

Politische Maßnahmen zur Optimierung von Motorsystemen und Vorgaben für Energieaudits

Konstantin Kulterer

Österreichische Energieagentur, Mariahilfer Str. 136, 1150 Wien, 01/5861524-114,
konstantin.kulterer@energyagenc.at, www.energyagency.at

Kurzfassung:

Motorsysteme sind in Österreich für 75 % des Stromverbrauchs in der Industrie verantwortlich. Sie umfassen u.a. Pumpen-, Ventilator-, Kälte- und Druckluftsysteme. Gleichzeitig können durch entsprechende Optimierungsmaßnahmen durchschnittlich 20 % des Stromverbrauchs eingespart werden.

Dieser Beitrag behandelt zwei damit zusammenhängende Fragestellungen:

Welche politischen Instrumente zur Steigerung der Effizienz von Motorsystemen wurden bereits international und national umgesetzt, welche Empfehlungen zur optimalen Umsetzung sind für politische Entscheidungsträger relevant?

Welche normativen Vorgaben zur Analyse von Motorsystemen bestehen bereits, um die in der EU-Energieeffizienz-Richtlinie geforderten Energieaudits für große Unternehmen optimal durchführen zu können?

Innerhalb des Annex Electric Motor Systems des IEA 4E Technology Cooperation Programms wurden bis 2014 die Policy Guidelines for Electric Motor, einem Best Practice Leitfaden für politische Instrumente im Bereich elektrischer Motorsysteme erarbeitet. Die Österreichische Beteiligung daran wird über das Programm IEA Forschungsk Kooperationen des BMVIT finanziert.

Der Leitfaden enthält die Beschreibung des sogenannten "Motor Policy Toolkits", bestehend aus acht Politiken. Die von Österreich bearbeiteten Themen umfassten freiwillige Vereinbarungen, Energiemanagementsysteme, Energieaudits, Unternehmens-Motorpolitik, Finanzielle Instrumente, Bewusstseinsbildung.

Für jede dieser Politiken sind Definition, Empfehlungen zur Umsetzung und Fallbeispiele angeführt. Durch diesen ganzheitlichen Ansatz sollen signifikante Einsparungen beim Stromverbrauch in der Industrie erreicht werden. Der Leitfaden ermöglicht damit die Analyse der jeweiligen Rahmenbedingungen in unterschiedlichen Ländern und die rasche Identifikation des Anpassungsbedarfs. Als Beispiel für die Anwendung dieser Leitlinien werden ausgewählte Ergebnisse für Österreich dargestellt.

Im Task Energy Audits for Motorsystems des Motor-Annex werden im Folgeprojekt bis Ende 2017 Empfehlungen zur Durchführung von Energieaudits für Motorsysteme aufbauend auf bestehenden Normen definiert. Der Task umfasste bisher eine Analyse internationaler und nationaler Anforderungen an die Durchführung von Energieaudits und die Zusammenstellung der Anreizsysteme für die Durchführung von Energieaudits in ausgewählten Ländern. Als Ergebnis zeigte sich, dass für die Durchführung von Energieaudits in Motorsystemen alle Anforderungen der ISO 50002, welche eine Vielzahl von allgemeinen Informationen enthält,

relevant sind. Die Analyse stellt die Basis für die bis Mitte 2017 zu entwickelnde Energieauditmethode für Motorsysteme dar. [3]

Keywords: Industrie, Energieeffizienz, Motorsysteme, Energieaudits

1 Motivation und Rahmenbedingungen

Motorsysteme sind in Österreich für 75 % des Stromverbrauchs in der Industrie verantwortlich (Statistik Austria, 2016). Sie umfassen u.a. Pumpen-, Ventilator-, Kälte- und Druckluftsysteme. Gleichzeitig können durch entsprechende Optimierungsmaßnahmen durchschnittlich 20 % des Stromverbrauchs eingespart werden.

Weltweit verursachen Elektromotoren mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs, 30% des globalen Stromverbrauchs (das sind 6,000 TWh) werden für den Betrieb industrieller Motorsysteme benötigt. Bis 2040 würde sich dieser Verbrauch laut IEA World Energy Outlook 2016 aufgrund steigender industrieller Aktivität verdoppeln, durch Energieeffizienzpolitiken wird die Steigerung auf 80% begrenzt. (IEA/OECD, 2016).

Kernthema des 4E Technology Cooperation Programme ist die Energieeffizienz von energieverbrauchenden Geräten. Es sollen Regierungen und Industrie noch mehr für das Thema Energiesparen sensibilisiert werden. Innerhalb 4E erfüllt der Annex Elektrische Motorsysteme (ESMA) mehrere Funktionen: Dazu gehören insbesondere der internationale Austausch zu technischen und politischen Maßnahmen im Bereich Motorsysteme und die Erarbeitung von Hilfestellungen bei der konkreten Umsetzung von internationalen Normen, insbesondere zu Energieeffizienzklassen und zu Motorentests. Hier sind auch weitere Entwicklungen vorrangig im Bereich neue Motortechnologien aufzubereiten und zu diskutieren. Die Österreichische Beteiligung daran wird über das Programm IEA Forschungsk Kooperationen des BMVIT finanziert.

Seit Anfang 2008 engagiert sich EMSA im Bereich Motorpolitik. Eine erste Analyse wurde im Jahr 2009 als „Motor MEPS Leitfaden“ (Boteler et al., 2009) veröffentlicht, der vor allem die Erfahrungen der USA beim Einführen von Mindeststandards zusammenfasste. 2011 folgte der „Motor Policy Guide Part 1: Assessment of Existing Policies“ (Kulterer, Werle 2011), der verschiedene politische Instrumente für Motoren in neun Regionen/Ländern analysierte.

Die "Policy Guidelines for Electric Motor Systems" (Kulterer et al., 2014) geben politischen Entscheidungsträgern eine Hilfestellung, um zu entscheiden, wie am besten eine umfassende Energieeffizienzstrategie für Elektromotoren geplant und umgesetzt werden kann.

Insbesondere Energieaudits stellen neben Mindeststandards ein bereits vielfach genutztes Instrument dar, das nicht nur die Effizienz einer Einzelkomponente, z.B. Motor, sondern das Gesamtsystem von der Steuerung des Motors bis hin zur Endanwendung berücksichtigen kann. Mit der Einführung der verpflichtenden Energieaudits für Großunternehmen in der EU gewann dieses Thema noch mehr an Bedeutung.

2 Fragestellung und Zielsetzung

Die zentralen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit lauten:

Welche politischen Instrumente zur Steigerung der Effizienz von Motorsystemen wurden bereits international und national umgesetzt, welche Empfehlungen zur optimalen Umsetzung sind für politische Entscheidungsträger relevant?

Das Ziel des von der Österreichischen Energieagentur geleiteten Tasks Motor Systems Policy innerhalb von EMSA war es, internationale und nationale politische Instrumente für die Steigerung der Effizienz von Motorsystemen zu analysieren und Empfehlungen für politische Entscheidungsträger 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.

Eine dazu untergeordnete bzw. ergänzende Fragestellung ergab sich für die Umsetzung von Energieaudits: Welche normativen Vorgaben zur Analyse von Motorsystemen bestehen bereits, um beispielsweise die in der EU-Energieeffizienz-Richtlinie geforderten Energieaudits für große Unternehmen optimal durchzuführen?

Diese Frage wird im Task Energy Audits for Motorsystems bearbeitet und umfasst folgende Tätigkeiten:

- Analyse der Normen und Empfehlungen zur Durchführung von Energieaudits in verschiedenen Ländern, inkl. der Qualifikationskriterien für EnergieauditorInnen
- Erarbeitung von Empfehlungen für die Durchführung von Energieaudits in Motorsystemen unter Berücksichtigung des gesamten Auditprozesses von der Datenerhebung über Datenanalyse, inkl. Messung und Einsparbewertung und Bericht.

3 Methodische Vorgangsweise

Innerhalb des Annex Electric Motor Systems erfolgte bis 2014 die Arbeit zu den Policy Guidelines for Electric Motor Systems über Desk-Research, Email-Austausch der beteiligten Experten und Experteninterviews. Außerdem wurden drei Workshops zum Thema abgehalten. Die Österreichische Energieagentur erstellte gemeinsam mit dem Schweizer Team die Leitlinien und präsentierte diese bei den Meetings. Die von Österreich bearbeiteten Themen umfassten freiwillige Vereinbarungen, Energiemanagementsysteme, Energieaudits, Unternehmens-Motorpolitik, finanzielle Instrumente, Bewusstseinsbildung.

Im Task Energy Audits for Motorsystems des Motor-Annexes sollen bis Ende 2017 Empfehlungen zur Durchführung von Energieaudits für Motorsysteme aufbauend auf bestehenden Normen definiert werden. Dazu werden Desk-Research (zur Normenanalyse), Stakeholder-Interviews und nationaler und internationaler Erfahrungsaustausch während Workshops, Konferenzen und Meetings durchgeführt.

4 Analyse Internationale Politiken, Politikleitlinien, Toolkit

Die „Politischen Leitlinien für Elektrische Motorsysteme“ sollen politische Entscheidungsträger dabei unterstützen, eine Strategie zur Steigerung der Energieeffizienz von elektrischen Motoren und Motorsystemen in der Industrie in ihrer Gesetzgebung zu entwickeln und einzuführen.

Elektrische Motorsysteme sind für 46 % des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich und werden hauptsächlich in der Industrie, in Infrastruktursystemen, in Gebäudetechnologien und im Transport von Gütern und Menschen eingesetzt. In der Industrie sind sie für rund 70 % des Stromverbrauchs verantwortlich. (Waide, Brunner 2011, IEA/OECD 2016)

Der Leitfaden baut auf vorangegangenen Veröffentlichungen innerhalb des Annex Electric Motor Systems auf und präsentiert Best-Practice-Politikbeispiele, die in verschiedenen Ländern rund um den Erdball umgesetzt wurden. Sie umspannen einen weiten Bogen von verschiedenen Arten von Politiken: sowohl verpflichtende als auch freiwillige, solche, die auf Energiemanagement oder Energieaudits fokussieren, und solche, die finanzielle Unterstützung oder technische Informationen anbieten.

Der Leitfaden bietet mit dem „Motor Policy Toolkit“ ein Handbuch für politische Entscheidungsträger und erläutert die verschiedenen politischen Entscheidungsinstrumente, die für die Markttransformation angewandt werden können, abhängig von spezifischen nationalen Rahmenbedingungen, und gibt Tipps für die erfolgreiche Umsetzung.

Die effektivsten Politiken sind die, die Aktivitäten unter den wichtigsten Stakeholdern innerhalb des Marktes für Motorsysteme stimulieren, um langfristige Markttransformation zu erreichen.

Zumindest fünf verschiedene Stakeholder müssen interagieren, um die Markttransformation für Motorsysteme zu schaffen:

- Regierungsorganisationen
- Internationale Normenentwickler
- Hersteller und Industrieverbände
- Industrielle Anwender
- Energieversorger

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die im Leitfaden enthaltenen Instrumente.

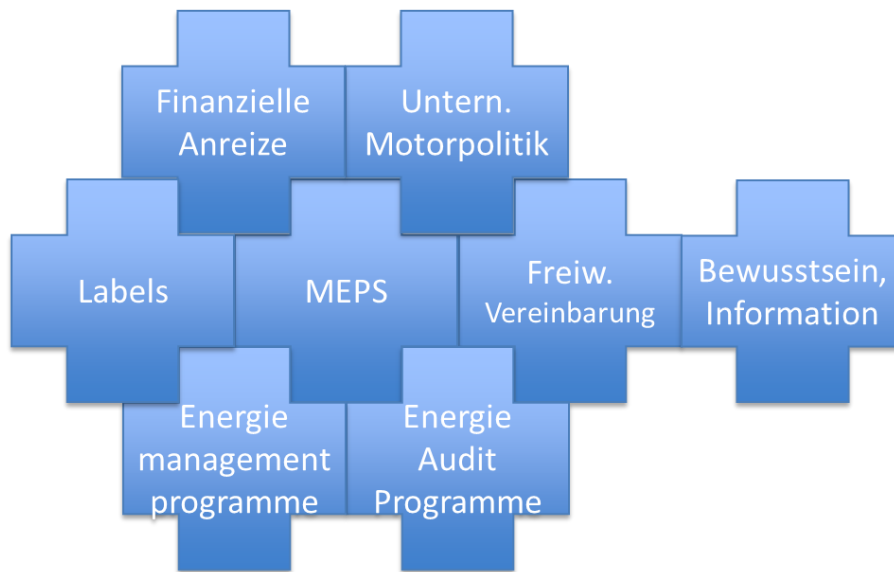


Abbildung 1: Werkzeugkasten für Motorpolitik

In diesem Kapitel sind Definition, ausgewählte Empfehlungen für einige dieser Instrumente näher ausgeführt und für Österreich angewendet: Mindeststandards, freiwillige Vereinbarungen, Energieaudits und finanzielle Anreize.

4.1 Mindeststandards - MEPS

Mindestenergieeffizienzanforderungen (*Minimum Energy Performance Standards (MEPS)*) sind Vorgaben, welche die minimale Energieeffizienz, die Produkte erreichen müssen, bestimmen. In Ländern, in denen MEPS verpflichtend sind, dürfen Produkte, die diese Anforderungen nicht erfüllen, nicht zum Verkauf angeboten werden, oder nicht für kommerzielle Zwecke genutzt werden. MEPS werden normalerweise durch nationale Verordnungen für eine definierte Liste von Produkten eingeführt.

Beispiele für Empfehlungen aus dem Leitfaden, die vor allem das Registrieren und die Marktüberwachung betreffen, sind:

- Für elektrische Motoren sollten insbesondere die internationale Test Norm IEC 60034-2-1 und die internationale Energieeffizienzklassifizierungsnorm IEC 60034-30-1 angewandt werden.
- Einführung eines zentral kontrollierten Registrierungssystems zur Identifikation der in den Markt gelangten Produkte (z.B. Online-Datenbank).
- Aufsetzen einer Überwachungsstruktur mit akkreditierten Messlabors.
- Durchführung der Konformitätsbewertung dieser Produkte nach der relevanten Verordnung.
- Festlegen, wie mit der Nicht-Einhaltung umgegangen wird (z.B. Veröffentlichung des Namens des Herstellers, der Marke des Modells, oder Einführung von Strafen, etc.)
- Zuordnung der notwendigen Ressourcen für die Marktüberwachung.

Status und Empfehlungen für Österreich

In Österreich gelten die Mindeststandards der EU im Rahmen der Ökodesign-RL und der Umsetzungsverordnungen für Motoren, Ventilatoren, Pumpen und Kältekompressoren. Für Druckluftkompressoren und Frequenzumrichter sind Vorgaben in Ausarbeitung.

Als Empfehlungen bzw. noch umzusetzende Maßnahmen können abgeleitet werden:

- Nationale oder international akkordierte Marktüberwachung in diesem Bereich
- Unterstützung des Aufsetzens einer EU-weiten Überwachungsstruktur mit akkreditierten Messlabors.
- Einführung eines EU-weit, zentral kontrollierten Registrierungssystems zur Identifikation der in den Markt gelangten Produkte (z.B. Online-Datenbank).

4.2 Freiwillige Vereinbarungen

Freiwillige Vereinbarungen sind maßgeschneiderte Vereinbarungen zwischen der öffentlichen Hand und individuellen Firmen oder Sektoren, die Ziele für Energieeffizienz oder die Reduktion von Treibhausgasen beinhalten. Sie definieren auch oft Gegenleistungen, steuerliche Ausnahmen und Strafen.

Freiwillige Vereinbarungen umfassen die folgenden Elemente:

- Eine bindende Verpflichtungserklärung, sobald ein Unternehmen oder Sektor der Vereinbarung beitrifft.
- Quantitative Ziele (wie z.B. Energieeffizienzverbesserung, Energie- oder CO₂-Einsparung) und /oder Verpflichtung des Unterzeichners zur Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen mit einer bestimmten Amortisationszeit oder innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens.
- Verpflichtung der öffentlichen Verwaltung zur Unterstützung von Maßnahmen, die die Unterzeichner umsetzen, wie z.B. finanzielle Anreize, praktische Unterstützung in der Entwicklung von Energieeffizienzplänen und Maßnahmen.
- Ein effektives System für die Überwachung der Einhaltung der Bestimmungen: üblicherweise berichten die Teilnehmer über ihre Einführung und die Energieeinsparungen.

Empfehlungen aus dem Leitfaden:

Der Energieverbrauch für Motorsysteme ist nur eine Komponente des gesamten Energiebedarfs von Unternehmen. Deshalb ist es wichtig, Motorsysteme als zu berücksichtigenden Punkt innerhalb der freiwilligen Vereinbarung explizit aufzunehmen. Dies kann durch folgende Maßnahmen geschehen:

- Beim Setzen der Ziele für die Vereinbarung kann der Stromverbrauch explizit erwähnt werden. Da Motorsysteme mehr als 70 % des industriellen Stromverbrauchs benötigen, hilft dies, das Engagement der Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz der Motorsysteme zu erhöhen.
- Motorspezifische Punkte, wie Beschaffungskriterien für effiziente Motorsystemen, können in den Vorgaben zu freiwilligen Vereinbarungen integriert werden.

Status und Empfehlungen für Österreich

In Österreich gibt es freiwillige Vereinbarungen, beispielsweise: klimaaktiv pakt 2020, LEEN Netzwerke Vorarlberg. Diese Vereinbarungen werden jedoch nicht in dem Umfang umgesetzt, wie dies beispielsweise in den Niederlanden, Dänemark, Schweiz oder seit einigen Jahren in Deutschland (LEEN) erfolgt. In Österreich liegt der Schwerpunkt in der Förderung und Verpflichtung zu Energieaudits, teilweise auch in der Förderung von Energiemanagement. Als Empfehlungen für freiwillige Vereinbarungen allgemein können zusammengefasst werden:

- Aufnahme von Beschaffungskriterien für effiziente Motorsysteme als Vorgaben in freiwilligen Vereinbarungen
- Definition von Motorsystemen als Schwerpunkt für Energieaudits und/oder Energiemanagementsystemen im Rahmen der Vereinbarungen
- Angebot von Trainings und Workshops zum Planen, Optimieren und Warten von Motorsystemen (wird bereits tlw. durchgeführt, z.B. in Vorarlberg)

4.3 Energieaudits

Ein Energieaudit ist eine systematische Inspektion und Analyse des Energieeinsatzes und des Energieverbrauchs einer Anlage, eines Systems oder einer Organisation, mit dem Ziel, Energieflüsse und das Potenzial für Energieeffizienzverbesserungen zu identifizieren und über diese zu berichten (EN 16247-1).

Auditprogramme sind Politiken und Initiativen, die Unternehmen animieren, Energieaudits durchzuführen. Sie können verpflichtend oder freiwillig sein und beinhalten normalerweise Unterstützung in Form von Werkzeugen und durch professionelle Energieauditoren.

Bei Umsetzung von Energieauditprogrammen für Motoren und Motorsysteme sind folgende Punkte zu beachten:

- Klare Definition der Ziele des Energieauditprogramms, entweder als Anzahl der durchzuführenden Energieaudits oder in zu erzielenden Einsparungen, als Ergebnis der identifizierten Maßnahmen. Das Ziel wird im Wesentlichen den Aufbau des Programms festlegen: Eine geringere Anzahl von umfassenden und aufwendigeren Energieaudits bringt bessere Einsparungen als eine große Anzahl von Kurzaudits.
- Festlegung eines Administrators (sehr oft eine Regierungsorganisation) und eines Programmmanagers (z.B. eine Energieagentur) für das Programm und falls erforderlich, Entwicklung von Mechanismen zur Listung von Energieauditoren innerhalb des Programms.
- Identifikation der notwendigen Materialien (wie z.B. Energieauditmodelle, Leitfäden und Informationsmaterial), um die Zielgruppe zu informieren und Energieaudits im Bereich Motorsysteme zu unterstützen.
- Definition, wie das Training und die Qualifikation (Zertifizierung) vom Energieauditor für die unterschiedlichen Motorsysteme (Motoren, Frequenzumrichter, Kälte- und Druckluftkompressoren, Ventilatoren und Pumpen) organisiert werden.
- Anforderung, dass Motorsysteme in einem Energieaudit berücksichtigt werden müssen.

- Festlegung einer Strategie zur Bekanntmachung des Programms und zur Integration in andere Instrumente, wie z.B. Energiemanagementprogramme und freiwillige Vereinbarungen, um sicherzustellen, dass die vorgeschlagenen Energieeinsparmaßnahmen auch umgesetzt werden.
- Aufbau von Monitoring-Mechanismen, um den Entwicklungsfortschritt der Teilnehmer und den Erfolg des Programms zu evaluieren und in der weiteren Programmentwicklung zu berücksichtigen. Prüfung, welche Maßnahmen und welche Berichtspflichten von den Teilnehmern erforderlich sind, um das Ziel zu erreichen.

Status und Empfehlungen für Österreich

Mit dem Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr. 72/2014) sind Großunternehmen verpflichtet, alle vier Jahre ein Energieaudit durchzuführen. Motorsysteme sind lt. Anhang III des Energieeffizienzgesetzes bei der Datenerhebung für Energieaudits zu berücksichtigen.

Die Nationale Energieeffizienz Monitoringstelle erstellte außerdem eine Vorlage für Energieaudits in der eine Tabelle zur Auflistung der wichtigsten Energieverbraucher enthalten ist.

Energieaudits dürfen entweder intern (falls ein Energie- oder Umweltmanagementsystem eingeführt wurde) von qualifiziertem Personal oder durch externe AuditorInnen durchgeführt werden. Die Qualifikation erfolgt über ein Punktesystem bei dem Ausbildung, Fortbildung (Schulungen) und Erfahrung berücksichtigt werden. Beispielsweise werden die in Österreich angebotenen Schulungen mit Schwerpunkt Motorsysteme (Pumpen, Ventilatoren, Druckluft, Kälte) im Rahmen von klimaaktiv oder EUREM anerkannt.

Die Auswertung der Energieaudits durch die Monitoringstelle ist derzeit (Anfang 2017) im Laufen, es kann noch keine Aussage getroffen werden, wie viele Maßnahmen zu Motorsystemen vorgeschlagen wurden.

Energieaudits für KMUs (Klein- und Mittelbetriebe) werden in Österreich über die Regionalprogramme für den betrieblichen Klima- und Umweltschutz gefördert. Hier sind die Qualifikationskriterien je nach Regionalprogramm unterschiedlich, viele der in diesen Programmen gelisteten EnergieberaterInnen nutzen die oben erwähnten Schulungen als Fortbildung. Für diese Programme wurde eine Datenbank aufgebaut, in der die vorgeschlagenen Maßnahmen von den Energieauditoren eingetragen werden. Eine Auswertung hinsichtlich Motorsysteme ist dem Autor nicht bekannt. Die empfohlenen Maßnahmen können, falls diese bestimmte Kriterien erfüllen, von der Kommunalkredit Public Consulting (KPC) im Rahmen der Umweltförderung Inland gefördert werden.

4.4 Finanzielle Anreizsysteme

Finanzielle Anreizsysteme nutzen monetäre Vorteile an Personen oder Organisationen, um sie zu Handlungen zu bewegen, die sie sonst nicht durchführen würden. Sie umfassen eine Reihe von Anreizen wie z.B. steuerliche Anreize, Rabattsysteme, Förderungen, Kredite und weitere Maßnahmen von Energieversorgungsunternehmen oder Herstellern. Öffentliche Institutionen können Kreditinstitute in Form von Risikoteilung unterstützen.

Folgende Finanzinstrumente wurden in den Policy Guidelines for Electric Motor Systems näher beschrieben: Potenzielle Finanzierungsquellen, steuerliche Anreize, Förderungen, Kredite, Garantien für Kredite, Contracting und die Finanzierung über Stromtarife.

Bei Umsetzung und Entwicklung von finanziellen Anreizprogrammen sind folgende Punkte zu beachten:

- Klares Verständnis der Barrieren, die überwunden werden müssen, klare Definition der Ziele des Programms.
- Auswahl des geeigneten Instruments, um das Ziel zu erreichen. Falls Best-Practice-Beispiele aus dem Ausland genutzt werden, sind diese an die lokalen Rahmenbedingungen anzupassen.
- Überprüfung der ausgewählten Instrumente in Hinblick auf zukünftiges Zusammenspiel mit bestehenden Finanzinstrumenten und anderen politischen Instrumenten und auf den Mehrwert des Instruments.
- Involvierung der Stakeholder wie Handelsverbände und Hersteller sowohl bei der Entwicklung als auch bei der Umsetzung der Maßnahme.
- Sorgfältige Planung der Dauer des Programms: Es sollte lang genug sein, um entsprechende Wirkungen zu erzielen, aber nicht zu lange, um die normalen Marktpreismechanismen nicht zu stören und um Free-Rider zu minimieren.
- Das Programm sollte so transparent und so einfach wie möglich sein, und die unterstützten Produkte sollten kommerziell verfügbar und bereit zur Umsetzung sein.
- Schaffung von Möglichkeiten zur Finanzierung, wenn öffentliche Gelder knapper werden.
- Einbau eines Evaluierungsmechanismus, um den Programmfortschritt und die Erfolgsindikatoren zu überwachen.

Status und Empfehlungen für Österreich

Die Kommunal Kredit Public Consulting fördert im Programm Energiesparen in Betrieben allgemein Energieeffizienzmaßnahmen. Motorsysteme werden aber nicht explizit angeführt.

Es gab ein Förderprogramm zum Einsatz von IE3 Motoren, dieses wurde aufgrund der geringen Förderanträge eingestellt. Ein Grund könnte der eher geringere Bekanntheitsgrad gewesen sein.

Generell gibt es einige internationale Fallbeispiele zu steuerlichen Anreizsystemen und Förderprogrammen spezifisch für Motorsysteme oder als Bestandteil von umfassenderen Programmen. Beispiele dazu sind: UK Carbon Trust Investment Allowance, Electricity Demand Reduction Programm, Energy Investment Allowance (Niederlande), „Motor rebate programmes“ in den USA und China.

Status und Empfehlungen für Österreich

Die Auswirkungen des Energieeffizienzgesetzes auf die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Motorsystemen sind derzeit noch nicht absehbar. Als allgemeine Empfehlungen für Österreich können folgende Punkte angeführt werden:

- Überprüfung von steuerlichen Vergünstigungen für Effizienzmaßnahmen in Motorsystemen.
- Involvierung von Stakeholdern zur Entwicklung einer zielgruppenspezifischen Förderung in diesem Bereich.
- Information des Bankensektors zur Bewertung von Effizienzmaßnahmen.

5 Vorgaben für Energieaudits

Dieses Kapitel präsentiert die wichtigsten Ergebnisse des Erfahrungsaustausches zu Energieaudits in verschiedenen Ländern und der Analyse der Normen zur Durchführung von Energieaudits im Bereich Motorsysteme. Die gesamten Ergebnisse in englischer Sprache wurden im Working Document Energy Audits for Motor Driven Systems, Part 1 detailliert festgehalten (Kulterer, 2016).

5.1 Überblick über Erfahrungsaustausch

In den von dieser Analyse erfassten EU-Ländern (Dänemark, Niederlande, Österreich) ist die Durchführung von Energieaudits für große Unternehmen lt. Energieeffizienz-Richtlinie der EU (RL 2012/27) verpflichtend. In Japan müssen Unternehmen mit großem Energieverbrauch ihre Tätigkeiten zur Reduktion des Energieverbrauchs nachweisen, den Energieverbrauch berichten und einen Energiemanager bestimmen. In Australien mussten bis 2014 große Unternehmen ihren Energiebedarf bewerten und ihren Energieverbrauch berichten.

In Dänemark, den Niederlanden, der Schweiz und den USA sind Energieaudits in freiwillige Vereinbarungen eingebunden. Bei Beitritt zur Vereinbarung müssen die Unternehmen sich bestimmte Ziele setzen und erfüllen und Energieaudits durchführen.

Dänemark, Japan, Österreich, die USA und auf regionaler Ebene die Niederlande haben ein Förderprogramm für Energieaudits in Klein- und Mittelunternehmen. Die Schweiz fördert motorspezifische Energieaudits. In den meisten Ländern ist die erforderliche Qualifikation von Energieauditoren spezifiziert.

5.2 Ausgewählte Ergebnisse Normenanalyse

In einem zweiten Schritt wurden die wichtigsten Normen im Bereich Energieaudits und Messung und Verifizierung von energetischer Leistung und Energieeinsparungen analysiert und untersucht, ob Motorsysteme bereits behandelt werden. Folgende Tabelle gibt für jede analysierte Norm die wichtigsten Inhalte wieder:

Tabelle 1: Internationale Normen, Protokolle und Leitfäden zu Energieaudits und Messung und Verifizierung von Einsparungen und energetischer Bewertung

Internationale Norm Protokoll	Titel der Norm/ des Dokuments	Inhalt relevant für Audits und Messung vor Ort Relevanz für Motorsysteme	Motorsysteme explizit erwähnt?
Energieaudit-Normen			
ISO 50002 (nur in Englisch)	Energieaudits - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung	Definiert den Ablauf von Energieaudits	Ja, als ein Beispiel
EN 16247-1	Energieaudits - Teil 1: Allgemeine Anforderungen	Aufbau sehr ähnlich zu ISO 50002	
EN 16247-2	Energieaudits - Teil 2: Gebäude	Motorsysteme (ausgenommen Klimaanlage) werden nicht im Detail angeführt	Nein
EN 16247-3	Energieaudits - Teil 3: Prozesse	Definiert den Ablauf eines Energieaudits in Produktionsbetrieben, gibt Details, wie Daten gesammelt und analysiert werden, Beispiel für Einsparmaßnahmen	Ja
EN 16247-5	Energieaudits - Teil 5: Kompetenz von Energieauditoren	Spezifiziert die Anforderungen an die Kompetenz von Energieauditoren	Ja
ISO 11011	Druckluft - Energieeffizienz - Bewertung	Spezifiziert die Anforderungen an eine Druckluft Energieeffizienz-Bewertung	Ja
ISO 14414	Energetische Bewertung von Pumpensystemen	Spezifiziert die Anforderungen an eine Pumpen Energieeffizienz-Bewertung	Ja
Normen zu Messung der energiebezogenen Leistung			
ISO 50006 (Entwurf)	Energiemanagementsysteme - Messung der energiebezogenen Leistung unter Nutzung von energetischen Ausgangsbasen (EnB) und Energieleistungskennzahlen (EnPI) - Allgemeine Grundsätze und Leitlinien	Beschreibt den Ablauf der Berechnung der energetischen Leistung mit Energieleistungskennzahlen und führt Beispiele für EnPI im Bereich Motorsysteme an	Ja
ISO 50015 (nur Englisch, Französisch)	Energiemanagementsysteme - Messung und Verifizierung der energiebezogenen Leistung von Organisationen - Allgemeine Grundsätze und Anleitung	Beschreibt die Elemente eines Mess- und Verifizierungsplans, im Speziellen für die Messung von Energieeinsparmaßnahmen	Nein
Protokolle und Leitfäden zu Messung und Verifizierung			
IPMVP	International Performance Measurement and Verification Protocol	Gibt die Methode an, wie Energieeinsparungen auf Basis von Messungen zu berechnen sind, mit Beispielen für Motorsysteme	Ja
FEMP M&V Guidelines 3.0		Beinhaltet Leitlinien für die Quantifizierung von Einsparungen für effizienten Anlagen, im	Ja

Internationale Norm Protokoll	Titel der Norm/ des Dokuments	Inhalt relevant für Audits und Messung vor Ort Relevanz für Motorsysteme	Motorsysteme explizit erwähnt?
		Rahmen von Einsparcontracting für Bundesgebäude in den USA, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> E-Motoren (konst. Drehzahl) Drehzahlgeregelte Motoren Kälteanlagen 	
NSW Measurement and Verification Operational Guide	NSW Measurement and Verification Operational Guide	Beschreibt den Prozess der Messung von Energieeinsparungen; detaillierte Leitfäden für Motorsysteme (Pumpen, Druckluft, Lüftung, Kälte), inkl. der zu berücksichtigenden Variablen	Ja

Die folgenden Punkte wurden zu jeder dieser Normen im Working Document analysiert und dokumentiert:

- Ziel der Norm
- Ausgewählte wichtigste Begriffsdefinitionen, relevant für die Beurteilung von Energiesystemen
- Relevanter Inhalt für das Auditieren und für das Messen von Motorsystemen
- Werden Motorsysteme explizit erwähnt?
- Beispiele für das Auditieren, Messen und Berechnen von Energieeinsparungen (z.B. in Motorsystemen)

In diesem Kapitel werden einige ausgewählte Elemente der Normen näher beschrieben:

5.2.1 ISO 50002 - Energieaudits - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung

ISO 50002 definiert aufbauend auf der europäischen EN 16247 Energieaudit – Norm folgende Schritte zur Durchführung eines Audits:

- Energieauditplanung
- Eröffnungsmeeting und Datensammlung
- Messplan
- Durchführung des Audits
- Analyse
- Bericht und Abschlussmeeting

Zu jedem dieser Schritte werden Vorgaben zur Durchführung des Energieaudits angegeben. Die wichtigsten Vorgaben, die für die Durchführung eines Audits für Motorsysteme berücksichtigt werden müssen sind:

Während der Datensammlung:

- Erstellung einer Liste von energieverbrauchenden Systemen, Prozessen und Geräten
- Detaillierte Daten zum Energieverbrauch, inkl. Daten zur Energieleistung

- Aufnahme des Monitoring Equipments
- Dokumente zur Planung, Betrieb und Wartung

Für die Messung:

- Definition von relevanten Variablen
- Datenmessplan, der spezifiziert, wie die Datenmessung zu erfolgen hat
- Sicherstellung, dass Messungen, Beobachtungen und historische Daten für den laufenden Betrieb repräsentativ sind

Zur Evaluierung der aktuellen Energieleistung und Identifizierung von Einsparmaßnahmen:

- Evaluierung, Planung und Auslegung der Möglichkeiten, um den Systemanforderungen zu entsprechen
- Standzeit, Zustand, Betrieb und Umfang der Wartung der auditierten Objekte
- Bestehende Technologie im Vergleich zur effizientesten Technologie am Markt, Betriebssteuerung und Nutzerverhalten

Im Anhang A7 ist der Messplan angeführt, der in drei Stufen zu entwickeln ist.

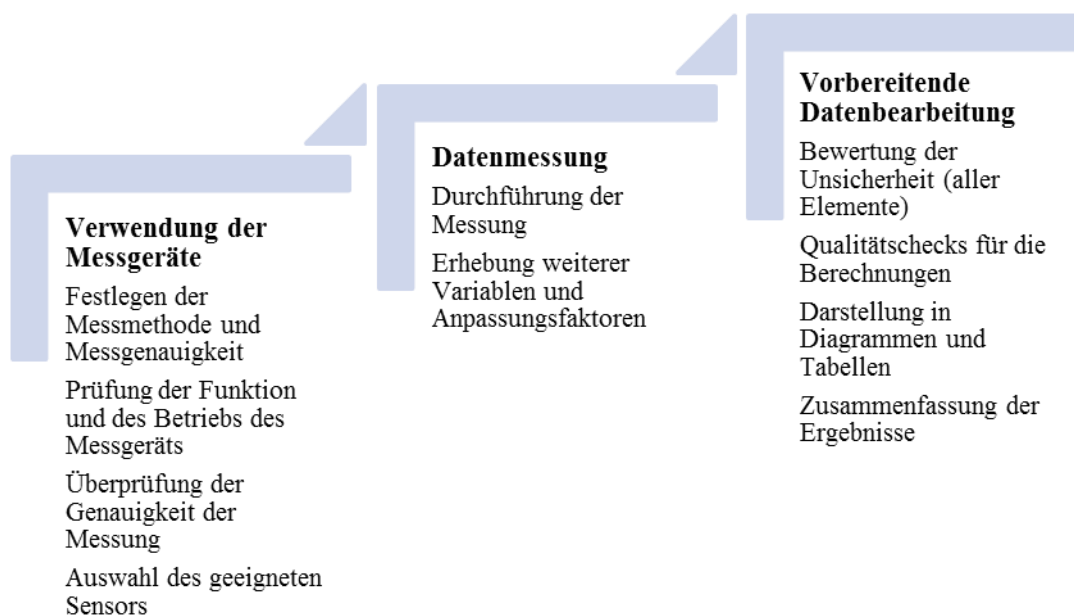


Abbildung 2: Stufen der Entwicklung und Umsetzung des Messplans nach ISO 50002 (Übersetzung, Abbildung AEA)

Motoren sind nicht erwähnt, aber als Beispiel für historische Energieleistungsdaten wird eine Druckluftstudie angegeben. Außerdem wird im Annex eine Druckluftsystemaudit als ein Beispiel für ein Typ3 Audit, also ein umfangreiches Audit, angeführt.

5.2.2 EN 16247-3 Energieaudits Teil 3: Prozesse

Die EN 16247-1 war 2012 die erste internationale Norm zu Energieaudits. Die Normenreihe umfasst insgesamt fünf Normen bzw. Teile, der dritte Teil fokussiert auf Produktionsbetriebe und ergänzt die eher allgemein gehaltenen Anforderungen des ersten Teils. Die oben beschriebene ISO 50002 enthält im Unterschied dazu keine Ergänzung für Prozesse bzw. Produktionsbetriebe.

Für Audits von Motorsystemen sind die wichtigsten Anforderungen dieser Norm:

- Gegenwärtige Betriebsbedingungen von Betriebsmittelprozessen
- Information von Typenschildern und zu Laufzeiten
- Interviews mit dem Bedienpersonal
- Vergleich des Umfangs von Prozessen und der Energiebedarfe
- Entwicklung von Energieleistungskennzahlen

Außerdem werden Beispiele von verschiedenen Energieeffizienzmöglichkeiten explizit angeführt: z.B. Leckagenvermeidung in Druckluftsystemen, Installation von drehzahlgeregelten Motoren.

5.2.3 ISO 11011 Druckluft – Energieeffizienz – Bewertung

Die Norm ISO 11011 legt Anforderungen für die Durchführung und den Ergebnisbericht einer Druckluftanlagenbewertung fest. Im Erscheinungsjahr 2013 war diese Norm die erste weltweite Auditnorm, noch vor der ISO 50002, die im Jahr 2014 erschien. Sie baut auf der Erfahrung aus der 2010 veröffentlichten US-Norm ASME EA-4 Energy Assessment for Compressed Air Systems auf. Der Fokus dieser Norm ist das gesamte Druckluftsystem mit den drei funktionalen Subsystemen: Erzeugung, Übertragung und Verbrauch.

Tabelle 2: Wesentliche Anforderungen der ISO 11011 Druckluft – Energieeffizienz – Bewertung

Unterabschnitt der Norm	Wesentliche Anforderungen
Rollen und Verantwortlichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel der Bewertung, Bestimmung der Mitglieder des Bewertungsteams, Unterstützung durch das Management, Kommunikation, Zugang zu Anlagen
Initialdatenerhebung und Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> • Hintergründe und Funktion der Anlage, Beschreibung des Druckluftsystems und Aufnahme des Bestands der Druckluftanwendungen und Wärmerückgewinnung • Basiszeitraum und Dauer der Datenerfassung für typischen Betrieb, dafür Messung von Leistung, Druck, Durchfluss und Temperatur für verschiedene Betriebszustände • Energieverbrauch/-verwendung (inkl. geschätzter Jahresenergieverbrauch und Kosten) • Dokumentation des Systemvolumens, -druck und -durchfluss • Druckluftverluste (Leckagen, unpassende Anwendung) • Luftaufbereitung • Kompressorsteuerung • Speicher • Wartung
Analyse der Daten der Energiebewertung	<p>Dieser Teil gibt Anleitung, wie folgende Elemente zu analysieren sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profile für Druck, Bedarf, Leistung, Versorgungseffizienz • Hochdruckbedarf • Bedarfsprofil • Kritischer Luftverbrauch • Druckluftverluste • Optimierte Druckluftaufbereitung • Reduzierter Druck

Unterabschnitt der Norm	Wesentliche Anforderungen
	<ul style="list-style-type: none"> Gleichgewicht von Erzeugung und Bedarf (Steuerstrategie) Wartungsmöglichkeit
Bericht und Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> Die Norm definiert den Inhalt des Berichts

Diese Norm enthält außerdem detaillierte Anhänge mit Erhebungsbögen für das Energieaudit vor Ort, eine Übersicht ist in Tabelle 3 angeführt.

Tabelle 3: Tabellen für die Datenerhebung, die in den Anhängen der Norm ISO 11011 enthalten sind

Teil des Druckluftsystems	Zu sammelnde Information, in den Anhängen spezifiziert
Druckluftversorgung	Kompressor, Nachkühler, Druckluftbehälter, Druckluftaufbereitung (Annex C)
Verteilung	Leitungssysteme (z.B. Material, Länge, Durchmesser), Druckluftspeicher, Trockner, Filter, Kondensatableiter
Verbrauch	Druckluftverluste (Leckagen), Endanwendungen: durchschnittlicher und maximaler Volumenstrom, min., max. Betriebsdruck, Druckluftaufbereitung

Die wichtigsten Punkte der Norm sind:

Der Umfang des Auditprozesses, inkl. Zusammenstellung des Auditteams und der Auditinhalt, der neben der detaillierten Analyse der Versorgung auch die Analyse der Verteilung und des Bedarfs auf Basis von Messungen umfasst.

5.2.4 ISO 14414 Energetische Bewertung von Pumpensystemen

Die ISO 14414 wurde aufbauend auf der US-Norm ASME EA-2-2009 Energy assessment for pumping systems entwickelt. Sie legt Anforderungen an die Durchführung und Berichterstattung der Ergebnisse einer energetischen Bewertung eines Pumpensystems fest.

Tabelle 4 enthält in Stichworten die wichtigsten Schritte zur Durchführung eines Pumpenaudits gemäß den Vorgaben der Norm.

Tabelle 4: Wesentliche Anforderungen der ISO 14414 Energetische Bewertung von Pumpensystemen

Unterabschnitt der Norm	Wichtigste Anforderungen
Bestimmung des Bewertungsteams, seiner Befugnisse und Aufgaben	Bestimmung der Aufgaben des Bewertungsteams, Facilitymanagement, Kommunikation, Bewertung der Ziele, Geltungsbereich, Grenzen, Aktionsplan, Ersterfassung der Daten
Durchführung der Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> Defintion der Bewertungsstufen (1-3) Ortsbesichtigung (erforderlich für Bewertungsstufen 2 und 3), Liste mit Bedingungen, die oftmals mit dem ineffizienten Betrieb des Pumpensystems verbunden sind Verständnis der funktionstechnischen Systemanforderungen Bestimmung der Systemgrenzen und des Energiebedarfs des Systems Erforderliche Informationen zur Bewertung des Wirkungsgrads des Pumpensystems: Detailinformationen zu E-Motoren, Pumpen (für Kreisel- und Verdrängerpumpen), Flüssigkeitseigenschaften, und Systemdaten (statische Förderhöhe und Systemkurve) Datenerfassung: Messung der Betriebsdaten der Motoren und Pumpen (Druck, Volumenstrom, aufgenommene Leistung) Kreuzvalidierung

	<ul style="list-style-type: none"> • Abschlussitzung und Präsentation der ersten Ergebnisse und Empfehlungen
Berichterstattung und Dokumentation	Abschlussbericht, Überprüfung

Diese Norm enthält Bedingungen, die oftmals mit dem ineffizienten Betrieb des Pumpensystems verbunden sind. Außerdem gibt diese Norm detaillierte Datenanforderungen und Anforderungen an die Messung vor.

Anhang B3 zählt übliche Ursachen für übermäßig hohen Energieverbrauch bei Kreiselpumpen auf, Annex B4 gibt Beispiele für Energieeinsparberechnungen für Pumpensysteme.

Die wichtigsten Punkte der Norm mit Relevanz für Audits von Motorsystemen sind: Vorauswahl der Systeme in der Bewertungsstufe 1, Datenanforderungen, Berechnungsformeln und Schlüsselkriterien für das Vorschlagen von Energieeinsparmaßnahmen.

5.2.5 ISO 50015 Energiemanagementsysteme - Messung und Verifizierung der energiebezogenen Leistung von Organisationen

Diese Norm definiert allgemeine Prinzipien und Richtlinien, die im Zusammenhang mit der Messung und Verifizierung der energetische Leistung (und deren Verbesserung) von Organisationen und ihren Bestandteilen zu verwenden sind.

Um die energetische Leistung von Motorsystemen und ihrer Verbesserung durch Einsparmaßnahmen in diesem Bereich zu berechnen, ist ein Mess- und Verifizierungsplan sehr hilfreich. Für diesen Zweck ist es wichtig, die in dieser Norm vorgeschlagenen zwölf Elemente des Plans, inkl. Definition der energetischen Leistungskennzahl, der Identifizierung von Variablen und die Definition des Datensammelplans, inkl. Art des Messgeräts, zu definieren.

Außerdem ist in diesem Zusammenhang relevant den Unterschied zwischen einem Messplan für ein Vor-Ort Energieaudit nach ISO 50002 oder EN 16247-3 (siehe Abbildung 2) und dem Mess- und Verifizierungsplan nach ISO 50015 oder IPMVP für die Verifizierung von Energieeinsparmaßnahmen zu erwähnen. Tabelle 5 gibt eine Zusammenfassung der Elemente eines M&V Plans.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Elemente eines M&V Plans nach ISO 50015 (diese Norm ist noch nicht in deutscher Sprache erschienen, Übersetzung durch Autor)

Element eines M&V Plans	Nähere Erläuterung
Geltungsbereich und Zweck	Organisation, Grund für das M&V, was wird gemessen, verwendete M&V Methoden, Zusammenfassung jener Daten, die gesammelt werden sollen
Maßnahme zur Verbesserung der energetischen Leistung	Beschreibung der Maßnahmen, wie und warum die Maßnahmen die energetische Leistung erhöht, Verantwortlichkeit
M&V Grenzen	Geltungsbereich und Zweck des M&V, Art der Einsparmethode, M&V Methode
Bewertung des vorläufigen M&V Plans	Identifikation von Energiesystemen, verwendete Daten und Materialien, z.B. Dokumentation der derzeitigen Energieanwendungen, Beschreibung der Anlagen, Energieverbrauchsmuster, Identifikation des Messzeitraums, Definition der Daten für den Plan zur Datensammlung und für die

Element eines M&V Plans	Nähere Erläuterung
	energetische Ausgangsbasis
Darstellung und Auswahl der energetischen Leistungskennzahlen	Charakterisierung der Energieleistungskennzahl, inkl. mathematischer Gleichung, z.B. kWh/m ²
Beschreibung und Auswahl der relevanten Variablen und statischen Faktoren	Dies sollte in mehreren Schritten vor sich gehen: Erarbeitung der Kriterien für relevante Variablen, Identifikation der Variablen und statischer Faktoren (inkl. Intervall, repräsentative Zeitperiode)
Auswahl der M&V Methode Plan zur Datensammlung/-erhebung	Auswahl der passenden Methode Dieser Plan sollte enthalten: Name der Variable, Datenquelle, Datenqualität, Häufigkeit der Datensammlung, Verantwortlichkeiten, Zugang zu Messpunkten, Betriebsbedingungen, Art des anzuwendenden Messgeräts (Sensor)
Erstellung und Anpassung der energetischen Ausgangsbasis	Verwendete Daten gesammelt nach dem Plan zur Datensammlung und analysiert nach dem M&V Plan Der M&V Plan sollte dokumentieren, wie die energetische Ausgangsbasis entwickelt wird (z.B. verwendete Rohdaten, Zeitraum)
Erforderliche Ressourcen	Stellungnahme, dass die Ressourcen angemessen sind
Rollen und Verantwortung	Methoden der Kommunikation, Wechsel der Schlüsselverantwortung
Dokumentation des M&V Plans	Gespeichert in Dokumentenlenkungssystem

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Generell wurden bereits eine Vielzahl von energiepolitischen Maßnahmen im Bereich Motorsysteme entwickelt und umgesetzt. Viele Länder haben auch schon einen Mix aus Mindeststandards, Energieauditprogrammen, Bewusstseinsbildung und finanziellen Anreizsystemen gesetzt. Die Abstimmung dieser Programme bzw. das Erkennen des notwendigen Zusammenspiels wird durch die unterschiedlichen Zuständigkeiten allerdings erschwert.

Auch im Bereich des Normungswesens sind bereits alle Voraussetzungen für fundierte Energieaudits geschaffen, viele Länder erarbeiteten zusätzlich Informationsmaterial und Werkzeuge zu diesem Themenbereich.

Die Analyse zeigt, dass für die Durchführung von Energieaudits in Motorsystemen alle Anforderungen der ISO 50002, welche eine Vielzahl von allgemeinen Informationen enthält, relevant sind. Weiters berücksichtigen viele verschiedene Normen und Protokolle Motorsysteme bereits als große Energieverbraucher. Zwei Normen beschreiben bereits die Durchführung von Energieaudits in Druckluft- und Pumpensystemen.

Im Allgemeinen fehlt in den analysierten Energieaudit-Normen jedoch folgende Information:

- Parameter für die erste Bestimmung von Energiesparmaßnahmen (mit Ausnahme des Annex der ISO 14414)
- Kriterien für die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen
- Berechnungsformeln für die Beurteilung der Energieeinsparung durch die Umsetzung von bestimmten Energieeinsparmaßnahmen (mit Ausnahme des Annex der ISO 14414)

Auch Protokolle und Leitfäden zur Bestimmung der energetischen Leistung beinhalten bereits Motorsysteme als Beispiel, oder bieten bereits spezifische Vorgaben für

Einsparmaßnahmen in diesem Bereich. Da die Messung von Energieeinsparungen bereits vor Umsetzung der Maßnahmen beginnen muss, sind dies wichtige Informationen für die Datenerhebung während des Energieaudits.

Es fehlt derzeit ein Überblick der einzelnen Forderungen aus den unterschiedlichen Normen und Leitfäden in einem konkreten Ablaufschema, die konkrete Nutzung der erwähnten Leitfäden und Normen bei den Audits vor Ort und das Interesse der Kunden, Audits in diesem Detaillierungsgrad durchführen zu lassen.

Das beschriebene Dokument bildet die Basis für die Entwicklung von Energieauditmethoden für die nächste Projektphase. Die zu erstellende Beschreibung der Auditmethode wird anhand der Energieauditschritte gem. ISO 50002 strukturiert sein und organisatorische und technische Aufgaben, die während des Audits durchzuführen sind, beinhalten. Für jeden dieser Schritte wird auf die relevanten Normen, Leitfäden und Tools verwiesen werden, und es wird beschrieben, wie diese im Auditablauf zu verwenden sind.

Literatur

Boteler, R., Brunner, C., Doppelbauer, M., De Almeida, A. Hoyt, B.: Motor MEPS Guide, Zürich, 2009

Carbon Trust: <https://www.gov.uk/government/publications/2010-to-2015-government-policy-energy-demand-reduction-in-industry-business-and-the-public-sector>, letzter Zugriff 26.1.2017

Energy Investment Allowance: <http://www.answersforbusiness.nl/subsidy/energy-investment-allowance>, letzter Zugriff 26.1.2017

IEA/OECD: World Energy Outlook 2016, Paris 2016

Kulterer, K., Werle, R.: Motor Policy Guide, Part 1: Assessment of Existing Policies, Zürich, 2011

Kulterer, K., Werle, R., Lackner, P., Brunner, C., Ellis, M.: Policy Guidelines for Electric Motor Systems, Part II, Toolkit for Policy Makers Assessment of Existing Motor Policies, Zürich 2014 unter. www.motorsystems.org

Kulterer, K.: Endbericht: IEA 4E Energieeffiziente Endverbrauchsgeräte Annex Elektrische Motorensysteme, Periode November 2012 – Oktober 2014, Österreichische Energieagentur 2014

Kulterer, K.: Energy Audits for Motor Driven Systems, Part 1, Overview of Programmes, Tools, Guides and Analysis of Standards and Protocols for Motor Systems Audits, Österreichische Energieagentur, Wien, 2016

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

Statistik Austria: Nutzenergieanalyse 2015, Wien 2016, download: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html, Zugriff am 23.1.2017

7 Danksagung

Die österreichische Beteiligung am Annex Electric Motor Systems wird vom **BMVIT** im Rahmen der **IEA Forschungsk Kooperationen** finanziert.

