und die Risiken des globalen Marktes beachtet werden:

- Wo bisher noch nicht umgesetzt, sollen Mindeststandards eingeführt werden. Insbesondere zuerst in Ländern mit einem hohen Anteil am weltweiten Energieverbrauch (z.B. Russland, Indien, Japan) und dann stufenweise in allen Ländern.

- Das Niveau der Mindeststandards muss global harmonisiert werden, um parallele Märkte zu vermeiden, in denen effiziente oder ineffiziente Produkte gehandelt werden.
- Teststandards müssen international harmonisiert und akzeptiert werden. Dieser Prozess wird bereits durchgeführt und immer mehr Länder übernehmen die höheren IEC Standards.
- Darüber hinaus müssen Motorauditprogramme und spezifische Leistungsstandards für ganze Systeme entwickelt und mit industriellen Energieeffizienzprogrammen integriert/kombiniert werden. Diese Programme müssen entweder verpflichtend sein oder einen starken finanziellen Anreiz zur Teilnahme haben.

4.2.4 Nächste Schritte

Globale Herausforderungen rufen nach globaler Anstrengung. Das Ziel des 4E „Electric Motor System“ Annex ist es daher, diesen Herausforderungen zu begegnen und die Markttransformation auf globaler Ebene voranzutreiben. In weiterer Folge werden daher „Policy Guidelines for Electric Motor Systems“ erstellt, die Empfehlungen für sämtliche relevante politische Maßnahmen erarbeiten wird. Derzeit wurden dazu folgende politische Instrumente definiert:

Tabelle 4-1 Überblick über die Elemente der in Bearbeitung stehenden Motor Policy Guidelines

Motor Lebenszyklus	Politische Maßnahmen	Beispiele
Motorherstellung Maschinenbau (OEM) Markteintritt	Standards/Normen (inc. Labeling)	IEC, ISO
	Mindeststandards	EU, US, CN, AU
	Produktregistrierung	AU, US, CN
	Marktüberwachung	AU, US, EU
	Testing	AU, CN, US
	Andere (Internationale Initiatives, incl. Wettbewerbe)	G8, IEA, SEAD, EMSA
Kauf des Motors/ der Maschinen Installation Betrieb Ende der Lebensdauer	Information: Planungsleitfäden, Berücksichtigung der Lebenszykluskosten, Datenbanken zu Produkten, Bewusstseinsbildung	US, AT, CH, SE
	Finanzielle Anreize	CN, CH, US, AT, UK,
	Energiemanagement, Energieaudit, Einsparberechnung	NL, AT, SE, IEA, Dk, US
	Ersatz, Motorwicklung	Brazil, US, CN

4.3 Normen und Standards für neue Motortechnologien

4.3.1 Ziele

Innerhalb des Annex Electric Motor Systems wird besonders im von der Schweiz geleiteten Task „Internationale Normen“ der Normen-Entwicklung für die weltweite Verbreitung von hocheffizienten Elektromotoren ein großer Stellenwert beigemessen. Dazu sind entsprechende Normen für das Testen und die Klassifizierung von Elektromotoren wichtig. Zusätzlich sind Normen für andere Systemkomponenten (z.B. Frequenzumrichter) ebenso notwendig. Um mit der technologischen Entwicklung Schritt zu halten, müssen Normen für neue Motortechnologien (Switched Reluctance, Permanentmagnet-Motoren) entwickelt werden. EMSA zielt auf den verstärkten Dialog zwischen Normengremien, Motorherstellern und -anwendern und politischen Verantwortlichen. Ein erster Workshop zu diesem Thema wurde während des MOTOR SUMMITS 2010 in Zürich abgehalten. Mehrere EMSA-Mitglieder beteiligen sich außerdem aktiv an der Normenentwicklung.

Die Ziele des Tasks Internationale Standards sind daher:

- Einbringen des EMSA Wissens in globale Standardinitiativen für Motoren, Pumpen, Ventilatoren und Energiemanagement
- Unterstützung der Normungsgremien zu den Themen: Energieeffizienzklassifizierung und Testen von Motoren, Normen für neue Motortechnologien und für Energiemanagementsysteme in der Industrie.

4.3.2 Ergebnisse

Überblick über Normenentwicklung

Den größten Einfluss auf die Effizienz der Motoren hatte die global einheitliche Motoreffizienz-Klassifizierung (IEC 60034-30), die zwischen IE1, IE2, IE3 und IE4 Motoren unterscheidet. Derzeit laufen mehrere Projekte, die den Anwendungsbereich der Normen über den Käfigläufer-Induktions-Motor (AC-Motor) hinaus auf mehrere Arten von Elektromotor-Technologien ausweiten wollen.

Der Anwendungsbereich der neuen IEC 60034-30 wird auch adaptiert werden, um die Leistungsklassen von 0,12 bis auf 1.000 kW, 2-, 4-, 6- und auch 8-polige Induktionsmotoren als auch Permanentmagnet-Motoren zu umfassen. Die Effizienzklassen werden auf IE4 Super Premium Effizienz ausgeweitet werden, mit der Möglichkeit für die zukünftige Definition von IE5 Ultra Premium Effizienzklasse, die derzeit noch nicht erhältlich ist. Die gesamte energetische Leistung eines gesamten Motorsystems, das FU, den Motor und den angetriebene Maschinen umfasst (Pumpen, Ventilator, Kompressor, Fließband) wird derzeit im Cenelec SC22X WG6 bearbeitet. (Brunner, Waide, Jakob, 2011)

Tabelle 4-2 Überblick über die derzeit wichtigsten Normen für die Klassifizierung der Energieeffizienz von Elektromotoren, Quelle: Technical Committee 2, Rotating machines (Brunner, Waide, Jakob, 2011, S 6)

Topic	Standard	Title	Year published	Covered motors
Rating & performance	IEC 60034-1	Rating and performance	2010	
Testing of efficiency	IEC 60034-2-1	Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)	2007 (under revision)	Standard motors (AC, DC and synchronous)
	IEC 60034-2-2	Specific methods for determining separate losses of large machines from tests - Supplement to IEC 60034-2-1	2010	Special and large motors
	IEC 60034-2-3	Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC motors	2011 (draft)	Converter-fed motors
Efficiency classes	IEC 60034-30	Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)	2008 (under revision)	Induction motors 0.75 - 375 kW, 2-, 4-, 6-pole with 50 and 60 Hz
Guide for the application	IEC 60034-31	Selection of energy-efficient motors including variable speed applications - Application guide	2010	Motors and variable frequency drives

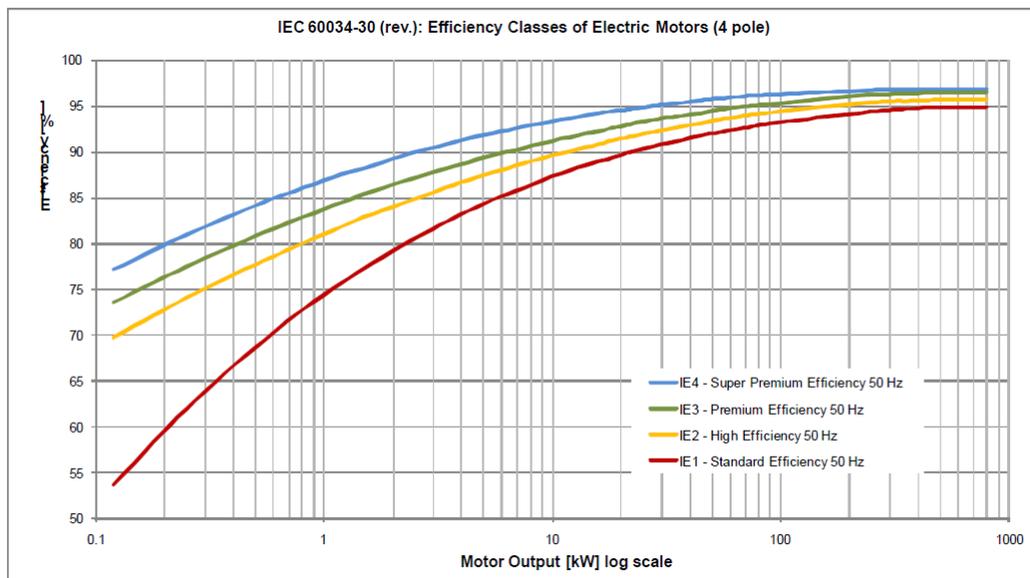


Abbildung 4-2 Energieeffizienzklassen nach IEC 60034-30, geplante Revision mit den Effizienzklassen IE1 bis IE4 für Leistungsklassen von 0,12 bis 1.000 kW (Quelle, IEC TC2 WG 31,2011) (Brunner, Waide, Jakob, 2011, S 8)

Überblick über Minimumstandards

Nationale Regierungen bzw. Wirtschaftsregionen können durch die Einführung von Minimum Energy Performance Standards (MEPS) festlegen, welche Produkte (z.B. Motoren, Pumpen, Ventilatoren) für den Kauf im jeweiligen Markt innerhalb des Staates oder der Wirtschaftsregion angeboten werden können. Für Motorhersteller heißt dies, dass sie nur Produkte verkaufen dürfen, die mit den MEPS des jeweiligen Landes übereinstimmen. Daher ist dies ein sehr mächtiges politisches Instrument zur Marktregulierung. Sobald politische Entscheidungsträger sich entschieden haben, Maßnahmen zur Markttransformation zu setzen, ist die Einführung von MEPS der erste Schritt. Falls aber unterschiedliche Länder, verschiedene Mindeststandards – oder gar keine – eingeführt haben, führt dies zu einer Aufteilung des weltweiten Marktes: In einem Land werden hocheffiziente Motoren ge- und verkauft, in einem anderen Land billige Produkte mit geringerer Effizienz. Eine weltweite Harmonisierung dieser MEPS würde solche Parallelmärkte vermeiden.

In Europa beispielsweise wurden erst im Juni 2011 Mindeststandards für Elektromotoren vorgeschrieben, dennoch betrug der Marktanteil der vorgeschriebenen IE2 Motoren lt. CEMEP ca. 30 %. Mittelfristig kann sich dieser Anteil auf 60 % erhöhen, ca. 1/3 der Motoren bleiben aber aufgrund von verschiedenen Ausnahmen bis auf weiteres außerhalb der Richtlinie. Insbesondere sollen daher (wie oben unter Normentwicklung beschrieben) Motoren, die bisher ausgenommen waren, aufgenommen und die Leistungsklassen sowohl nach unten als auch nach oben stark ausgeweitet werden.

Jene Regionen mit dem höchsten Stromverbrauch für den Betrieb von Elektromotoren (USA, EU-27 und China) haben bereits MEPS für Motoren eingeführt. Es gibt aber auch Länder mit hohem Stromverbrauch für diesen Zweck, z.B. Russland und Indien, die gemeinsam 8% des globalen Motorstromverbrauchs ausmachen und noch keine Mindeststandards festgelegt haben. Basierend auf bereits umgesetzten Gesetzen werden Länder mit MEPS bis 2015 70 % des globalen Stromverbrauchs ausmachen. Es ist wesentlich, mehr Länder zur Einführung von MEPS zu bewegen. Global harmonisierte MEPS können nur erzielt werden, wenn klare globale Standards für die Effizienz von Motoren und deren Überprüfung existieren. (Werle, R., et al., 2011)

Tabelle 4-3 Globale Energieeffizienzklassen, Test-Normen und MEPS für Elektromotoren (Brunner, Waide, Jakob, 2011, S 9)

Efficiency Levels 3-phase induction motors	Efficiency Classes	Testing Standard	Performance Standard
	IEC 60034-30	IEC 60034-2-1	Mandatory MEPS ****
	Global classes IE-Code 2008; rev. 2012 *	incl. stray load losses 2007; rev. 2012 **	National Policy Goal
Super Premium Efficiency	IE4	Preferred Method Summation of losses with load test: P _{LL} determined from residual loss	
Premium Efficiency	IE3		
High Efficiency	IE2		
Standard Efficiency	IE1		
			Canada
			Mexico
			USA
			Europe*** 2015 / 2017
			Australia
			Brazil
			China
			Europe
			South Korea
			New Zealand
			Switzerland
			Costa Rica
			Israel
			Taiwan

8 August 2011 CUB
A+B International

*) Sizes 0.12 kW - 800 kW,
50 and 60 Hz

**) for 3-phase machines,
rated output power < 1 MW

bold means in effect
***) Europe* 2015 (below 7.5 kW), 2017,
IE3 or IE2 + Variable Speed Drive
****) Minimum Energy Performance Standard

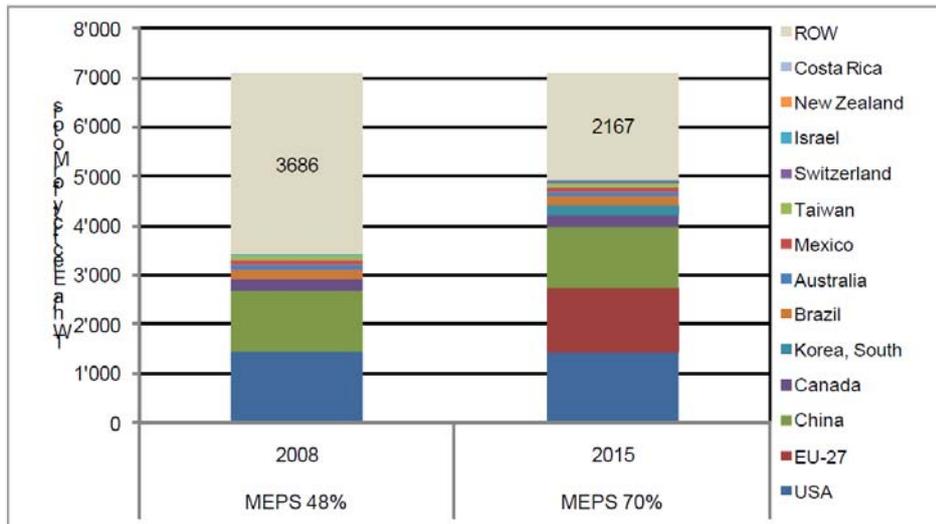


Abbildung 4-3 Energieverbrauch für Elektromotoren in TWh für Länder mit bestehenden Minimumstandards und für die übrigen Länder (Rest of the World-ROW) (Werle, R. et al., 2011, S 10)

Folgende Ergebnisse wurden innerhalb dieses Tasks erzielt:

- Veröffentlichung des Electric Motor MEPS Guides (www.motorsystems.org)
- Input für internationale Energieeffizienzklassifikation (Norm: IEC 60034-30 und Teststandard IEC 60034-2-1)
- EMSA-Mitglieder arbeiten in den Arbeitsgruppen zur internationalen Normierung an der Ausweitung des Standards für Effizienz von Elektromotoren.
- EU Mandat für die Entwicklung von Standards (Normen) zu Elektromotoren und Frequenzumrichtern beinhaltet den Verweis auf den Electric Motor System Annex bei der Berücksichtigung internationaler Initiativen

- Laufender Überblick über die Minimum Performance Standards weltweit auf www.motorsystems.org

4.3.3 Nächste Schritte

Der Task Internationale Normen will als nächstes mit folgenden Normungsgremien zusammenarbeiten:

- IEC 60034-2-1 Teststandards für E-Motoren
- IEC 60034-30 Effizienzklassen für E-Motoren
- IEC 60034-2-3 Test von Frequenzumrichtern
- ISO 12759 Energieeffizienzklassen für Ventilatoren
- ISO 17559 Testmethoden für Pumpen
- ISO 50001 Energiemanagement

Für diese Normungsgremien werden die Arbeitsgruppen identifiziert und nationale Experten entsandt, zu den wichtigsten Themenbereichen sollen Inputs erarbeitet werden.

4.4 Test-Zentren

4.4.1 Ziel

Das Ziel des Tasks Test-Zentren ist es, die Qualität des Testens von Motoren weltweit zu verbessern, indem ein Netzwerk von Testlabors zu diesem Thema geschaffen wird. Dieses Netzwerk arbeitet an noch nicht gelösten Detailproblemen in den Abläufen unterschiedlicher Testmethoden. Insbesondere ist diese Arbeit notwendig, damit Lieferanten, Käufer und Regulatoren den Herstellerangaben zu Motoren im Markt vertrauen können. Zwei Workshops wurden zu diesem Thema bereits abgehalten. Diese Workshops führten zu einem Leitfaden zu Testmethoden von Elektromotoren für die IEC 60034-2-1:2007, der IEC Testmethoden-Norm.

Folgende Aktivitäten werden innerhalb des Tasks Test-Zentren gesetzt (Hatch, S. et al., 2011):

- Erarbeitung verbesserter, harmonisierter Testmethoden
- Verbesserung der Qualität der Testergebnisse
- Erarbeitung von Testmethoden für neue Motoren (Permanent-Magnet Motoren) und für Motoren mit Frequenzumrichtern
- Erweiterung des Testlabor-Netzwerks
- Leitfäden zur Implementierung von Teststandards und Qualität des Testequipments
- Durchführung von Workshops

4.4.2 Hintergrund

Derzeit haben Australien, Brasilien, Kanada, China, Costa Rica, Israel, Mexiko, Neu Seeland, Schweiz, Taiwan, die USA und die EU Mindeststandards für Elektromotoren eingeführt, allerdings auf unterschiedlichen Niveaus. Zusätzlich werden viele Länder in den nächsten Jahren Mindeststandards einführen. Der neue IEC (Internation Electrotechnical Commission) Norm zu Energieeffizienz von Elektromotoren beinhaltet auch ein neues Labelling der Elektromotoren (IE1, IE2, IE3, mit IE3 als derzeit höchste Effizienzklasse). Derzeit ist mit Ausnahme der USA (IE3 Motoren) die Effizienzklasse IE2 der höchste vorgeschriebene Mindeststandard.

Zusätzlich zu den unterschiedlichen Normen für Energieeffizienz und zu den unterschiedlichen Niveaus der Mindeststandards werden auch verschiedene Test-Standards angewendet. Inkonsistenzen zwischen diesen Test-Methoden und die Anzahl unterschiedlich angewandter Testmethoden macht es schwierig, Energieeffizienz- und Markttransformationsprogramme umzusetzen.

Die internationale Norm „Drehende elektrische Maschinen – Teil 2-1: Standardverfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades aus Prüfungen (ausgenommen Maschinen für Schienen- und Straßenfahrzeuge) (IEC 60034-2-1:2007)“ wurde 2007 publiziert. Derzeit erfolgt die Überarbeitung, um die Genauigkeit und Vergleichbarkeit der Prüfungen (Tests) zu erhöhen.

Um diese Arbeit zu erleichtern, wurde 2007 ein internationaler Round Robin gestartet. Eine Serie von Prüfungen (Tests) wurden zunächst im gleichen Labor an einer Maschine durchgeführt, im gleichen Labor an unterschiedlichen Motoren mit der gleichen Testmethode und durch unterschiedliche Labors

am gleichen Motor. Das Ergebnis zeigte, dass die Prüfungsabläufe unterschiedlich interpretiert werden können. Um diese Interpretationsmöglichkeiten zu minimieren, veröffentlichte EMSA (Annex Electric Motor Systems) einen Leitfadens zu Anwendung von Testmethoden auf Basis der Norm IEC 60034-2-1:2007. www.motorsystems.org.

4.4.3 Tätigkeiten

Im Folgenden sind die wichtigsten Tätigkeiten im Rahmen des Annex Electric Motor Systems, Task Test-Zentren beschrieben:

Leitfaden zu Anwendung von Testmethoden auf Basis von IEC 60034-2-1:2007

Die Geschichte dieses Dokuments geht zurück auf die MEPSA 2009 Konferenz (Motor Energy Performance Standards Australia 2009 – Regulierung von Motoren und Motorsystemkomponenten), bei der Motorexperten aus der ganzen Welt die weltweiten Fortschritte bei Motor- und Motorsystemeffizienz beurteilten. Während dieser Diskussionen zeigte sich, dass es einige Punkte innerhalb der Testabläufe gibt, die nicht ganz eindeutig festgelegt sind. Dazu gehört die Frage, ob Öldichtungen während der Prüfung abgenommen werden dürfen, und die zeitliche Reihenfolge einiger der Test-Schritte.

Diese Punkte wurden im Task C – Testing Centres bearbeitet. Testlabors und Experten aus der ganzen Welt arbeiteten an der Entwicklung dieses Leitfadens, der folgende Themen beinhaltet:

- Fließdiagramm mit dem zeitlichen Ablauf zur Bestimmung des Wirkungsgrades (bzw. Berechnung der Verluste)
- Entfernung von Abdichtungen
- Auswahl der Messpunkte für Last- und Leerlauf-Tests
- Messtechnik und Bestimmung des Durchschnitts der Daten
- Temperaturmessung
- Berechnungsalgorithmus

Jeder Abschnitt beschreibt den Hintergrund und die Probleme hinter den einzelnen Themen, im Anschluss erfolgt die Interpretation des jeweiligen Absatzes, soweit bisher Übereinstimmung gefunden wurde. Einige dieser Punkte fanden noch keine übereinstimmende Interpretation, hier wurde nur eine allgemeine Richtlinie definiert. Der Leitfaden dient auch als Quelle für die Arbeit des IEC Technical Committee 2 Working Group 28 bei der Überarbeitung der IEC 60034-2-1:2007.

Globales Netzwerk von Test-Zentren

Zusätzlich baute EMSA ein "International Testing Centers Network" auf, um den Erfahrungsaustausch zwischen den Testlabors in der Anwendung der in der IEC 60034-2-1 beschriebenen Testmethoden zu ermöglichen. Unter den über 60 Mitgliedern sind Industrie, Regierungen, Universitäten und unabhängige Labors in Europa, Asien, Nord- und Südamerika und Afrika. Zwei Workshops wurden bei der EEMODS'09 in Nantes Frankreich und im Rahmen des MOTOR SUMMITS 2010 in Zürich in der Schweiz abgehalten. Den Mitgliedern steht ein online Web forum (<http://www.leonardo-energy.org/international-motor-efficiency-forumtesting-centres-network>) mit regelmäßig aktualisierten Artikeln zu Verfügung.

Software Round Robin

Ein weiterer wichtiger und informativer Teil des Arbeitsplanes dieses Tasks war der Software Round Robin. Eines der Mitglieder, CalTest in Australien, entwickelte einen Datensatz für einen 11⁰kW 2-poligen Motor. Diese Daten wurden an zehn Teilnehmer der Workshops zugeschickt. Das Ziel des Projektes war, die Konsistenz der Effizienzberechnungen und der Berechnungsalgorithmen bei Verwendung exakt der gleichen Daten zu vergleichen. Der Round Robin zeigte die Variabilität der Ergebnisse, die von unterschiedlichen Labors erzielt wurden. Diese Ergebnisse können in zukünftige Leitfäden und auch bei der Überarbeitung der IEC 60034-2-1 einfließen.

4.4.4 Nächste Schritte

Die Arbeit des Netzwerks für Test-Zentren wird aufgrund der positiven Rückmeldungen fortgeführt. Weitere Leitfäden inkl. einem Best-Practice Leitfaden für Motortest-Labors und einer Richtlinie für Berechnungsalgorithmen sollen erarbeitet werden. Der Task Test-Zentren wird auch prüfen, wie Verbesserungen in Compliance und Check-Testing (Stichproben-Prüfungen) auf der ganzen Welt vorangetrieben werden. Weitere Workshops sind im Rahmen des MOTOR SUMMITS 2012 in Zürich und während der EEMODS 2013 geplant.

4.5 Motor Systems Tool

4.5.1 Ziel

Ein Motorsystem besteht aus mehreren Komponenten, die aufeinander abgestimmt werden müssen. Sowohl die Optimierung eines bestehenden, alten Systems als auch die Beurteilung der Auswirkungen erhöhter Energieeffizienz bei Neuinstallation erfordern umfangreiche Berechnungen. Um Techniker und Planer bei der Systemoptimierung zu unterstützen, entwickelte EMSA das Motor Systems Tool.

4.5.2 Tätigkeiten und Ergebnisse

Das unter dänischer Leitung entwickelte Motor Systems Tool berechnet den Wirkungsgrad von kompletten Motorsystemen und bietet technische Unterstützung bei der Auswahl der optimalen Komponenten. Es berechnet dynamisch, wie die Veränderung der Drehzahl, des Betriebspunktes oder eines anderen Elements die gesamte Systemeffizienz beeinflusst. Das Werkzeug beinhaltet Standardmodelle für Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren, als auch Getriebearten wie Keilriemen, Elektromotoren mit unterschiedlicher Effizienz und Frequenzumrichter und Kombinationen.

Die zugrundeliegende Idee des Tools ist es, ein gesamthaftes, vereinfachtes Modell des Motorsystems abzubilden. Dazu ist das Tool folgendermaßen aufgebaut:

Im Teil „Lastprofil“ kann z.B. ein linearer, quadratischer, konstanter oder reziproker Lastverlauf in Abhängigkeit der Drehzahl eingegeben werden.

Im Teil „Kraftübertragung“ erfolgt die Auswahl der Antriebsart, z.B. Direktantrieb, Getriebe oder Keilriemen; diese Elemente können mithilfe einer Datenbank anhand verschiedener Parameter ausgewählt werden, z.B. Umfang und Größe der Antriebsscheibe.

Im dritten Teil „Motor und Regelung“ erfolgt die Eingabe der Motordaten oder die Auswahl von Standardmotoren und die Auswahl der Regelung, z.B. Softstarter, Frequenzumrichter oder ohne Regelung.

Der Anwender legt einen bekannten Punkt fest, z.B. die Drehzahl oder die erforderliche Last. Von diesem Punkt aus können alle einzelnen Wirkungsgrade berechnet werden. Der nächste Schritt beinhaltet die Beurteilung der Effizienz bei Veränderung verschiedener Parameter. Als Ergebnis kann der Energieverbrauch verschiedener, definierter Systeme berechnet werden.

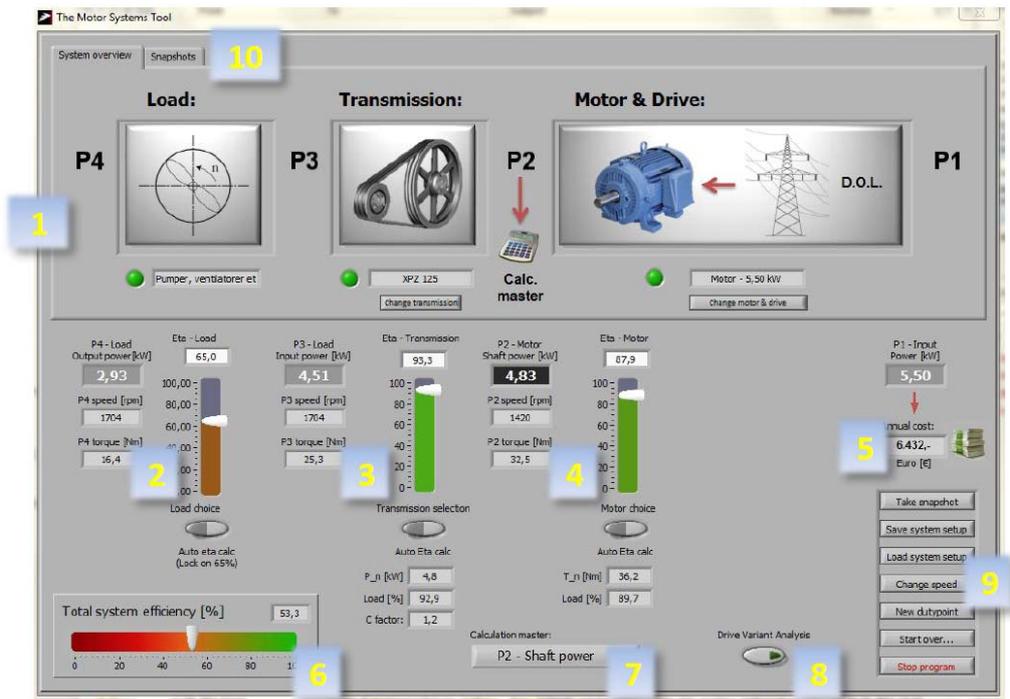


Abbildung 4-4 Screenshot Motorsystems-Tool, www.motorsystems.org

4.5.3 Nächste Schritte

Das Motor System Tool wird ausführlich getestet werden und Verbesserungen vorgeschlagen. Diese Verbesserungen werden in das Tool integriert werden. Darüber hinaus erfolgen Workshops zur Präsentation des Tools während des MOTOR SUMMITS 2012 in Zürich und der EEMODS 2013.

4.6 Energiemanagement für Betriebe

4.6.1 Ziel und Tätigkeiten

Energiemanagement wird als Gesamtheit miteinander zusammenhängender oder interagierender Elemente zur Einführung einer Energiepolitik und strategischer Energieziele, sowie Prozessen und Verfahren zur Erreichung dieser strategischen Ziele definiert.

Die Niederlande arbeiteten im Rahmen des Annex Electric Motor Systems an der Integration von angemessenem Motorsystem-Management im europäischen Standard für Energiemanagement (EN 16001) und setzten diese Anstrengungen im Rahmen der Erarbeitung des internationalen Energiemanagement-Standards (ISO 50001), der im Juni 2011 publiziert wurde, fort.

4.6.2 Ergebnisse

Diese internationale Norm beschreibt Anforderungen bezüglich der Energienutzung und des Energieverbrauchs einschließlich Messung, Dokumentation und Berichtswesen, Auslegungs- und Beschaffungspraxis für Einrichtungen, Systeme, Prozesse und Personal, die zur energetischen Leistung beisteuern.

Sie beschreibt keine absoluten Anforderungen bezüglich der energiebezogenen Leistung jenseits der von einer Organisation mittels der eigenen Energiepolitik eingegangenen Verpflichtungen und der Notwendigkeit zur Einhaltung relevanter gesetzlicher und anderer Anforderungen. Demzufolge können zwei Organisationen mit vergleichbarer Geschäftstätigkeit aber verschiedener energiebezogener Leistung den Anforderungen dieser Norm entsprechen.

Außerdem hat ein Energiemanagement-System nicht unbedingt Beschaffungskriterien für Elektromotoren oder Motorsysteme, die ISO 50001 definiert auch nicht, wie diese Beschaffungskriterien genau auszusehen haben.

Die Empfehlungen des Annex Electric Motor Systems in Bezug auf die verbreitete Umsetzung von Energiemanagement in Unternehmen und die Integration von Motoreffizienz-Aspekten umfassen bisher folgende Vorschläge:

- 1) Politische Entscheidungsträger sollten auf den entwickelten Energiemanagement-Normen aufbauen und Programme entwickeln, die Anreize für Unternehmen aus dem Industrie- und Dienstleistungssektor zur Einführung von Energiemanagement setzen
- 2) Die Einführung von Energiemanagementsystemen sollte durch qualifizierte BeraterInnen und Instrumente unterstützt werden. Beispiele für Instrumente sind z.B. Instrumente zur Identifizierung der wichtigsten Stromverbraucher (Schweiz und Österreich), Beschaffungsvorgaben usw.
- 3) Eine Liste von relevanten Punkten zu effizienten Motorsystemen, die innerhalb von Energiemanagementsystemen berücksichtigt werden sollten, muss erstellt werden
- 4) Externe und interne Energiemanagement-Auditoren und Energiemanager sollten im Umgang mit dieser Liste geschult werden.
- 5) Es sollte ein Referenzdokument für Motorpolitiken auf Unternehmensebene entwickelt werden (Motorpolitik besteht aus der Definition von Beschaffungskriterien, einer Liste für die Motorinventur, eine Strategie zum Motorersatz, Anforderungen für die Installation oder Abnahmeprüfung und die Anforderungen für die Reparatur)

- 6) Beschaffungskriterien sollten evt. gemeinsam mit Herstellern und in Zusammenarbeit mit Herstellerverbänden publiziert werden; Industrieverbände und Fachverbände sollten sich auf diese Kriterien während des Verkaufs beziehen.

4.6.3 Nächste Schritte

Der EMSA-Teilnehmer Niederlande plant ein Pilotprojekt mit ausgewählten Unternehmen, bei denen die internationale Norm ISO 50001 mit dem Energiemanagementsystem, das bereits implementiert wurde, verglichen wird. Audit-Ergebnisse des bestehenden Systems zeigen, dass der größte Verbesserungsbedarf bei der stärkeren Einbindung des Managements bzw. bei der Übernahme von stärkerer Verantwortung durch das Management besteht. Die Zertifizierung von Unternehmen nach ISO 50001 ermöglicht hier einen Wandel.

EMSA wird die Ergebnisse der Pilotprojekte und die Ergebnisse der jährlichen Audits nutzen, um Informationsblätter zu erarbeiten, die Unternehmen bei der praktischen Einführung der ISO 50001 nutzen können. Darüber hinaus wird EMSA Best-Practices sammeln, um die Wichtigkeit von Energiemanagement von Motorsystemen zu fördern.

4.7 Veröffentlichungen

Im Rahmen des Annex Electric Motor Systems wurden bisher folgende, wesentlichen Dokumente veröffentlicht:

Tabelle 4-4 Bisherige Veröffentlichungen im Rahmen des Annex Electric Motor Systems

Art/Titel	Synopsis	Quellenangabe
Website www.motorsystems.org	Die Website zum Annex „Electric Motor Systems“ wurde 2012 vom Operating Agent (Schweiz) aktualisiert und enthält nun zahlreiche aktuelle Informationen zum Thema effiziente Motorsysteme.	www.motorsystems.org
Leitfaden Motor Policy Guide, Part I (Österr. Energieagentur)	Der Electric Motor Systems Annex (EMSA) präsentiert internationale Erfahrungen von erfolgreichen politischen Instrumenten zur Steigerung der Effizienz in Motorsystemen in Australien, China, Europa und den USA und enthält Empfehlungen zu Motorpolitiken. Diesen Task leitet die Österreichische Energieagentur für Österreich.	http://www.motorsystems.org/policy-publications
Leitfaden EMSA-Motor MEPS Guide (Schweiz, USA)	Dieser Leitfaden informiert über neue Normen auf dem Gebiet von elektrischen Motorsystemen, die den weltweiten Handel von hocheffizienten Motoren ermöglichen werden.	http://www.motorsystems.org/policy-publications
Software-Tool Motor Systems Tool (Dänemark)	Das im Rahmen des Electric Motor System Annex entwickelte Motor Systems Tool soll Energietechniker, Maschinenbauer, Komponentenlieferanten und EnergieberaterInnen über die Möglichkeit zur Optimierung von Motorsystemen unterstützen.	http://www.motorsystems.org/motor-systems-tool
Leitfaden Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren (Österr. Energieagentur)	Dieser Leitfaden enthält Vorschläge zur Umsetzung einer „Motorpolitik“ auf Unternehmensebene mit prinzipiellen Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei Motorsystemen und Tipps zur Umsetzung in der Praxis.	http://www.energyagency.at/projekte-forschung/industrie-gewerbe/detail/artikel/internationale-zusammenarbeit-gegen-energiefresser.html http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id5402
Leitfaden Guide for the use of electric motor testing methods based on IEC 60032-2-1 (Australien)	EMSA entwickelt Richtlinien zum Testen von Motoren (IEC 60034-2-1 Test Methode)	http://www.motorsystems.org/testing

Art/Titel	Synopsis	Quellenangabe
Newsletter Internationaler Newsletter (Schweiz)	Dieser Newsletter wird weltweit an 2000 Kontakte versendet und erscheint auf Englisch, Chinesisch, Japanisch, Russisch.	Unter: http://www.motorsystems.org/newsletter
Nationaler Newsletter	Dieser Newsletter wird von der Österr. Energieagentur verfasst, tw. basierend auf dem internationalen Newsletter und um weitere nationale und internationale Aspekte ergänzt	Wird an Zielgruppe versandt
Paper (EEMODS 2012) Global effort for efficient motor systems: EMSA, Werle, R., et al. (u.a. Kulterer, K.)	Dieser Beitrag beschreibt den Inhalt des Annex Electric Motor Systems und skizziert seine strategische Ausrichtung	http://www.motorsystems.org/calendar
Paper (EEMODS 2012) EMSA Analysis of Motor Policies around the World, Kulterer, K., Werle, R.) Präsentation zu obigem Beitrag (unter: http://www.eemods.org/proceedings.html)	Der Electric Motor Systems Annex (EMSA) präsentiert internationale Erfahrungen von erfolgreichen politischen Instrumenten zur Steigerung der Effizienz in Motorsystemen.	http://www.motorsystems.org/calendar
Paper (EEMODS 2012) Harmonized Standards for Motors and Systems-Global Progress report and outlook, Brunner, C., Waide, P., Jakob, M.	EMSA engagiert sich für global harmonisierte und robuste technische Standards und Normen für die Klassifizierung und das Testen von Motoren und Frequenzumrichtern durch Mitarbeit in Normengremien.	http://www.motorsystems.org/calendar
Präsentation zu obigen Beiträgen		(unter: http://www.eemods.org/proceedings.html)

4.7.1 Weitere geplante Veröffentlichungen

Im Rahmen des Annex Electric Motor Systems sind folgende weitere, wesentlichen Veröffentlichungen geplant.

- Motor Policy Guidelines (www.motorsystems.org)
- Leitfäden zur Interpretation von Test-Labors (www.motorsystems.org)
- Aktualisierung des Motor System Tool (www.motorsystems.org)
- Präsentationen bei internationalen Konferenzen (MOTOR SUMMIT 2012, EEMODS 2013)

5 Detailangaben in Bezug auf die Forschungskooperation Internationale Energieagentur (IEA)

5.1 Österreichische Zielgruppen, für die die Projektergebnisse relevant sind

Politische Entscheidungsträger

Politische Entscheidungsträger, Fachverbände, Förderbanken u.ä. (BMVIT, BMWFJ, FEEI, WIFI, KPC) werden während Workshops, Besprechungen und Konferenzen über neue politische Instrumente im Bereich Motorsysteme (weltweit) informiert. Dazu gehören auch Mindeststandards, neue weltweite Normen im Bereich Energieeffizienz und Energiemanagement und Instrumente bzw. Verfahren zur Marktüberwachung im Rahmen von Mindeststandards. Diese Stakeholder können daher bei der Entwicklung von Politiken für Österreich weltweite Erfahrungen berücksichtigen.

Technologie- und Komponentenanbieter

Der Bereich Entwicklung und Produktion von Motorsystemen ist in Österreich hochrelevant: Insbesondere sind zu nennen: Die Entwicklung, die Herstellung und der Vertrieb von Frequenzumrichtern in Wien durch Schneider Electric Power Drives (pdrive) mit 200 Mitarbeitern, Entwicklung und Herstellung von Motoren und Steuerungen durch Wattdrive Antriebstechnik in Markt Piesting, Niederösterreich mit 150 Mitarbeitern, die Produktion von leistungsstarken Elektromotoren in Weiz durch ELIN EBG mit 225 Mitarbeitern und Entwicklung und Produktion von Motoren durch ATB Antriebstechnik in Spielberg mit mehr als 500 Mitarbeitern. Als relevanter Komponentenlieferant für Steuerungschips für Drehzahlregler ist der Standort Villach von Infineon mit 2.500 Mitarbeitern zu nennen. Sämtliche Unternehmen beschäftigen sich schon seit Jahrzehnten mit Antriebssystemen und deren Effizienz. Für alle Akteure ist ein laufender Überblick über internationale Standards und Entwicklungen besonders wichtig.

Motorenanbieter werden über die Website zu neuen Entwicklungen im Bereich Standards (z.B. Bestimmung der Energieeffizienz von neuen Motortechnologien, Motoren mit neuen Regelsystemen) und Mindeststandards weltweit informiert und können dies in der Produktentwicklung und für den entsprechenden Vertrieb ihrer Produkte berücksichtigen.

Forschung

Relevante Forschungsakteure auf diesem Gebiet sind das Institut für elektrische Anlagen und Antriebstechnik, das Institut für hydraulische Strömungsmaschinen der TU Graz und das Institut für elektrische Antriebe und Maschinen der TU Wien. Diese Forschungsakteure werden über den Newsletter und über Konferenzbeiträge über neue Messmethoden zur Beurteilung neuer Motortechnologien informiert und können diese bei Entwicklung und Messung, z.B. neuer Pumpensystemen berücksichtigen.

EnergieberaterInnen, EndkundInnen bzw. Techniker in Betrieben

In Österreich sind zahlreiche EnergieberaterInnen tätig, die meisten davon sind im Netzwerk klima:aktiv energieeffiziente betriebe, das von der Österreichischen Energieagentur für das Lebensministerium geleitet wird, registriert. Diese Zielgruppe wird über Einsatzmöglichkeiten neuer, effizienter

Motortechnologien informiert und lernt diesbezügliche Besonderheiten kennen. Dazu gehören auch Empfehlungen zu Beschaffung und Reparatur von Elektromotoren. Mithilfe dieser aktuellen Informationen können Betriebe bestmöglich die Effizienzpotenziale der neuen Technologien nutzen und hocheffiziente Motoren und Regelsysteme entsprechend einsetzen und dabei Energie und damit Kosten sparen.

5.2 Einbindung der relevanten Stakeholder

Während des nationalen Koordinationsmeetings am 5. Oktober 2011 wurden die Ergebnisse des Motor Policy Guides (Teil 1) den Vertretern des BMWJF und BMVIT vorgestellt.

Der Motorleitfaden wurde an alle TeilnehmerInnen der klima:aktiv Grundschulung (EnergieberaterInnen, Energiemanager, EVU-Kundenbetreuer) als Information zu Motorsystemen gesendet. (2012: 51 Personen, 2011: 53 Personen übermittelt) und ist online verfügbar.

Darüber hinaus wurden die Motorsystem-Firmen Barth, Schneider Electric, Danfoss, Wattdrive, ABB und Siemens in Direktgesprächen über relevante Punkte informiert. Zusätzlich zu den erwähnten Firmenvertretern wurden auch Gespräche mit dem WIFI (Informationsunterlagen zur Einführung des neuen Mindestenergieeffizienzstandards), dem BMWFJ (Teilnahme an den halbjährlich stattfindenden Meetings) und der Kommunalkredit Public Consulting (Förderungen für hocheffiziente Motoren) über diese Thematik geführt.

Weiters wurden folgende Aktivitäten zur Verbreitung durchgeführt:

- Erstellung und Verbreitung eines Newsletters zum Thema Energieeffiziente Antriebssysteme am 25.1.2012, inkl. Aktualisierung des Newsletter-Verteilers
- Aktualisierung der Websites <http://www.energyagency.at/projekte-forschung/industrie-gewerbe/detail/artikel/internationale-zusammenarbeit-gegen-energiefresser.html> und <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id5402>
- Erstellung des Beitrags „EMSA Analysis of Motor Policies around the World“ für die EEMODS Konferenz 2011 in Washington (Autor: Kulterer, K., Co-Autor: Werle, R.), dazu
- Erstellung der Präsentation (unter: <http://www.eemods.org/proceedings.html>)
- Erstellung des Beitrages „Global effort for efficient motor systems: EMSA“, gemeinsam mit Rita Werle und weiteren EMSA-Teilnehmern
- Mitarbeit bei der Erstellung der Website www.motorsystems.org und des sog. „Policy Briefs“ für EMSA
- Veröffentlichung der Endversion des „Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Policies“ auf www.motorsystems.org (Autor: Kulterer, K., Co-Autor: Werle, R.)

Die Erstellung des Newsletters erwies sich im ersten Projekt als besonders erfolgreich und zog regelmäßig Reaktionen bzw. Anfragen nach sich. Hier wurde während der Projektlaufzeit ein Newsletter über die neuesten Entwicklungen im Bereich Standardisierung, Normenentwicklung, Veranstaltungen usw. im Bereich effiziente Motorsysteme an ca. 60 ausgewählte Adressaten erstellt. Derzeit befinden

sich neben wichtigen Stakeholdern alle großen Motoren-, Frequenzumrichterhersteller und -vertriebsfirmen im Verteiler.

5.3 Aufgebaute Kompetenzen

Bisher war der österreichische Markt auf Seiten der Anwender bzw. Käufer durch die „billigste Alternative“, die Motorenklasse eff2 gekennzeichnet. Seit Juni 2011 ist aber die nächste Effizienzklasse IE2 (früher die höchste Energieeffizienzklasse: eff1) Klasse vorgeschrieben. Dadurch ändert sich die Marktsituation für Motoren radikal. Außerdem ist ab 2015 bereits die nächste Motoreffizienzklasse „IE3 Motoren“ verpflichtend. Hier ist auch aufgrund von Förderanreizen mit einer rascheren Marktdurchdringung zu rechnen. Die Erfahrungen mit dem Betrieb dieser Motorsysteme ist aber derzeit nicht vorhanden. Hier ist die Sammlung von Materialien zu diesem Thema für alle Akteure am österreichischen Markt besonders wichtig.

Die laufend erfolgende Normenentwicklung in diesem Bereich wird in den Newslettern des Programms beschrieben und an die relevante Zielgruppe in Österreich versandt.

5.4 Nutzen der Projektergebnisse

Innerhalb des Projektes IEA 4E wurde von der Österreichischen Energieagentur eine Abschätzung des Einsparpotenzials für Motorsysteme in den Sektoren Sachgüterproduktion und Dienstleistung durchgeführt. Darüber hinaus wurde ein erstes Einsparszenario durch den raschen Umstieg auf hocheffiziente IE3 Motoren errechnet.

Die Maßnahme zum verstärkten Einsatz neuer Motortechnologien wurde in der Energiestrategie Österreich bereits berücksichtigt und von der Kommunalkredit Public Consulting seit März 2011 konkretisiert und umgesetzt. Dazu wurden Informationen, die im IEA 4E Projekt Annex Electric Motor Systems gesammelt wurden, verwendet.

Das Einsparpotenzial für Motorsysteme beträgt in Österreich für das Gesamtsystem (Motor bis Verbraucher) rund 4.220 GWh in den Sektoren Dienstleistung und Sachgüterproduktion. Die größten Einsparpotenziale bestehen im Bereich Druckluft (900 GWh), Ventilatoren (1.000 GWh), Pumpen mit 600 GWh und Kälteanlagen mit ca. 350 GWh. Dies beinhaltet neben effizienteren Anlagen und neuen Steuerungssystemen auch die Gesamtoptimierung der Verteilsysteme in den jeweiligen Technologiebereichen. Außerdem zeigte die Analyse in einem Bestandsmodell, dass allein durch den vorzeitigen Austausch von Motoren auf die derzeit höchste Effizienzklasse IE3 rund 500 GWh Strom bzw. 2,5 % des erwarteten Stromverbrauchs für Motorsysteme im Jahr 2020 eingespart werden könnten. Das Gesamtpotenzial von 4.220 GWh entspricht bei einer CO₂-Intensität von 0,35 kg/kWh rund 1,35 Mio. t CO₂.

6 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Welche Erkenntnisse für das Projektteam wurden aus dem Projekt gewonnen?

Aufgrund der Standardisierung der Energieeffizienzklassen von Elektromotoren ist insbesondere in Europa ein großes Augenmerk auf diese Effizienztechnologien zu verzeichnen. Die gerade (2011) erst umgesetzte europäische Verordnung zu diesem Thema wird bereits seit Mitte 2012 wieder überarbeitet, um die vielen Spezialanwendungen und Motortechnologien, die bisher noch nicht in den Normen und der Verordnung berücksichtigt wurden, zu integrieren.

Das Wissen zu dieser Thematik beschränkt sich bisher eher auf die Hersteller der Motoren selbst und dabei insbesondere auf jene Hersteller, die besonders effiziente Motoren entwickeln. Die Vertriebsfirmen setzen teilweise bewusst eher auf ältere und ineffizientere Motoren (Stichwort Lagerhaltung) und auch die Maschinenhersteller setzen in den meisten Fällen noch Motoren mit niedriger Effizienz ein.

Technologisch drängen im Zuge der Effizienzthematik (wieder) neue Motortechnologien auf den Markt, die bisher nur in Nischen Anwendung finden, insbesondere Permanentmotoren und DC- (Gleichstrom-) Motoren, usw.

Diese Motoren werden meist direkt mit den angetriebenen Maschinen (EC-Lüfter, Heizungsumwälzpumpen) verbaut.

Die Aktualisierung des Energieeffizienz-Leitfadens für Elektromotoren zeigte, dass Aktivitäten auf dem Gebiet der „Motorpolicy“ auf Unternehmensebene noch nicht bis in die Vorgaben zu Energiemanagementsystemen vorgedrungen sind. In Bezug auf Frequenzumrichter zeigt sich, dass zwar die allgemeine Empfehlung zum Einsatz von Frequenzumrichtern insbesondere für Pumpen- und Lüftersysteme uneingeschränkt gilt. Es ist jedoch im Einzelfall zu prüfen, welche konkreten Auswirkungen der Einsatz dieser Geräte auf die Qualität des Stromnetzes hat.

Die internationale Politikanalyse bestätigte, dass bereits viele Staaten und Regionen gesetzliche Vorgaben und/oder freiwillige Systeme zur Optimierung von Motorsystemen erarbeitet haben. Die internationale Aufmerksamkeit konzentriert sich dabei eindeutig auf die Mindeststandards. Finanzielle Anreizsysteme und Effizienzprogramme (inkl. Bewusstseinsbildung) sind sehr spezifisch und u.a. abhängig vom Träger dieser Aktivitäten. Hier gibt es selten internationalem Austausch zu Erfahrungen aus der Umsetzung dieser Aktivitäten.

Auf Ebene der Mindeststandards spielt die internationale Standardisierung (IEC) eine immer größere Rolle. Derzeit haben die großen Wirtschaftsräume (Nordamerika, China und weitere) noch immer eigene Standards, die aber immer weiter angeglichen werden.

Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Aufbauend auf der Analyse der internationalen politischen Instrumente zur Steigerung der Effizienz von Motorsystemen wurden Empfehlungen von erfolgreichen Programmen und für politische Maßnahmen zur Optimierung von Motorsystemen formuliert. Nach Erarbeitung dieser Übersicht über derzeit laufende Programme ist der nächste Schritt, die detaillierten politischen Instrumente zu identifizieren (auf nationalem und internationalem Niveau) und einen Fahrplan zur globalen Markttransformation in Richtung effizienterer Motorsysteme zu erarbeiten. EMSA wird diesen Analyseteil als Teil 2 des Motor Policy Guides fertigstellen und damit eine globale „Motor Policy Guidelines“ zur

Hebung der Effizienzpotenziale entwickeln, die aus verpflichtenden, freiwilligen und finanziellen Maßnahmen bestehen, wie auch aus Prozessen zur Überwachung und Überprüfung der Übereinstimmung (Monitoring and Compliance).

Der Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren wird im Rahmen dieses Projektes laufend aktualisiert und mit Erkenntnissen auf internationaler Ebene (z.B. aus Standards, internationalen Programmen, Artikeln bei Konferenzen, Herstellerangaben) weiter auf Letztstand gehalten werden. Dieses Dokument bietet eine gute Möglichkeit, aktuelles, im Annex erarbeitetes bzw. ausgetauschtes Wissen den Endanwendern mitzuteilen.

Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?

Beispiele für relevante Firmen auf der Herstellerseite sind: ELIN EBG Motoren GmbH, ATB Antriebstechnik AG, Schneider Electric Power Drives GmbH (pdrive), Watt Drive Antriebstechnik GmbH oder Infineon Austria. Je nach Thema (z.B. Ventilatoren, Pumpen, Kältekompressoren) werden noch weitere Hersteller eingebunden, zu denen ebenso gute Kontakte bestehen: Danfoss, Walter Bösch KG, Pumpenfabrik Ernst Vogel GmbH, FRIGOPOL Kälteanlagen GmbH, Grundfos Pumpen, Cofely Kälte-technik.

Relevante Forschungsakteure auf diesem Gebiet sind das Institut für elektrische Anlagen und Antriebstechnik und das Institut für hydraulische Strömungsmaschinen der TU Graz, das Institut für elektrische Antriebe und Maschinen der TU Wien. Entwicklungsstandorte sind die Forschungsabteilung Schneider Electric Power Drives für Frequenzumrichter und in Wien und ATB Antriebstechnik in Lustenau.

Akteure mit dem Fokus Motoren- und Drehzahlregelung werden im Direktkontakt in die Arbeiten mit eingebunden. Je nach Themengebiet wird der Kreis der Ansprechpersonen entsprechend ausgeweitet. Die Reaktionen zum halbjährlichen Newsletter des Vorprojekts IEA 4E, der an alle wichtigen Motoren- und Frequenzumrichterhersteller und -vertriebsfirmen in Österreich versendet wird, waren sehr positiv und es kam dabei immer wieder zu Anfragen und zur Klärung interessanter Fragestellungen, insbesondere zur Umsetzung von Mindeststandards in Europa, aber auch weltweit.

Die Österreichische Energieagentur steht in laufendem Kontakt zu nahezu allen Energieberatern in Österreich, sowohl über den Newsletter des klima:aktiv Programms, als auch über die regelmäßig stattfindenden Beraterworkshops. Hier können über den klima:aktiv Newsletter, die Aktualisierung der klima:aktiv Leitfäden (z.B. Pumpen- und Ventilatorleitfaden) aber auch durch die direkten Schulungen innerhalb des Programms (ca. 20–30 Personen pro Schulung, zweimal jährlich pro Thema) Ergebnisse aus dem Annex Electric Motor Systems verbreitet werden.

Zusätzlich zu den erwähnten Firmenvertretern wurden auch Gespräche mit dem WIFI (Informationsunterlagen zur Einführung des neuen Mindestenergieeffizienzstandards), dem BMWFJ (Teilnahme an den halbjährlich stattfindenden Meetings) und der Kommunalkredit Public Consulting (Förderungen für hocheffiziente Motoren) über diese Thematik geführt. Die Ergebnisse aus dem Motor Policy Guide Part I wurden dem BMWFJ und dem BMVIT präsentiert.

7 Ausblick und Empfehlungen

Grundsätzlich bezog sich dieses Forschungsprojekt auf den Zeitraum Anfang April 2011 bis Ende Oktober 2012. Die erste Phase des Annex Electric Motor Systems wurde während dieses Zeitraums abgeschlossen und im November 2011 für drei weitere Jahre verlängert. In diesem Zeitraum wurde von der Österreichischen Energieagentur der bereits im Vorprojekt erstellte Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Motor Policies international diskutiert und die Informationen vertieft.

Hier zeigte sich, dass es jedenfalls, wie im Annex Electric Motor Systems zunächst teilweise verfolgt, zu wenig ist, nur Normen und Mindeststandards als Motorpolitiken zu definieren. Erst das Zusammenspiel der Instrumente Normen und Mindeststandards, inkl. Marktüberwachung und Testnormen, finanzielle Anreizsysteme und das weite Feld von Effizienzprogrammen und Bewusstseinsbildung können mittel- bis langfristig das bestehende hohe Einsparpotenzial bei elektrischen Motorsystemen heben.

Dieses breite Feld der politischen Instrumente, die national recht unterschiedlich ausgeprägt sind, zu analysieren, zu strukturieren und einen Fahrplan zur Umsetzung vorzuschlagen, ist die Aufgabe des nächsten bereits eingereichten Forschungsprojektes innerhalb der Ausschreibung „Forschungskoope-ration Internationale Energieagentur, IEA-Ausschreibung 2012“. Dabei wird auch auf die Erfahrungen der anderen Tasks zurückgegriffen, die Empfehlungen für die einzelnen Politikfelder definieren sollen.

Der technische Stand von Motorsystemen und die begleitende Normen-Entwicklung sind ein sich rasch entwickelndes Feld. Aufklärungsarbeit von unabhängiger Seite ist dazu notwendig. Der Bereich Normen zur Bestimmung der Energieeffizienz von Elektromotoren wird traditionell innerhalb des Annex sehr gut bearbeitet. Viele der internationalen Annex-Mitglieder arbeiten einerseits in den Normungsgremien mit, sind aber auch in die Vorarbeiten zur Festlegung der Mindeststandards, z.B. in den USA, Australien und der EU eingebunden. Dies ermöglicht innerhalb der Annex-Meetings einen ausgezeichneten Austausch zu den derzeitigen und zukünftigen Entwicklungen.

Im Bereich Technologien werden beispielsweise herstellerunabhängige Empfehlungen zum Einsatz von Frequenzumrichtern, aber auch Vorgaben für die konkrete Berücksichtigung von Themen im Bereich elektrische Motorsysteme auf Unternehmensebene selten publiziert. Hier ermöglicht die Teilnahme an Konferenzen und den Annex-Meetings, die nationalen Akteure über die neuesten Entwicklungen im Rahmen der Aktualisierung des von der Österreichischen Energieagentur publizierten Energieeffizienz-Leitfadens für Elektromotoren zu informieren.

In der Projektarbeit zeigte sich, dass für einige Punkte viel weitreichendere Arbeiten notwendig wären, als dies innerhalb dieses Projektes möglich war.

Wenig Informationen bzw. Aktivitäten sind im Bereich Bewertung des Status quo von bestehenden Systemen, inkl. Messung und Berechnung von Einsparungen vorhanden. Hier könnten die Energie-Audit-Richtlinien um Vorgaben bzw. Hilfestellungen für die Bewertung ergänzt bzw. spezifiziert werden.

Die Prüfung von Entscheidungsabläufen zum Thema Energieeffizienz in Unternehmen und Studien zu Verhaltensaspekten im Bereich Energieeffizienz in Unternehmen stellen weitere allgemeine Themen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dar.

8 Quellen-, Tabellen und Abbildungsverzeichnis

8.1 Quellenverzeichnis

Brunner, C., Waide, P., Jakob, M: Harmonized Standards for Motors and Systems-Global Progress report and outlook, Proceedings of the 7th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Alexandria VA, 2011 (Washington), (Präsentation unter: <http://www.eemods.org/proceedings.html>)

Hatch, S. et al.: Testing Centres: Task of the IEA 4E Electric Motor Systems Annex (EMSA), Proceedings of the 7th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Alexandria VA, 2011 (Washington), (Präsentation unter: <http://www.eemods.org/proceedings.html>)

Kulterer, K: Energieeffizienz-Leitfaden für Elektromotoren, BMVIT, BMWFJ, Wien 2012 unter: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id5402>

Kulterer, K., Werle, R.: Motor Policy Guide, Part I, Assessment of Existing Motor Policies, Zürich 2011 unter: www.motorsystems.org

Kulterer, K., Werle, R: EMSA Analysis of Motor Policies around the World, Proceedings of the 7th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Alexandria VA, 2011 (Washington), (Präsentation unter: <http://www.eemods.org/proceedings.html>)

SEW Eurodrive, DriveAcademy (2004): Grundlagen Antriebstechnik, Version 3, T_DE_002

Werle, R. et al.: Global effort for efficient motor systems: EMSA, Proceedings of the 7th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Alexandria VA, 2011 (Washington), Präsentation zu obigem Beitrag (unter: <http://www.eemods.org/proceedings.html>)

Waide, P., Brunner, C. et al.: Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems. International Energy Agency Working Paper, Energy Efficiency Series, Paris 2011

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Beschreibung Task Motor Systems Policy.....	11
Tabelle 3-2: Beschreibung Task International Standards	12
Tabelle 3-3: Beschreibung Task Capacity Building.....	13
Tabelle 3-4: Beschreibung Task SEAD-EMSA Bridge.....	13
Tabelle 3-5: Beschreibung Task Testing.....	13
Tabelle 3-6: Beschreibung Task Outreach.....	14
Tabelle 3-7 Beschreibung der Länder, Organisationen und ihrer Aufgaben innerhalb des Annex Electric Motor Systems.....	15

Tabelle 4-1 Überblick über die Elemente der in Bearbeitung stehenden Motor Policy Guidelines.....	27
Tabelle 4-2 Überblick über die derzeit wichtigsten Normen für die Klassifizierung der Energieeffizienz von Elektromotoren, Quelle: Technical Committee 2, Rotating machines (Brunner, Waide, Jakob, 2011, S 6)	29
Tabelle 4-3 Globale Energieeffizienzklassen, Test-Normen und MEPS für Elektromotoren (Brunner, Waide, Jakob, 2011, S 9).....	30
Tabelle 4-4 Bisherige Veröffentlichungen im Rahmen des Annex Electric Motor Systems ..	40

8.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 Komponenten eines Drehstrom-Asynchronmotors, (SEW Eurodrive, 2004, S4)	7
Abbildung 4-1 Aufbau eines Frequenzumrichters (SEW Eurodrive, 2004, S22).....	19
Abbildung 4-2 Energieeffizienzklassen nach IEC 60034-30, geplante Revision mit den Effizienzklassen IE1 bis IE4 für Leistungsklassen von 0,12 bis 1.000 kW (Quelle, IEC TC2 WG 31,2011) (Brunner, Waide, Jakob, 2011, S 8).....	29
Abbildung 4-3 Energieverbrauch für Elektromotoren in TWh für Länder mit bestehenden Minimumstandards und für die übrigen Länder (Rest of the World-ROW) (Werle, R. et al., 2011, S 10)	31
Abbildung 4-4 Screenshot Motorsystems-Tool, www.motorsystems.org	37

