

Schlussbericht **Dezember 2004**

Industrievereinbarung im Effizienzbereich Motoren (eff1, eff2, eff3)

ausgearbeitet durch

Dr. G. Schnyder
Schnyder Ingenieure AG
Bösch 23
6331 Hünenberg

unter Mitwirkung der
Working Group eff

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:
www.electricity-research.ch

INHALTSVERZEICHNIS

Präambel.....	1
1. Zusammenfassung / Resumee / Summary	2
2. Einleitung.....	6
3. Aktivitäten der EU zur Steigerung der Energieeffizienz bei Motoren	6
4. Ziel des Projektes.....	7
5. Gewähltes Vorgehen und Zeitplan der Arbeitsgruppe WG eff	8
6. Aktivitäten, Fragestellungen und Ergebnisse.....	9
7. Freiwillige Vereinbarung der CEMEP.....	12
8. Standards und Förderprogramme der USA und von Grossbritannien	15
9. Interesse der Industrie und Anwender für die Verwendung von eff1/eff2-Motoren.....	17
10. Datenerhebung für die Zielvereinbarung	18
11. Zielvereinbarung	19
12. Bestimmung der pro Leistungsklasse vertriebenen Motoren eff1 und eff2	21
13. Bestimmung der jährlichen Energieeffizienzsteigerung	23
14. Bannung von eff3-Motoren.....	26
15. Mögliche Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz bei Antrieben.....	27
16. Diverses	29

PRÄAMBEL

Für die Ausarbeitung einer Vereinbarung sowie die dazugehörigen Grundlagen hinsichtlich eines Energieeffizienz optimierten Motoreneinsatzes in der Schweiz - eine Vereinbarung zwischen der schweizerischen Motorenindustrie vertreten durch den Schweizer Automatik Pool (SAP) und dem Bundesamt für Energie - ist die working group eff (WG eff) mit nachfolgend aufgeführten Mitgliedern eingesetzt worden.

Bundesamt für Energie:

- BFE : F. Frey, Leiter Marktbereich Elektrogeräte und Technologiebereich Elektrizität
- BFE/R. Brüniger AG : R. Brüniger, Forschungsprogrammleiter „Elektrizität“

Industrievertreter und SAP-Mitglieder:

- ABB : P. Mazenauer, Mitglied SAP, Sektion 37 und Sektion 33
- Flender : H.J. Burri, Mitglied SAP Sektion 35
H.-U. Rohrbach, Mitglied SAP Sektion 35
- Leumann&Uhlmann : F. Leumann, Mitglied SAP Sektion 37 und Sektion 33
- Siemens : H. Menzi, Technischer Beisitz

Beauftragte Unternehmung

- Schnyder Ingenieure AG: G. Schnyder und P. Mauchle, Technischer Beisitz

1. ZUSAMMENFASSUNG / RESUMEE / SUMMARY

1.1. Zusammenfassung

Das Bundesamt für Energie (BFE) und der Schweizer Automatik Pool (SAP) sind sich einig, dass elektrische Antriebssysteme / Motoren einen signifikanten Anteil des Stromverbrauchs in der Schweiz ausmachen. Der Motor selber und dessen Effizienz ist einer dieser Aspekte, der einen Beitrag zur Effizienzsteigerung im Antriebsbereich leisten kann.

Aus diesem Grund haben das BFE und der SAP beschlossen, auf der Basis der in der EU eingeführten CEMEP¹-Klassifizierung die energetisch effiziente Klasse eff1 zu fördern. Die freiwillige Vereinbarung der CEMEP umfasst die zwei- und vierpoligen Motoren der Leistungsklassen 1.1 .. 90 kW, die nach dem IEC-Standard gebaut werden.

Das Hauptziel der Projektaktivitäten ist der Abschluss einer Zielvereinbarung zwischen dem Bund und der schweizerischen Motorenindustrie. Die Vereinbarung beinhaltet auf der Grundlage des eff-Standards die Definition von Zielwerten für die Umsetzung des vermehrten Einsatzes von effizienteren Motoren der Klasse eff1.

Die Analyse der Umsatzzahlen der von den Mitgliedern des SAP im Jahr 2003 verkauften Motoren hat ergeben, dass von der Gesamtanzahl verkaufter Motoren der eff-Klassen 8% eff1-Motoren sind. Von den gesamthaft verkauften ca. 37'500 Motoren betrug der Umsatz im Jahr 2003 in der Klasse eff1 somit ca. 3'000 Motoren.

Aufgrund der abgeschlossenen Zielvereinbarung setzt sich der SAP mit seinen Mitgliedern in den Jahren 2005 - 2009 dafür ein, dass der durchschnittliche Anteil der eff1-Motoren im Vergleich zum Gesamtvolumen der eff-Motoren bis Ende 2009 von 8% auf 19% erhöht wird.

Folgende durchschnittliche jährliche Anteile werden für die nächsten Jahre festgelegt:

Jahr	2003 *)	2005	2006	2007	2008	2009
Anteil eff1 an Gesamtvolumen eff1, eff2, eff3	8%	11%	13%	15%	17%	19%

Tabelle 1: Anzahl verkaufter Motoren der Klasse eff1 im Vergleich zu totalen Anzahl eff-Motoren

Die Analyse des Einsparpotenzials zeigt, dass aufgrund der Substitution von eff2- durch eff1-Motoren - bedingt durch die Einhaltung der Zielvereinbarung - eine Zunahme der jährlichen Energieeinsparungen von 1.62 GWh im Jahr 2004 bis auf 3.74 GWh im Jahr 2009 resultiert. Die kumulierte Summe der Einsparungen durch die Verschiebung von eff2 zu eff1 Motoren ergibt Ende 2009 eine Einsparung von 42.66 GWh entsprechend einer Kostenreduktion von CHF 4.27 Mio. bei einem mittleren Energiepreis von CHF 0.1/kWh.

¹ CEMEP: European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics

Über eine technische Lebensdauer von 10 Jahren gerechnet, folgt aus der Einhaltung der Zielvereinbarung eine Energieeinsparung von ca. 164 GWh entsprechend einer Kostenreduktion von CHF 16.4 Mio.

Motoren des eff3-Standards werde gemäss einer groben Abschätzung nur wenige verkauft. Sollte eine noch ausstehende Meinungsbildung innerhalb des SAP für eine verbindliche Bannung der eff3-Motoren sprechen, sind die Verkaufszahlen im Detail zu evaluieren und die Branche sorgt dafür, dass ein grundsätzliches Einverständnis vorhanden ist.

Dann wird sich das BFE bemühen, eine Bannung von eff3-Motoren zu bewirken.

1.2. Summary

The Swiss Federal Office of Energy (SFOE) and the Swiss Automation Pool (SAP) share the view that electric drive systems and motors account for a significant proportion of electricity consumption in Switzerland. Electric motors themselves and their level of efficiency therefore are an important factor in enhancing efficiency in the area of electric drives.

For this reason, the SFOE and SAP resolved to promote energy efficiency category "eff1" on the basis of the CEMEP² classification system now in use within the EU. The CEMEP's voluntary agreement encompasses two- and four-pole motors in output categories 1.1 .. 90 kW that are constructed in accordance with the IEC standard.

The main goal of the project activities is to conclude a target agreement between the federal government and the Swiss electric motors/drives industry. The agreement defines targets for increasing the use of "eff1" motors on the basis of the "eff" standard.

An analysis of sales figures concerning motors sold by members of SAP in 2003 revealed that of the total number of sold "eff" category motors, 8% belonged to category "eff1". This means that, of the total of around 37,500 sold motors in 2003, approximately 3,000 belonged to category "eff1".

Based on the above-mentioned target agreement, in the period from 2005 to 2009 the SAP and its members aim to increase the mean annual proportion of "eff1" motors from 8% to 19% by the end of 2009 in comparison with the overall volume of "eff" motors.

The following mean annual proportions have been specified for the period up to 2009:

Year	2003 *)	2005	2006	2007	2008	2009
Proportion of category "eff1" to overall volume ("eff1", "eff2", "eff3")	8%	11%	13%	15%	17%	19%

Table 1: Proportion of sold "eff1" motors versus total volume of "eff" motors

An analysis of the savings potential shows that, as a result of the substitution of "eff2" by "eff1" motors, annual energy savings would increase from 1.63 GWh in 2004 to 3.74 GWh in 2009, as long as the target agreement is adhered to. The accumulated total savings resulting from the shift from "eff2" to "eff1" motors amount to 42.66 GWh as of the end of

² CEMEP = European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics

2009, which is equivalent to a cost reduction of CHF 4.27 million, based on an average energy price of CHF 0.1 per kWh.

Calculated over a technical service life of 10 years, adherence to the target agreement results in savings of approximately 164 GWh, which is equivalent to a reduction in costs of around CHF 16.4 million.

According to rough estimates, sales of "eff3" motors are now very low. In the event that opinion within the SAP should subsequently move in the direction of officially banning "eff3" motors, it would be necessary to carefully analyse the sales figures and for the sector to ensure that such a move would meet with fundamental consensus.

The SFOE would then take steps to ban "eff3" motors.

1.3. Resumée

L'Office fédéral de l'Energie (OFEN) et le Pool Suisse des automates (SAP) sont unanimes: les systèmes et moteurs d'entraînement électriques constituent une part significative de la consommation électrique en Suisse. Le moteur et son rendement représentent un des aspects pouvant contribuer à une augmentation de l'efficacité dans le domaine de la traction.

A cet effet, l'OFEN et le SAP ont convenu d'encourager la classe d'efficacité énergétique eff1 sur la base de la classification CEMEP³-introduite dans l'UE. La convention volontaire de la CEMEP inclut les moteurs à deux et quatre pôles des classes de performance 1.1 ... 90 kW, construits selon la norme IEC.

L'objectif premier du projet est la conclusion d'une convention des buts entre la Confédération et l'industrie Suisse du moteur. La convention comprend, sur le principe de la norme eff, la définition d'objectifs en ce qui concerne l'engagement d'utilisation accrue des moteurs efficaces de la classe eff 1.

L'analyse du chiffre d'affaire de la vente de moteurs en 2003 par les membres du SAP révèle que 8% du nombre de moteurs totaux de la classe eff vendus sont en fait des moteurs eff1. Sur un total de 37'000 moteurs vendus, le chiffre d'affaire 2003 dévoile env. 3'000 moteurs de classe eff1.

De 2005 à 2009 et conformément à la convention conclue, le SAP et ses membres s'investissent à ce que la part moyenne des moteurs eff1 augmente de 8% à 19% par rapport au volume global des moteurs eff jusqu'en 2009.

Les parts annuelles moyennes suivantes ont été déterminées pour les années à venir:

Année	2003 *)	2005	2006	2007	2008	2009
Part eff1 par rapport aux volumes globaux eff1, eff2, eff3	8%	11%	13%	15%	17%	19%

Tableau 1: Nombre de moteurs vendus de la classe eff1 comparés au nombre total de moteurs eff.

³ CEMEP: European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics

L'analyse du potentiel d'économie laisse apparaître une augmentation des économies annuelles de 1.62 GWh en 2004 jusqu'à 3.74 GWh en 2009. Ceci est dû à la substitution des moteurs eff2 en moteurs eff1 suite au respect de la convention.

En passant de moteurs eff2 aux moteurs eff1, le montant cumulé des économies s'élève à 42.66 GWh à fin 2009, soit une réduction des coûts de CHF 4.27 Mio. pour un prix moyen énergétique de CHF 0.1/kWh.

Compté sur une durée de vie de 10 ans, le respect de la convention débouche sur une économie d'env. 164 GWh, suite à une réduction des coûts de CHF 16.4 Mio.

Selon une large estimation, les moteurs de la norme eff3 ne se vendent que peu. Si l'opinion générale au sein du SAP parle en faveur d'une suppression contraignante des moteurs eff 3, les chiffres de vente doivent encore être évalués. Dans ce sens, la branche fait tout à ce qu'un consentement de principe soit disponible.

L'OFEN fera en sorte qu'une suppression des moteurs eff3 ait lieu.

2. EINLEITUNG

Mit dem Programm EnergieSchweiz hat sich der Bund zum Ziel gesetzt, den Schweizerischen Stromverbrauch von 2000 bis 2010 um nicht mehr als 5% ansteigen zu lassen. Die Erfüllung dieses Ziels erfordert gemeinsame Anstrengungen aller Beteiligten.

Das Bundesamt für Energie (BFE) und der Schweizer Automatik Pool (SAP) sind sich einig, dass elektrische Antriebssysteme / Motoren einen signifikanten Anteil des Stromverbrauchs in der Schweiz ausmachen. Ein beträchtlicher Anteil dieses Stromverbrauchs könnte vermieden werden, wenn die Antriebssysteme und Motoren auch aus Sicht des Energieverbrauchs ausgelegt würden. Es herrscht dabei zwischen dem BFE und dem SAP Einigkeit, dass die Umsetzung dieses Einsparpotentials nur erreicht werden kann, wenn alle Aspekte eines Antriebssystems (wie Motor, Getriebe, Steuerung, etc.) berücksichtigt und optimiert werden.

Der Motor selber und dessen Effizienz ist einer dieser Aspekte, der einen Beitrag zur Effizienzsteigerung im Antriebsbereich leisten kann. Aus diesem Grund haben das BFE und der SAP beschlossen, auf der Basis der etablierten und eingeführten CEMEP-Klassifizierung (CEMEP: European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) die energetisch effiziente Klasse eff1 zu fördern und die energetisch schlechte Klasse eff3 sukzessive zu eliminieren.

3. AKTIVITÄTEN DER EU ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ BEI MOTOREN

Seit 1993 ist die EU-Kommission bestrebt Einsparungen im Antriebsbereich zu erzielen. Die diesbezüglichen Verhandlungen mit der europäischen Motorenindustrie starteten 1997. Eine erste Zielsetzung bestand darin, ein gemeinsames EU-Klassifizierungsschema mit drei Klassen zu identifizieren. Dabei wurden die Klassen⁴ eff1, eff2 und eff3 definiert.

Die Bestrebungen der EU zielen darauf hin, dass Motoren mit der Klassifizierung eff3 vom Markt verschwinden, der eff2-Motor standardmässig eingesetzt wird und der eff1-Motor zunehmend im Markt vertrieben werden kann.

Die EU-Kommission hat deshalb mit der CEMEP eine Vereinbarung getroffen, in der bestimmt wird, dass bezüglich des eff3-Typs eine Reduktion von 50%, kumulativ bis ins Jahr 2003 im Vergleich zu den 98-er Verkaufszahlen zu erreichen ist.

Ebenfalls soll der Einsatz von Motoren des Standards eff1 und eff2 verstärkt gefördert werden. Die Kommission überwacht die Ergebnisse.

Gemäss Information der CEMEP und der EU ist die Vereinbarung bereits im Jahr 2001 erfüllt worden.

⁴ eff-Standards: von der CEMEP sind die Kategorien eff1, eff2 und eff3 zur Klassierung der Motoren hinsichtlich Energieeffizienz definiert worden.

4. ZIEL DES PROJEKTES

Das Bundesamt für Energie (BFE) ist bestrebt, aufbauend auf der europäischen Vereinbarung und unter Einbezug der Industrie, die Verbreitung von energieeffizienten Motoren der Standards eff1 und eff2 in der Schweiz zu unterstützen.

Diesbezügliche vorbereitende Arbeiten und Massnahmen sind unter Einbezug der Industrie durchzuführen, damit eine analoge Umsetzung in der Schweiz effizient und den aktuellen Begebenheiten entsprechend erfolgen kann.

Zur Umsetzung der Absicht des BFE ist gemeinsam mit der Industrie eine Working Group eff (WG-eff) eingesetzt worden, die die erforderlichen Abklärungen für eine erfolgreiche Umsetzung in der Schweiz durchführt und die entsprechenden Voraussetzungen schaffen soll.

Die WG-eff soll die zwischen der EU und der europäischen Motorenindustrie erzielten Vereinbarungen auf die Schweiz übertragen und allenfalls den aktuellen Gegebenheiten in der Schweiz anpassen.

Das Hauptziel der Aktivitäten der WG-eff ist die Erarbeitung der verschiedenen Grundlagen für den Abschluss einer Vereinbarung zwischen dem Bund und der schweizerischen Motorenindustrie. Die Vereinbarung beinhaltet die Einführung der eff-Standards in der Schweiz und die Definition von Zielwerten für die Umsetzung.

5. GEWÄHLTES VORGEHEN UND ZEITPLAN DER ARBEITSGRUPPE WG EFF

5.1. Vorgehensschritte

Die WG eff hat die folgenden Vorgehensschritte festgelegt und durchgeführt:

1. Beschaffung der Vereinbarung mit der EU mit dem Motorenhersteller
2. Kontakte mit der CEMEP und EU-Vertretern zur Klärung der Umsetzung der eff-Standards in der Schweiz
3. Beschaffung der Datenbasis und des statistischen Zahlenmaterials
4. Überprüfung der CEMEP-Vereinbarung in der Praxis; Identifikation von Schwachstellen.
5. Urheberrechtssituation eff-Logos
6. Erhebungsmechanismus und Überprüfung der Übertragbarkeit auf die Schweiz
7. Informations- und Aufklärungsarbeiten
8. Vereinbarungstext formulieren
9. Definition der Partner auf Seiten der Industrie und der öffentlichen Hand
10. Umsetzung

5.2. Zeitplan

Den Arbeiten der WG eff ist der folgende Zeitplan zugrunde gelegt:

Projektphasen	Meilensteine				
Projektinitialisierung	Dez 02				
Grundlagen- und Analysearbeiten		Jun 03			
Ausarbeitung Entwurf Vereinbarung			Dez 03		
Start Datenerfassung			Dez 03		
Abschluss der Vereinbarung				Dez 04	
Umsetzung ab					Jan 05

Tabelle 2: Projektphasen und Meilensteine der Aktivitäten der WG eff

6. AKTIVITÄTEN, FRAGESTELLUNGEN UND ERGEBNISSE

Innerhalb der von der WG eff definierten Vorgehensschritte waren die nachfolgend aufgeführten Fragestellungen zu bearbeiten. Die Ergebnisse der Aktivitäten zu den Fragestellungen sind zusammenfassend aufgeführt. Erläuterungen sind in den folgenden Kapiteln enthalten.

6.1. Grundlagen- und Analysearbeiten

In Gesprächen mit CEMEP- und EU-Vertretern sind die bisherigen Erfahrungen mit der CEMEP-Vereinbarung identifiziert sowie der aktuelle Status wie folgt festgehalten worden:

Allfällig erkannte Mängel und/oder Problemkreise der bestehenden Vereinbarung

- Abklärungen mit Vertretern der CEMEP haben ergeben, dass betreffend Erfassung der Motoren der Klassen eff1 und eff2 keine Mängel, bzw. Probleme bei der Erfassung vorliegen.
- Betreffend den Einsatz von eff3-Motoren sowie der Kenntnis von Wirkungsgradverläufen von eff3-Motoren liegen keine verifizierbaren Informationen vor.

Modifikationen, wie z.B. die Verschärfung oder die Lockerung der Zielsetzung

- Von Seiten der Behörden sind aufgrund der Zielerreichung der Verschiebung eff3 zu eff2 Bestrebungen zur Erweiterung der Vereinbarung unternommen worden. Bisher liegen noch keine konkreten Vorschläge betreffend Verschärfung der Zielvereinbarung der CEMEP vor.

Allfällige regulatorische Massnahmen seitens der EU.

- Von Seiten der EU sind keine Aktivitäten zur Einführung regulatorischer Massnahmen bekannt.

Erfassung der statistischen Jahreszahlen und der erzielten Ergebnisse

- Die Ergebnisse der Aktivitäten der CEMEP-Vereinbarung sind in der Abbildung 1 dargestellt.
- Der Anteil eff1-Motoren in der EU beträgt derzeit ca. 5.1 %, der Anteil eff2 ca. 83.4 % und der Anteil eff3-Motoren ca. 11.4 %. Die unterschwelligen Erwartungen der EU an den Marktanteil der eff1-Motoren liegen bei ca. 15 %.
- Anlässlich der EEMODS-Tagung 2002 in Treviso ist von Vertretern der CEMEP festgehalten worden, dass das Ziel 50 % weniger Verkäufe von eff3-Motoren bereits Ende 2001 erreicht wurde.

Methodik zur Überprüfung der in der Vereinbarung deklarierten Werte bezüglich eff-Standard sowie Wirkungsgrad

- Es ist für die angestrebte Zielvereinbarung zwischen den Vertreibern elektrischer Motoren in der Schweiz und dem BFE entschieden worden, ein eigenständiges Modell zur Erfassung

der verstärkten Anwendung von eff1 und eff2-Motoren sowie der daraus resultierenden Wirkungsgradverbesserungen zu erarbeiten.

- Der Erhebungsmechanismus in der Schweiz entspricht formal demjenigen der CEMEP. Die Daten der verkauften Motoren werden von den Vertreibern vierteljährlich einer unabhängigen Stelle in der Schweiz zugestellt. Diese Stelle anonymisiert die Daten und wertet diese in einem zweiten Schritt aus.

Allfällige Schutzrechte auf dem eff-Logo und Urheberrechtssituation

- Die Verwendung des eff-Logos ist an die Mitgliedschaft der CEMEP gebunden.

6.2. Transfer- und Umsetzungsarbeiten

Für die Vorbereitung der Umsetzung einer Zielvereinbarung in der Schweiz sind von der WG eff die folgenden Aktivitäten ausgeführt worden:

- Mögliche Alternativen zur CEMEP-Vereinbarung sowie verschiedene Problemkreise und kritische Aspekte sind zu prüfen. Analysiert und geprüft wurden folgende Varianten,
 - Übernahme der freiwilligen Vereinbarung (Voluntary Agreement) der CEMEP
 - Zielvereinbarung zwischen der schweizerischen Industrie und dem Bundesamt für Energie
 - Importvorschriften
 - Offizielle Deklaration
- Die Übernahme der CEMEP-Vereinbarung hat sich als nicht möglich erwiesen. Rechtliche und weitere Gründe haben eine direkte Übernahme und Umsetzung verhindert.
- Von den verschiedenen Varianten ist die freiwillige Zielvereinbarung zwischen Vertreibern und Bund von der WG eff für die Umsetzung gewählt worden.
- Bei der Zielvereinbarung zwischen den Vertreibern von Motoren in der Schweiz, die im SAP zusammengeschlossen sind und dem BFE handelt es sich um eine freiwillige Deklarationspflicht.
- Auf der Basis der Daten und Parameter der CEMEP-Vereinbarung ist ein ähnliches Verfahren für den Nachweis des verstärkten Einsatzes von eff1- und eff2-Motoren sowie die daraus resultierenden Energieeinsparungen hergeleitet worden. Die genaue Vorgehensweise für die korrekte und verlässliche Erfassung der Motoren bezüglich den eff1, eff2 und eff3 Standards sind für die Schweiz definiert und die diesbezüglichen Meldemechanismen sind festgelegt worden.
- Die Umsetzung der freiwilligen Zielvereinbarung ist vom BFE hinsichtlich rechtlicher Umsetzung geprüft worden
- Die Nichteinhaltung der Verpflichtungen gemäss Zielvereinbarung kann zur Kündigung der Zielvereinbarung führen.
- Der Inhalt der Zielvereinbarung sowie die damit zu erreichenden Resultate betreffend rationaler Energieanwendungen wird über gezielte Informations- und Kommunikationsaktivitäten verbreitet. Die Informationskampagne soll primär die Thematik der eff-Standards verbreiten.

- Neben den vorerwähnten Informationsarbeiten zum Thema des eff-Standards sind aber auch weitergehende Aufklärungsarbeiten vorzubereiten. Dies kann in Form von Pilot- und Demonstrationsprojekten, in Form von Messauftritten, durch Promotion des europäischen Motor Challenge Programms (www.motorchallenge.ch), usw. stattfinden.

6.3. Flankierende Projekte und Projektideen

In weiteren Projektarbeiten des Bundesamtes für Energie und in Zusammenarbeit mit der Motorenindustrie sind nachfolgend aufgeführten Themenkreise für eine vertiefte Umsetzung zu prüfen.

- Richtige Dimensionierung von Motor und Antriebsmaschine (z.B. durch das Auslege-Tool OPAL);
- Minimierung der mechanischen Verluste im System;
- Optimierung der Stromversorgung (Blindleistungskompensation, Minimierung der Zuleitungslängen);
- Rückgewinnung der kinetischen Prozessenergie bei Beschleunigungsantrieben (Zentrifugen, Aufzügen, Transportsystemen);
- Energetische Optimierung des Prozesses (Dimensionierung von Ventilationssystemen, Rohrleitungen, Vermeidung von Leckagen bei Kompression, usw.);
- Anpassung des Betriebs der Anlage an tatsächlichen Bedarf (Abschalten bei Nichtgebrauch, Stern/Dreieckschaltung, Polumschaltung, Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung und/oder Integraldrive)
- Wirkungsgradverbesserungen bei Kraftübertragung (Riemen, Getriebe), Arbeitsmaschinen (Pumpen, Ventilatoren), Kompressoren
- Integration der Lebenszykluskosten in die Motorenevaluation.
- In der Chemie ist die ATEX-Richtlinie bekannt - eine Produktdeklaration - bei der bei der Lieferung an den Kunden ein Zertifikat zur EEX-Zonenzugehörigkeit mitgeliefert wird. Das Zertifikat gilt für den gesamten Antrieb, nicht nur für den Motor. Diesbezüglich ist ein Label für Energie zu erstellen, bei dem reibungsarme Getriebe, ein eff1-Wirkungsgrad, ein FU-getriebener Motor sowie doppelt isolierte Rohrleitungen empfohlen, bzw. als Anforderung aufgenommen werden.
- Damit der Käufer eines Antriebssystems einen Nutzen hat, ist eine Checkliste bzw. Anweisungsliste für ein Antriebspaket mit Kriterien für energieeffiziente Antriebssysteme zu erstellen.

7. FREIWILLIGE VEREINBARUNG DER CEMEP

7.1. Umfang der freiwilligen Vereinbarung

Die freiwillige Vereinbarung der CEMEP umfasst die zwei- und vierpoligen Motoren der Leistungsklassen 1.1 .. 90 kW, die nach dem IEC-Standard gebaut werden.

7.2. Datenerhebung und Datenveröffentlichung

Die Industrievertreter in der CEMEP senden die Verkaufszahlen an eine neutrale Stelle nach Paris. Diese Stelle analysiert die Zahlen und verteilt anschliessend die Resultate an die Industrie. Gemäss Vereinbarung wird nur mit Indizes und nicht mit absoluten Grössen gearbeitet. Damit werden keine Marktanteile publiziert und die Anonymität der Hersteller ist gewährleistet.

In der Schweiz hat sich für die Datenerhebung der verkauften Motoren innerhalb der Mitglieder SAP ein gleiches System etabliert.

7.3. Mögliche Erweiterung der bestehenden freiwilligen Vereinbarung

Die bestehende Vereinbarung könnte gemäss diversen Aussagen wie folgt zu überarbeitet oder ergänzt werden:

- den Zeitplan der Zielerreichung zu überarbeiten,
- die 6-poligen Motoren in die Vereinbarung aufzunehmen
- den Anteil Motoren der Klasse eff-3 unter 10 % zu senken
- die Verstärkung der Promotion für die eff-1-Motorenklasse
- die Aufteilung des eff1-Standards

Gemäss CEMEP kann eine Änderung der freiwilligen Vereinbarung diskutiert werden, sobald die EU-Richtlinie [2] über das Eco-Design für Endkundengeräte bekannt ist.

Zu beachten ist, dass Motoren nicht als Endgeräte betrachtet werden, die neue EU-Richtlinie aber nur für Endkundengeräte Gültigkeit hat.

Des Weiteren ist ebenfalls zu beachten, dass bei der Analyse des gesamten Antriebssystems mehr Potential vorhanden ist als bei der reinen Wirkungsgradoptimierung des Motors.

7.4. Benutzung der eff-Logos

Die CEMEP hält als Eigentümerin die Rechte zur Verwendung der eff-Logos. Die Benutzer bezahlen der CEMEP für die Verwendung des Logo einen Beitrag. Die Logos der eff-Standards dürfen zudem nur von Mitgliedern der CEMEP verwendet werden.

7.5. Beurteilung der freiwilligen Vereinbarung der CEMEP aus Sicht der Hersteller

Einzelnen Herstellern scheint - gemäss Aussagen an der EEMODS 02 - die freiwillige Vereinbarung der CEMEP zu wenig griffig. Eine regulatorische Vorgabe wäre aus Sicht dieser Hersteller wünschenswert.

Mit einer derzeitigen Preisdifferenz von 15% von eff1 gegenüber eff2-Motoren scheint der Markt nicht bereit zu sein, die Differenz zu bezahlen. Sollte die Preisdifferenz zwischen einem eff1-Motor und einem eff2-Motor substantiell reduziert werden können, würde kein Grund mehr bestehen, einen eff2-Motor anstelle eines eff1-Motors zu kaufen. Die Preisdifferenz zwischen eff2 und eff3 beträgt ca. 3 % [1].

Im Sinne des Gesetzgebers wäre eine Veränderung der Marktanteile Richtung eff1-Motoren anzustreben, die Hersteller und der Markt weisen diesbezüglich eine eher ablehnende Haltung auf.

Die Vereinbarung der CEMEP besteht zwischen Hersteller und der EU, hingegen sind die Endverbraucher bisher nicht in den Prozess eingebunden.

7.6. Beurteilung der Anwendbarkeit der freiwilligen Vereinbarung

Die WG eff beurteilt die Vorgaben der CEMEP als eine gute Grundlage zur Übernahme durch die Schweiz.

Da die Schweiz nicht direkt in der CEMEP vertreten ist, kann lediglich eine Übernahme der in der freiwilligen Vereinbarung vordefinierten und bekannten Tabellenwerte der Wirkungsgrade und deren Zuordnung zu den eff-Klassen erfolgen. Die Anwendung des Logos ist nur für Mitglieder der CEMEP gestattet und darf daher in der Schweiz nicht generell angewendet werden.

7.7. Zusammenarbeit mit der CEMEP

Es ist ein informeller Kontakt hergestellt worden. Die Aktivitäten der CEMEP sind aus der Sicht der Schweiz zu verfolgen und allfällige Entscheide soweit möglich zu übernehmen, bzw. im Entscheidungsprozess allenfalls über Mitgliedfirmen zu beeinflussen.

	Mitglieder der CEMEP	SAP
1	ABB Automation Group Ltd, Switzerland	Sektion 37
2	ABM Greifenberger Antriebstechnik GmbH, Germany	
3	AEG Fabrica de Motores, S.A., Spain	Sektion 37
4	ARCELIK A.S., Turkey	
5	ATB-Antriebstechnik AG, Germany	Sektion 37
6	ATB-Motorentchnik, (formerly Felten & Guillaume), Germany	Sektion 37
7	BALDOR MOTORS AND DRIVES, United Kingdom	
8	Brook Cromton, United Kingdom	
9	Cantoni Group (Besel SA, INDUKTA SA, CELMA SA, EMIT SA), Poland	
10	Danfoss Bauer GmbH, Germany	
11	Dutchi Motors B.V., Netherlands	
12	ELECTRO ADDA SPA, Italy	
13	FIMET- MOTORI E RIDUTTORI SPA, Italy	Sektion 37
14	Getriebebau Nord GmbH &Co., Germany	
15	Grundfos Management A/S, Denmark	
16	Hanning Elektro-Werke GmbH&Co KG, Germany	
17	J. HELMKE & Co. - Elektrische Maschinen, Germany	
18	LAFERT SPA, Italy	Sektion 37
19	Loher AG, Germany	Sektion 37
20	MARELLI MOTORI SPA, Italy	
21	MGM. Motori Elettrici SpA , Italy	
22	Moteurs Leroy-Somer, France	
23	Motori Bonora S.r.l., Italy	
24	OEMER MOTORI ELETTRICI SPA, Italy	
25	Rockwell Automation, Germany	Sektion 37
26	SCHORCH Elektrische Maschinen und Antriebe, Germany	Sektion 37
27	SEIMEC SpA-Rossi Motoriduttori, Italy	
28	SEIPEE S.p.a. Motori, Elettrici, Italy	
29	SEW-Eurodrive GmbH & Co., Germany	
30	SICME MOTORI SPA, Italy	
31	Siemens AG, Germany	Sektion 37
32	Stöber Antriebstechnik GmbH & Co., Germany	
33	Teco Electric Europe Ltd, United Kingdom	
34	Universal Motors S.A., Portugal	
35	VEM motors GmbH, Germany	
36	WEG, Portugal/Brazil	Sektion 37

Tabelle 3: Mitglieder der CEMEP und deren Mitgliedschaft in der Sektion 37 des SAP

8. STANDARDS UND FÖRDERPROGRAMME DER USA UND VON GROSSBRITANNIEN

8.1. NEMA Premium Standard

Inhalt und Ausrichtung

Der NEMA Premium Standard ist ein Ergebnis der freiwilligen Aktivitäten der NEMA. Die NEMA Premium Vorgabe gilt für 2- bis 6-polige Motoren bis zu einer Leistungsklasse von 500 PS⁵.

Es ist das Ziel der NEMA, ihre Vorgaben über die IEEE-Norm 841/2001 einfließen zu lassen. Der Verkauf und das Marketing der NEMA sind sehr gut organisiert und der Wissenstransfer erfolgt sehr schnell. So bestimmt z.B. die Siemens USA die Motorenklasse nur nach IEEE und nicht nach IEC-Standard⁶.

Vergleich mit den Vorgaben in Europa

Die NEMA Premium Norm scheint höhere Anforderungen an den Wirkungsgrad als der eff-Standard zu haben, wobei durch die unterschiedlichen Spannungs- und Frequenzverhältnisse in Europa und den USA ein direkter Vergleich schwierig ist.

Der Vergleich zwischen dem Standard NEMA Premium und den Vorschriften der CEMEP ist wegen der Differenz der Netzfrequenzen - in Europa 50Hz und in der USA 60Hz - nur bedingt möglich.

Von SEW Eurodrive ist ein Vergleich der 400V/50Hz und 440V/60Hz-Netze auf den Wirkungsgrad der Motoren ermittelt worden. Als Basis für den Vergleich sind jeweils das gleiche Drehmoment und die gleiche Leistung gewählt worden.

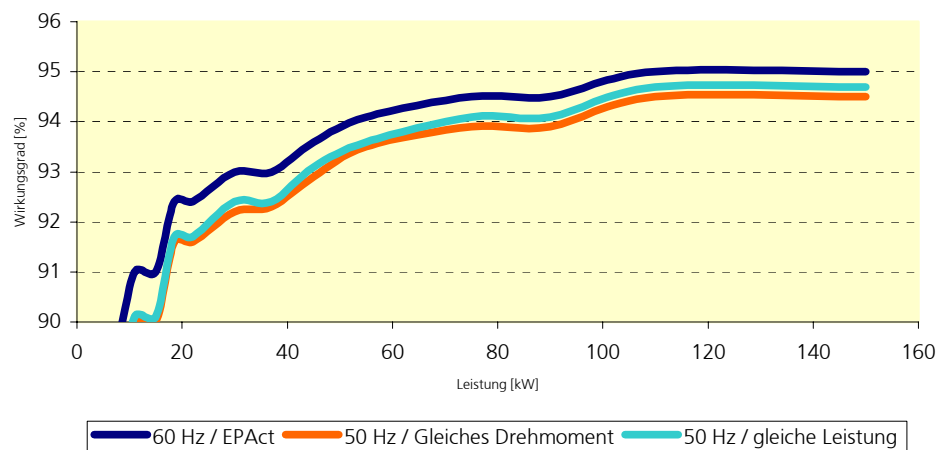


Abbildung 2: Vergleich der Wirkungsgrade bei 60/50Hz Netzfrequenz

⁵ Quelle: www.nema.org

⁶ Quelle: www.motorsmatter.org

Beurteilung aus Sicht der Hersteller

Derzeit werden in Europa keine besonderen Aktivitäten zur Erreichung des NEMA Premium Standards durchgeführt.

Der Einfluss des NEMA Premium Standards in Europa ist somit aus Sicht der Hersteller nicht unbedingt von Bedeutung.

8.2. EPart-Standard

Die EPart-Vorschrift gilt nur für den Import von Motoren in die USA. Für den Import von USA-Motoren in die EU sind keine bindenden Vorschriften vorhanden. Die EU scheint diesbezüglich einen Handlungsbedarf aufzuweisen.

8.3. Förderprogramm in England

Für Motorinvestitions- und Installationskosten sind Steuerabzüge möglich. Allerdings ist das Prozedere für das Geltendmachen der Steuerabzüge relativ kompliziert und gelangt daher in der Praxis in der Regel nicht zur Anwendung. Derzeit ist nicht bekannt, wie viel Einsparungen von Steuern geltend gemacht werden.

OEM-Hersteller sind bei derartigen Fördermassnahmen nicht bereit eff1-Motoren einzusetzen. Grundsätzlich wäre der Lieferant interessiert, für den Benutzer die Steuereinsparungen zu realisieren. Daraus ergibt sich die Forderung an das BFE in der Schweiz, dass ein entsprechendes System mit möglichst einfacher Anwendbarkeit realisiert wird.

9. INTERESSE DER INDUSTRIE UND ANWENDER FÜR DIE VERWENDUNG VON EFF1/EFF2-MOTOREN

9.1. Motorenhersteller und -Lieferanten

Schweizer Motorenvertreiber haben ein Interesse zur Förderung der eff1/eff2-Klassen. Motoren der eff3-Klasse sind im Angebot der Mehrheit der Motorenvertreiber bereits nicht mehr enthalten.

Unterschiede betreffend der eff-Klassen zeigen sich auch in der Lagerhaltung. Gewisse Vertreiber von Motoren in der Schweiz halten bereits Motoren der Klasse eff1 an Lager.

9.2. Sensibilisierung der Anwender, Benutzer und Anlagenhersteller

Bei den Kunden ist zu unterscheiden zwischen dem Einkäufer von Motoren und dem Verkäufer einer Anlage. Beim Einkäufer von Motoren spielt oftmals der Preis eine dominante Rolle [3], hingegen hat der Verkäufer von Anlagen nicht nur die Investitionskosten, sondern auch den Energiebedarf beim Betrieb als Argument der Verkaufsförderung zur Verfügung.

Zu beachten ist aber, dass in der Schweiz vor allem Kunden existieren, die als OEM Motoren in Ihre Anlagen einbauen, die schlussendlich ins Ausland verkauft werden.

Über die ISO 14000-Norm ist eine weitere Sensibilisierung betreffend den Einkauf von Motoren zu erreichen. Somit sind insbesondere Auditoren der ISO 14000 über die eff-Standards zu informieren.

9.3. Energieversorgungsunternehmen

Das Interesse die Energiewirtschaft bezüglich Bestrebungen zur Wirkungsgradverbesserung von Motoren ist noch zu eruieren. In den frühen 90-er-Jahren sind Demand-Side-Management Aktivitäten mit dem Aspekt der rationellen Energieverwendung sehr positiv beurteilt worden. Allerdings steht bei der Energiewirtschaft vor allem die Versorgungssicherheit im Vordergrund. Einzelne Elektrizitätswerke, wie z.B. das ewz, äufnen einen Stromsparfond, aus dem Projekte zur Finanzierung effizienter Nutzungen bezahlt werden.

Marketingaktivitäten für den Einsatz effizienter Motoren für eine rationelle Energieanwendung wären aus Imagegründen auch von der Energieversorgungsbranche zu erwarten.

10. DATENERHEBUNG FÜR DIE ZIELVEREINBARUNG

10.1. Datenerfassung und Publikation durch die Mitglieder der SAP Sektion 37

In der Sektion 37 des SAP, deren Mitglieder schätzungsweise 65% des Schweizer Marktes abdecken, ist beurteilt worden,

- welche Daten für die Initialisierung und jährliche Überprüfung einer freiwilligen Vereinbarung erfassbar sind,
- inwieweit der Aufwand für die Erfassung von den Unternehmen getragen werden kann oder eine vollständige oder teilweise Fremdfinanzierung erforderlich ist,
- welchen allfälligen Einschränkungen betreffend Publikationsmöglichkeiten der Daten bestehen,
- Welche Hersteller nach dem Standard eff-1-3 herstellen und nach welchen Messmethoden gemessen wird.

10.2. Datenerfassung und vorhandene Datengrundlagen bei der Sektion 37 des SAP

Die Sektion 37 der SAP hat eine Abschätzung der Verkaufszahlen, wie viele Motoren pro Kategorie mit eff1-Charakteristik in der Schweiz verkauft werden, durchgeführt. Das Ziel dieser ersten Umfrage war die Erfassung der Verkaufszahlen und die Güte des vorhandenen Datenmaterials.

Die erfassten Daten zeigen, dass die aus der SAP Umfrage gewonnenen Daten für die Festlegung eines Startpunktes einer freiwilligen Vereinbarung ausreichend ist.

10.3. Ergebnis der Datenerfassung des Jahres 2003

Die Analyse der Umsatzzahlen der von den SAP Mitgliedern im Jahr 2003 verkauften Motoren hat ergeben, dass von der Gesamtanzahl verkaufter eff1-, eff2- und eff3-Motoren 8% eff1-Motoren sind. Von den gesamthaft verkauften ca. 37'500 Motoren der eff-Klassen betrug der Umsatz in der Klasse eff1 somit ca. 3'000 Motoren. Die Mitglieder der SAP führen auf, dass im Jahre 2003 keine eff3-Motoren verkauft worden sind.

11. ZIELVEREINBARUNG

11.1. Grundlagen

Das BFE ist interessiert auf konkrete Zielvorstellungen der Branche zur Steigerung der Energieeffizienz bei Motoren einzugehen. Aus den Arbeiten der WG eff soll ein gesamtwirtschaftlicher Nutzen resultieren. Daher sind Zielsetzungen, z.B. mit welchen Massnahmen wie viele %-Anteile Strom gespart werden kann, zu formulieren.

Die WG-eff hat aufgrund der durchgeführten Analysen und Grundlagenarbeiten beschlossen, die gleiche Zielrichtung anzustreben, wie diese in der freiwilligen Vereinbarung der CEMEP definiert ist.

Ein Ziel der WG-eff ist die jährlich realisierten Einsparungen in GWh aufzuzeigen. Die Publikation von Prozentzahlen-Verschiebungen bei den Verkäufen kann nicht die alleinige Zielsetzung sein. Prozentuale Aussagen können von den Herstellern und Lieferanten auch marketingmässig nicht optimal publiziert werden.

Die Motorenhersteller können lediglich Einsparungen in Δ -Watt angeben. Diese Einsparungen sind dann über eine Benutzungsdauer in eingesparte kWh umzurechnen.

11.2. Konkretisierung einer Zielvereinbarung

Betreffend der Zielvereinbarung wird von der WG eff der folgende Inhalt als Ziel festgehalten:

- Die Anwendung der eff-1-Motoren ist zu propagieren, d.h. der Anteil der eff-1-Motoren ist gegenüber den eff-2-Motoren kontinuierlich über die Jahre weg zu erhöhen.
- Motoren mit dem Wirkungsgrad eff-3 sollen in der Schweiz nicht mehr verkauft werden können bzw. sind zu verbannen.

Des weiteren sollte beachtet werden, dass

- allenfalls eine Erweiterung der Zielvereinbarung auf ein Importverbot von eff-3-Motoren
- die Integration von EEx-Motoren in die Vereinbarung

möglich sein sollte.

11.3. Beschlüsse betreffend die Ausarbeitung einer Zielvereinbarung

Die folgenden Beschlüsse sind innerhalb der WG-eff im Hinblick auf die definitive Ausgestaltung der Zielvereinbarung gefasst worden:

- Der Prozessablauf ist für die Definition der Zielvereinbarung und die Umsetzung von Bedeutung. Deshalb soll im Anhang zur Zielvereinbarung der Prozess mit einer Graphik und Text dokumentiert werden.
- In die Zielvereinbarung werden Motoren, die nach der IEC-Norm 60034 erstellt werden, aufgenommen. Nur die eff1, eff2-Motoren, die nach der IEC Norm 60034 gebaut werden,

unterliegen der Zielvereinbarung, Motoren der Wirkungsgradklasse eff3 sind - falls möglich - zu verbannen.

- Die für die Zielvereinbarung verwendeten Daten beruhen auf der Erfassung der Daten des Jahres 2003.
- Die für die Zielvereinbarung erfassten Daten sind historisch nachzuführen, damit neue Datenlieferanten in der Zielvereinbarung mit berücksichtigt werden können. Es sind Trends aufzuzeigen, der Marktanteil ist detailliert zu erfassen und die Anzahl der Vertreiber ist anzugeben.
- Vertreiber, welche die Zielvereinbarung unterzeichnen, haben eine Bestätigung der Richtigkeit der Angaben zum Wirkungsgrad in ihren Katalogdaten zu liefern.

11.4. Verifizierung der Zielerreichung und Ausweisung der möglichen Effizienzsteigerung

Neben der Erreichung der reinen Zielformulierung sind ebenfalls die eingesparten kWh auszuweisen. Das Datenmaterial, bzw. die Methodik für die Bestimmung der über die Zielvereinbarung geförderten Anwendung von energieeffizienten Motoren in eingesparten kWh ist in den folgenden Kapiteln definiert.

Der Gewinn aus der Verwendung von energieeffizienten Motoren ist über die technische Lebensdauer von Motoren zu ermitteln. Diese gibt die effektiv eingesparte Energie wieder.

11.5. Zielwerte der Zielvereinbarung

Der SAP setzt sich mit den Mitgliedern der Sektion 37 dafür ein, dass der durchschnittliche Anteil der eff1-Motoren im Vergleich zum Gesamtvolumen von eff1-, eff2- und eff3-Motoren, die vertrieben werden, bis Ende 2009 sukzessiv erhöht wird. Als Endziel wird ein Wert von 19% festgelegt.

Folgende durchschnittliche jährliche Anteile werden für die nächsten Jahre festgelegt:

Jahr	2003 *)	2005	2006	2007	2008	2009
Anteil eff1 an Gesamtvolumen eff1, eff2, eff3	8%	11%	13%	15%	17%	19%

Tabelle 4: Anzahl verkaufter Motoren der Klasse eff1 im Vergleich zu totalen Anzahl eff-Motoren

12. BESTIMMUNG DER PRO LEISTUNGSKLASSE VERTRIEBENEN MOTOREN EFF1 UND EFF2

12.1. Ausgangslage

Mit der Zielvereinbarung verpflichteten sich verschiedene Hersteller und Vertreiber von Motoren die Anwendung von Motoren der eff1-Klasse schrittweise über mehrere Jahre hinweg zu fördern. Die Ermittlung der pro Leistungsklasse vertriebenen Motoren in den Kategorien eff1 und eff2 bildet die Grundlage für die Berechnung der Effizienzsteigerung.

12.2. Datenbasis für die Evaluation

Für die Evaluation der jährlichen Effizienzsteigerung stehen die folgenden Daten zur Verfügung.

- Anzahl der vertriebenen eff1-Motoren
- Anzahl der vertriebenen Motoren mit den Baugrößen 80 - 400, was dem Leistungsbereich von 0.75 - 630 kW entspricht

12.3. Aufteilung der pro Baugrössengruppe erfassten Motoren auf die eff-Klassen

Die Vereinbarung der CEMEP, mit der die Klassen eff1, eff2 und eff3 definiert werden, umfasst die Motoren der Leistungsklassen von 1.1 kW - 90 kW mit einer Polzahl 2 bzw. 4.

In der Baugrössengruppe (BG) 80 und 90 sind Motoren von 0.75 kW - 2.2 kW Nennleistung enthalten. Von der Gesamtzahl der Motoren dieser Baugrössengruppe werden **70%** den Leistungsklassen 1.1 – 2.2 kW zugeteilt.

Die Motoren der Baugrössengruppen 100-250 mit einer Nennleistung von 2.2 kW – 55 kW sind alle in den eff-Leistungsklassen enthalten.

In den Baugrössengruppen 280-400 sind Motoren mit 75 kW - 710 kW Nennleistung enthalten. Von der Gesamtzahl der Motoren dieser Baugrößen werden **35%** den Leistungsklassen 75 kW - 90 kW zugeteilt.

12.4. Aufteilung der pro Baugruppe erfassten Motoren in 2- und 4-polige Motoren

Aufgrund der Wirkungsgradunterschiede zwischen den 2- und 4-poligen Motoren erfolgt die Aufteilung auf die beiden Polzahlen.

Von der Gesamtanzahl der pro Leistungsklasse verkauften Motoren sind schätzungsweise **80%** 2- oder 4-polige Motoren. Davon werden **33%** den 2-poligen und **67%** den 4-poligen Motoren zugewiesen.

12.5. Aufteilung der Motoren der Klasse eff1

Die Anzahl verkaufter Motoren der Klasse eff1 bezogen auf die Gesamtanzahl der verkauften Motoren eff1 in den einzelnen Baugrössengruppen beträgt:

Baugrössengruppen	Leistungsklassen	Prozentualer Anteil eff1-motoren
80-90	1.1 – 2.2	29.3%
100-112	2.2 – 4.0	27.0%
132	5.5 – 7.5	15.0%
160-250	11 - 55	25.2%
280-400	75 -90	3.5%

Tabelle 5: Aufteilung der Gesamtanzahl vertriebener eff1-Motoren zu den Baugrössengruppen

12.6. Aufteilung der Motoren zu den einzelnen Leistungsklassen pro Baugrösse

Die pro Baugrössengruppe verkauften Motoren werden nach dem folgenden Schlüssel auf die Leistungsklassen innerhalb der Baugrössengruppen aufgeteilt:

Baugrössengruppen	Leistungsklassen	Prozentualer Anteil eff1-motoren
80-90	1.1	40%
	1.5	30%
	2.2	30%
100-112	2.2	40%
	3.0	30%
	4.0	30%
132	5.5	50%
	7.5	50%
160-250	11	28%
	15	22%
	18.5	15%
	22	15%
	30	5%
	37	5%
	45	5%
	55	5%
280-400	75	60%
	90	40%

Tabelle 6: Aufteilung der Anzahl eff1-Motoren zu den einzelnen Leistungsklassen pro Baugrössengruppe

13. BESTIMMUNG DER JÄHRLICHEN ENERGIEEFFIZIENZSTEIGERUNG

Mit der Zielerreichung verbunden ist der quantifizierbare Nachweis der Effizienzsteigerung von Antriebsanwendungen mittels der nachfolgend festgelegten Evaluationsmethode.

13.1. Wirkungsgrade

Den Leistungsklassen werden die tiefsten Wirkungsgrade gemäss tabellarischer Auflistung im Anhang 3 und 4 der Zielvereinbarung für die Bestimmung der Effizienzsteigerung zugrunde gelegt.

13.2. Bestimmung der Effizienzsteigerung

Für die näherungsweise Bestimmung der Effizienzsteigerung des vermehrten Einsatzes von Motoren der Leistungsklasse eff1 wird der folgende Ansatz verwendet:

Benutzungsdauer: **360** Tage pro Jahr x **8** Stunden pro Tag x **65%** Auslastung pro Motor

Die Gesamtanzahl der Motoren pro Leistungsklasse und Polzahl multipliziert mit dem Wirkungsgrad der eff2-Klasse multipliziert mit der Benutzungsdauer führt zum hypothetischen Gesamtenergieverbrauch unter der Annahme, dass keine Motoren der eff1-Klasse eingesetzt werden.

Mit der pro Leistungsklasse bekannten Wirkungsgraddifferenz zwischen den Motoren der Klasse eff1 und eff2 multipliziert mit der Anzahl verkaufter Motoren der Klasse eff1 multipliziert mit der Benutzungsdauer wird die Reduktion der Energiebedarfs durch Einsatz von Motoren der eff1-Klasse in GWh pro Jahr ermittelt.

Aus dem Quotient der Summe der pro Leistungsklasse erzielbaren Energiereduktionen und der Summe des pro Leistungsklasse hypothetischen Energiebedarfs bestimmt sich die prozentuale Effizienzsteigerung beim Einsatz von Motoren der Klasse eff1.

13.3. Übersicht zur Ermittlung der Effizienzsteigerung

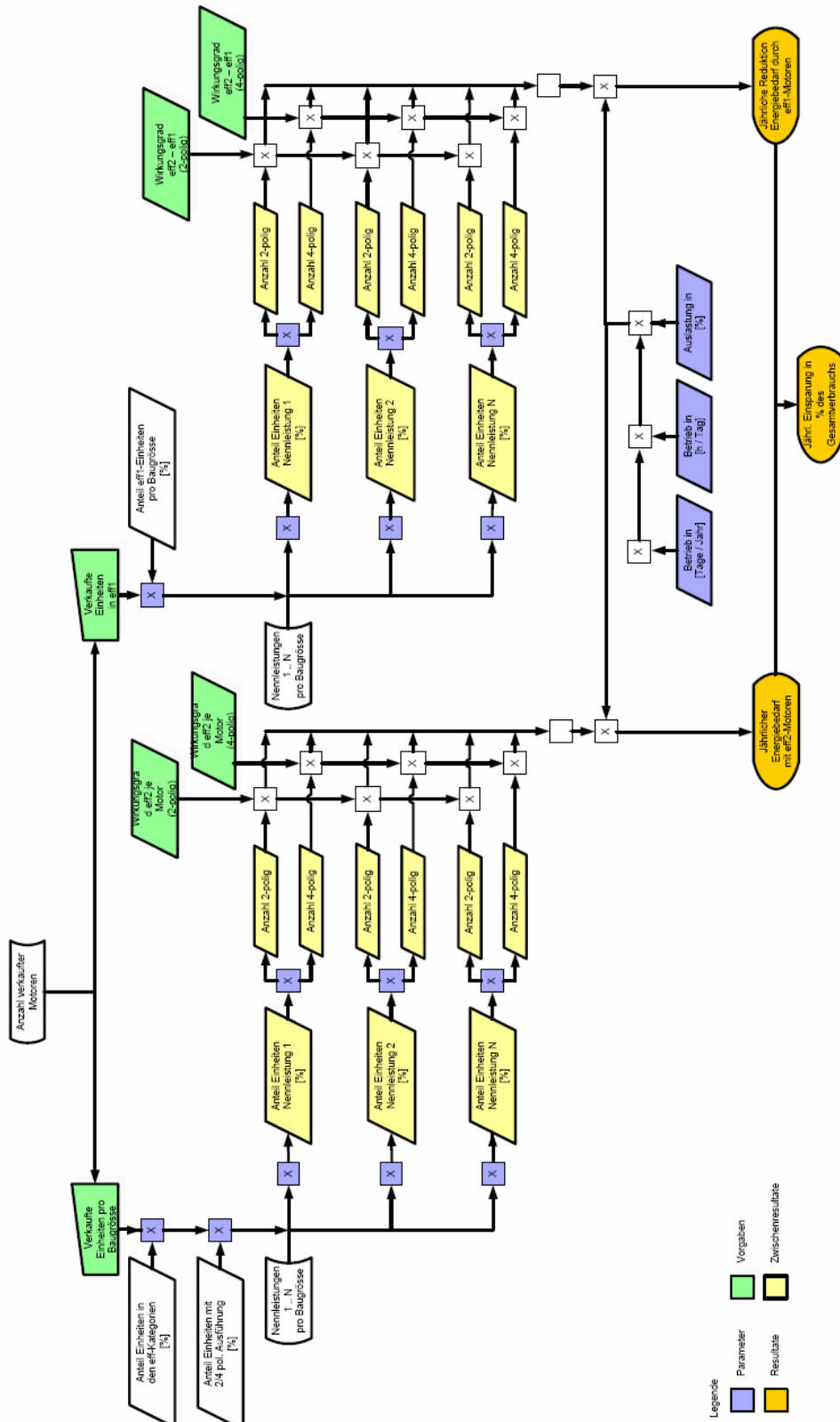


Abbildung 3: Übersicht zur Bestimmung der erreichten Effizienzsteigerungen

13.4. Mit der Zielvereinbarung angestrebte Effizienzsteigerung

Die nachfolgend Tabelle zeigt das mit der Zielvereinbarung angestrebte Potenzial der Effizienzsteigerung während der Dauer der Zielvereinbarung und während der technischen Lebensdauer von 10 Jahren in GWh und CHF.

Unter der Annahme einer gleich bleibenden jährlichen Anzahl von verkauften Motoren der eff-Klassen und der Substitution von eff2- durch eff1-Motoren bedingt durch die Einhaltung der Zielvereinbarung resultiert eine Zunahme der jährlichen Energieeinsparungen von 1.62 GWh bis auf 3.74 im Jahr 2009. Die Summe der Einsparungen durch die Verschiebung von eff2 zu eff1 Motoren ergibt Ende 2009 eine Einsparung von 42.66 GWh entsprechend einer Kostenreduktion von CHF 4.27 Mio. bei einem Preis von CHF 0.1/kWh.

Über eine technische Lebensdauer von 10 Jahren gerechnet, folgt eine Energieeinsparung von ca. 164 GWh entsprechend einer Kostenreduktion von CHF 16.4 Mio.

Auswertung des Energiesparpotentials der Zielvereinbarung in den Jahren 2005 - 2019																Total	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
eff1-Motoren in %	8%	11%	13%	15%	17%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	
eff1-Motoren pro Jahr	3'000	4'125	4'875	5'625	6'375	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	7'125	
Total Motoren pro Jahr	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	37'500	
Auswertung der durch den gesteigerten Einsatz von eff1 anstelle von eff2- Motoren erzielten jährlichen Einsparungen in GWh																	
2004	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62							16.20
2005		1.08	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	1.08					21.60
2006			1.28	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	1.28				25.60
2007				1.48	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	1.48			29.50
2008					1.67	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	1.67		33.40
2009						1.87	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	1.87	37.40
Total Einsparungen in GWh																	163.7
mittlere Preis in CHF/kWh																	0.10
Kostenreduktion in Mio. CHF während 2004 - 2019																	16.37
Kostenreduktion in Mio. CHF während der Laufdauer der Zielvereinbarung																	4.27

Tabelle 7: Aufteilung der Anzahl eff1-Motoren zu den einzelnen Leistungsklassen pro Baugrössengruppe

14. BANNUNG VON EFF3-MOTOREN

14.1. Ausgangslage

In einem weiteren Schritt ist hinsichtlich einer erweiterten Zielvereinbarung zu klären, ob eine Bannung von eff-3-Motoren sinnvoll und möglich ist. Das Ziel besteht darin, dass Motoren der Wirkungsklasse eff-3 in der Schweiz nicht mehr vertrieben werden können.

Für die Umsetzung von Zulassungsvorschriften zur Bannung von eff3-Motoren ist die Kenntnis der umgesetzten eff3-Motoren erforderlich. Von Seiten des BFE ist für die Relevanz der Zulassungsvorschrift die Kenntnis der umgesetzten GWh notwendig.

14.2. Grobanalyse des Umsatzpotenzials von eff3-Motoren

Die Ergebnisse einer telefonischen Umfrage bei nicht im SAP vertretenen Motorenherstellern betreffend den Verkauf von eff3-Motoren lässt den Schluss zu, dass nur wenige Vertrieber von Motoren in der Schweiz eff3-Motoren in ihrem Angebot aufweisen und dass die Umsatzzahlen im Vergleich zu eff2-Motoren klein sind.

14.3. Weiteres Vorgehen

Aufgrund der einzelnen Firmen, die noch eff3-Motoren vertreiben, sollte eine Verbannung von eff3-Motoren keine wirtschaftliche Existenzfrage sein sollte. Eine Verbannung ist in der Schweiz nur bedingt möglich. Die diesbezüglichen weiteren Aktivitäten sind in der WG eff wie folgt festgelegt worden:

- Innerhalb des SAP hat eine Meinungsbildung zur Bannung von eff3-Motoren zu erfolgen.
- Sollte die Meinungsbildung für eine Bannung der eff3-Motoren sprechen, sind die Verkaufszahlen betreffend die eff3-Motoren detailliert zu evaluieren.
- Sollte die Bannung von eff3-Motoren nach Vorliegen der Verkaufszahlen angestrebt werden, hat die Branche dafür zu sorgen, dass ein grundsätzliches Einverständnis vorhanden ist.
- Neben dem Aufzeigen des Potentials von Energieeinsparungen durch Bannung von eff3-Motoren soll durch das BFE eine politische Botschaft zu einem solchen Schritt definiert werden.

15. MÖGLICHE AKTIVITÄTEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ BEI ANTRIEBEN

15.1. Freiwillige und/oder regulatorische Massnahmen

Aus den bisherigen Aktivitäten der WG eff resultieren die nachfolgenden beschriebenen Umsetzungsaktivitäten. Die Unterscheidung erfolgt in die zwei Kategorien: freiwillige und regulatorische Massnahmen.

Mögliche Massnahmen zur Förderung der eff1-/eff2-Motoren und generellen Effizienzsteigerungen	freiwillig	regulatorisch
Das Marketing für den Einsatz von eff1-/eff2-Motoren ist zu verstärken	X	
Von den Vertreibern ist die Bannung von eff3-Motoren zu bewirken.	X	
Für den Einsatz von Wirkungsgrad optimierten Motoren ist eine Gesetzesgrundlage zu schaffen, z.B.: Bannung von eff3-Motoren		X
In die Ausschreibung der Anwender von Motoren sind die Lebenszykluskosten zu integrieren. Die Verluste werden damit automatisch in den Beschaffungskosten mit berücksichtigt.	X	
Es sind Hilfsmittel, wie z.B. einfache Softwaretools, für eine zusätzliche Sensibilisierung der Kunden zu erstellen.	X	
Die Ausweitung der rationellen Nutzung auf die Antriebssysteme ist zu fördern. Die alleinige Wirkungsgradoptimierung des Motors wirkt nicht, wenn auf der mechanischen Seite ein schlechter Wirkungsgrad vorhanden ist. Pro Getriebestufe ist z.B. bei Stirnradgetrieben mit einem Verlust von 5 – 7 %, bei Scheckengetrieben mit einem Verlust von 30-40% zu rechnen.	X	
Die öffentliche Hand hat zu bewirken, dass in Abwasserreinigungsanlagen, Kehrrechtverwertungsanlagen, Betriebsgebäuden und Kraftwerken nur Motoren der Klasse eff1 eingesetzt werden.	X	X
Von der Industrie werden Signale gefordert, wie die Kostendifferenz von ca. 15 % zwischen eff1- und eff2-Motoren zu finanzieren ist, z.B. eine Subventionierung der eff1-Motoren über steuerliche Erleichterungen.		X
Anlagenhersteller, die als OEM eff-Motoren einbauen, sollten belohnt werden. Eine Lenkungsabgabe wäre somit sinnvoll, wobei die regulatorischen Grundlagen im Detail festzulegen sind. Die Verwendung von eff3-Motoren könnten z.B. mit Abgaben belegt werden, womit die Verwendung von eff1-Motoren entschädigt werden könnten.	X	X

Tabelle 8: Freiwillige oder regulatorische Massnahmen

Welche Massnahmen freiwillig durchgeführt werden, bzw. durch den Gesetzgeber festzulegen sind, ist im einzelnen zu definieren.

15.2. Direkte Umsetzungsaktivitäten

Die folgenden Umsetzungsaktivitäten sind zu initialisieren:

- Im Rahmen der Programme von EnergieSchweiz soll die Förderung des Einsatzes von eff1-Motoren über die Energieagentur der Wirtschaft, EnergieSchweiz für Gemeinden und energho vorangetrieben werden. Sinnvollerweise ist darauf hin zu wirken, dass in den Bundes eigenen Gebäuden/Betrieben oder in Autobahn-/Kantonsstrassentunnels eff1-Motoren eingesetzt werden. Das BFE könnte z.B. definieren, dass alle installierten Motoren in öffentlichen Gebäuden in Zukunft mindestens den Standard eff-2 aufweisen müssen und die Anwendung von eff-3-Motoren nicht zulässig ist.
- Weitere Massnahmen zur Förderung des eff1-Motors könnten sein, dass der SAP innerhalb von seinen Mitgliedern ein internes Ranking über verkaufte Motoren durchführt oder dass firmenspezifisch ein entsprechendes Marketing bei den Kunden durchgeführt wird.
- Ein weiteres Mittel für die Förderung von effizienten Motoren ist das Projekt „Einbezug der Lebenszykluskosten bei der Beschaffung von Motoren“, das vom BFE, der ABB und der Lonza AG unterstützt wird. Das Projekt hat zum Ziel hat, bei der Evaluation von Motoren nicht nur die Investitionskosten, sondern auch die gesamten Lebenszykluskosten zu berücksichtigen, was zu einer Förderung des eff1-Motors beitragen dürfte.

16. DIVERSES

16.1. Messung des Wirkungsgrades – Festlegung der Norm

Es werden heute weltweit zwei Messverfahren angewendet: Das Verfahren nach IEC 34-2 in den europäischen Ländern und das Verfahren nach Vorgaben der USA.

Die EU und die USA sollten möglichst einen Schulterchluss machen, damit nicht zwei Normen vorhanden sind. Die WG-eff nimmt diesbezüglich Einsitz in die TK 2G des SEV/IEC.

16.2. Literatur

- [1] News Update
Europe's motor buyers adopt Eff2 but spur Eff1
Drives and Controls, October 2002, page 6
- [2] Kommission der europäischen Gemeinschaften
Richtlinie der EU zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates
KOM(2003) 453 endgültig, 01.08.2003 0172 (COD), Brüssel
- [3] Frost&Sullivan
European Integral Horsepower Motor Markets, B014-17
2003

16.3. Liste der Anhänge

- Zielvereinbarung
- Wirkungsgradklassen für 2-polige und 4-polige Motoren
- eff-Logos



Forschungsprogramm "Elektrizität"



VEREINBARUNG

zwischen

Bundesamt für Energie (BFE)
Postfach
3003 Bern

und

Schweizer Automatik Pool (SAP)
vertreten durch Sektion 37
Postfach
8022 Zürich

Effizienzsteigerung im Motorenbereich durch Förderung des eff1-Motors

Präambel

Mit dem Programm *EnergieSchweiz* hat sich der Bund zum Ziel gesetzt, den Schweizerischen Stromverbrauch von 2000 bis 2010 um nicht mehr als 5% ansteigen zu lassen. Die Erfüllung dieses Ziels erfordert gemeinsame Anstrengungen aller Beteiligten.

Das Bundesamt für Energie (BFE) und der Schweizer Automatik Pool (SAP) sind sich einig, dass elektrische Antriebssysteme / Motoren einen signifikanten Anteil des Stromverbrauchs in der Schweiz ausmachen. Ein beträchtlicher Anteil dieses Stromverbrauchs könnte vermieden werden, wenn die Antriebssysteme und Motoren auch aus Sicht des Energieverbrauchs ausgelegt würden. Es herrscht dabei zwischen dem BFE und dem SAP Einigkeit, dass die Umsetzung dieses Einsparpotentials nur erreicht werden kann, wenn alle Aspekte eines Antriebssystems (wie Motor, Getriebe, Steuerung, etc.) berücksichtigt und optimiert werden.

Der Motor selber und dessen Effizienz ist einer dieser Aspekte, der einen Beitrag zur Effizienzsteigerung im Antriebsbereich leisten kann. Aus diesem Grund haben das BFE und der SAP beschlossen, auf der Basis der etablierten und eingeführten CEMEP-Klassifizierung (CEMEP: European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) die energetisch effiziente Klasse eff1 zu fördern und die energetisch schlechte Klasse eff3 sukzessive zu eliminieren.

Mit der vorliegenden Vereinbarung soll ein substantieller Beitrag zum oberwähnten Ziel von *EnergieSchweiz* des Bundes geleistet werden.

Artikel 1. Geltungsbereich

Diese Vereinbarung gilt für serienmässig hergestellte Motoren, die von den Mitgliedern des SAP (Sektion 37) hergestellt und/oder verkauft werden und die über die folgenden, spezifischen Eigenschaften verfügen:

- a. luftgekühlte (IP54 oder IP55) A.C. Induktionsmotoren im Bereich von 1.1 bis 90 kW Leistung gemäss den Normen EN 60034-1 und EN 50347
- b. 2- oder 4 polig
- c. Anschlusswerte 380/400 V, 50 Hz, dreiphasig
- d. Betriebsart S1

Erweiterungen zum Geltungsbereich¹ sind grundsätzlich möglich. Diese sind aber schriftlich in einem spezifischen Addendum gemeinsam zu vereinbaren.

Artikel 2. Effizienzklassen

Die CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) hat als Basis für ihre damalige freiwillige Vereinbarung mit der Europäischen Kommission die Motoren in die drei Effizienz-Klassen eff1, eff2 und eff3 eingeteilt. Diese Einteilung wird auch der vorliegenden Vereinbarung zugrunde gelegt.

Die genaue Einteilung der Effizienzklassen, die diesbezüglich gültigen Logos sowie die einzuhaltenden Mindestwerte bezüglich Effizienz pro Klasse sind aus den entsprechenden Anhängen ersichtlich.

Artikel 3. Zielwerte und Fristen

Der SAP setzt sich mit den Mitgliedern der Sektion 37 dafür ein, dass der durchschnittliche Anteil der eff1-Motoren im Vergleich zum Gesamtvolumen von eff1-, eff2- und eff3-Motoren, die vertrieben werden, bis Ende 2009 sukzessiv erhöht wird. Als Endziel wird ein Wert von 19% festgelegt.

Folgende durchschnittliche jährliche Anteile werden für die nächsten Jahre festgelegt:

Jahr	2003 *)	2005	2006	2007	2008	2009
Anteil eff1 an Gesamtvolumen eff1, eff2, eff3	8%	11%	13%	15%	17%	19%

*) Basisjahr mit Werten gemäss Anhang 3

Die festgelegten Zielwerte und das Endziel gelten auch als erreicht, falls der jeweils erreichte Wert maximal 1.0 % Punkte tiefer als der Zielwert ist.

Die Vertragspartner sind sich bewusst, dass SAP gemäss den Statuten keinerlei regulatorische Massnahmen durchsetzen kann.

¹ Ex-Motoren, Betriebsart S2, etc.

Artikel 4. **Energietechnische Konformitätsprüfung**

Das Prüfverfahren für die Elektromotoren orientiert sich an der Norm EN 60034-2 und den Anhängen A1:1996 und A2:1996. Die Toleranzen orientieren sich an der Norm EN 60034-1 und dem Anhang A1:1997.

Hersteller, die gemäss diesem Prüfverfahren für die zu deklarierenden Motoren auf europäischer Ebene ein entsprechendes eff-Logo nutzen, müssen den Motor nicht mehr ausmessen, sondern können sich bei der Deklaration auf dieses Logo beziehen.

Artikel 5. **Datenmeldung / Motorendecklarationen**

Der SAP sorgt dafür, dass seine Mitglieder der Sektion 37 jeweils bis zum 31. März für das vorhergehende Kalenderjahr zu den durch sie vertriebenen Motoren folgende Angaben machen:

- a) Anzahl der vertriebenen eff1-Motoren (Anhang 1, Tabelle 2.6);
- b) Nachweis, dass die deklarierten eff1-Motoren effektiv der deklarierten Effizienzklasse angehören²;
- c) Anzahl der vertriebenen Motoren mit den Baugrössen 80 – 400, (alle Polzahlen) was dem Leistungsbereich von 0.75 – 630 kW entspricht (Anhang 1, Tabelle 2.4 und 2.5);
- d) Erläuterung und nachvollziehbare Deklaration, die zu den angegebenen Mengen geführt hat. Diese Erläuterung ist während der Dauer der Vereinbarung unverändert zu lassen. Andernfalls ist bei der Datenmeldung speziell darauf hinzuweisen und das Bundesamt muss gleichermassen darüber informiert werden (siehe Anhang 1).

Ebenfalls sorgt der SAP dafür, dass seine Mitglieder der Sektion 37 folgende Bestätigungen abgeben:

- e) Bestätigung, dass sie das eff-Logo nutzen, weil ihre deklarierten Motoren nachweislich über die geforderten Werte der Wirkungsgrade gemäss eff-Definition verfügen;
- f) Bestätigung, dass in ihren Katalogen die angegebenen Werte verlässlich gemäss IEC-Toleranzen angegeben sind.

² Dieser Nachweis kann bei der Nutzung des eff-Logos durch entsprechende Deklaration erfolgen. Andernfalls ist der Nachweis mit Prüfprotokollen durchzuführen.

Artikel 6. **Auswertung und Berichterstattung**

Die Sektion 37 lässt durch einen unabhängigen Dritten eine jährliche Auswertung und Berichterstattung über die Entwicklung des eff1-Motoren-Anteils am Gesamtvolumen erstellen. Das BFE leistet daran einen Beitrag. Die Modalitäten werden separat geregelt.

Falls eine Unternehmung die Daten nicht fristgerecht liefert, wird sie unmittelbar nach dem Datum durch die unabhängige Drittfirma im Auftrag der Sektion 37 schriftlich auf ihr Versäumnis aufmerksam gemacht. Falls nach 2 Wochen die Daten immer noch nicht geliefert werden, darf die betreffende Unternehmung als Unternehmung, die keine Daten abgeliefert hat, publiziert werden.

Die jährliche Auswertung und Berichterstattung steht spätestens jeweils am 30. April dem Bundesamt für Energie zur Verfügung.

Das Bundesamt kann jederzeit Einsicht in die anonymisierten Daten und die Auswertung nehmen oder im gegenseitigen Einvernehmen mit SAP einen Dritten damit beauftragen.

Das Bundesamt für Energie veröffentlicht jährlich im Rahmen der Berichterstattung über EnergieSchweiz die Entwicklung des eff1-Anteils und schätzt die sich daraus ergebenden, mutmasslichen Energieeinsparungen. Das genaue Auswerteverfahren zur Bestimmung des eff1-Anteils sowie zur Ermittlung der Effizienzsteigerung ist in den Anhängen 1 und 2 beschrieben. Die Publikationen des Bundesamtes für Energie umfassen damit einerseits absolute Zahlen bez. den vertriebenen eff1-Motoren und andererseits die prozentualen Veränderungen zum Vorjahr zur Überprüfung der Vereinbarungsziele. Daraus wird nach dem Verfahren gemäss Anhang 2 die mutmassliche Energieeinsparung bestimmt.

Ebenfalls werden die Namen der bezüglich der Vereinbarung Daten liefernden Unternehmungen publiziert.

Die vorliegende Vereinbarung kann nach der Unterzeichnung von den Beteiligten veröffentlicht werden.

Artikel 7. **Überprüfung und Kündigung**

Die Einhaltung der Vereinbarung wird vom Bundesamt für Energie alle zwei Jahre überprüft. Ergibt die Überprüfung, dass die jährlichen Zwischenziele ab 2005 nicht erreicht werden, so kann diese Vereinbarung vom Bundesamt für Energie auf Jahresmitte gekündigt werden.

Auf das Ende jedes Kalenderjahres kann die Vereinbarung unter Einhaltung einer Frist von 3 Monaten von jeder Partei gekündigt werden.

Artikel 8. **Massnahmen und Absichten**

Das Bundesamt für Energie und der SAP unterstützten sich gegenseitig im Rahmen ihrer Möglichkeiten, um diese Vereinbarung zu erfüllen.

Das Bundesamt für Energie prüft als eine der Massnahmen die Einführung einer Zulassungsvorschrift für elektrische Normmotoren im Bereich 1.1 – 90 kW, welche nicht mindestens dem Wirkungsgrad der Klasse eff2 entsprechen.

Das Bundesamt für Energie unterstützt im Rahmen seiner Möglichkeiten Fördermassnahmen für Motoren der eff1-Klasse.

Das Bundesamt für Energie macht die von SAP im Internet publizierten Seiten über Verbräuche durch entsprechende Links zugänglich. Im Vordergrund stehen Links auf der Homepage von EnergieSchweiz.

Artikel 9. **Dauer der Vereinbarung**

Die vorliegende Vereinbarung tritt per 1. Januar 2005 in Kraft und dauert bis zum 30. April 2010.

Bern,

Schweizer Automatik Pool

Walter Stalder
Präsident

Peter Mazenauer
Präsident Sektion 37

Bern,.....

Bundesamt für Energie

Walter Steinmann
Direktor

Anhang 2

Wirkungsgradklassen für 2-polige Motoren

kW	eff3 - Motoren η_N	eff2 - Motoren η_N	eff1 - Motoren η_N
1,1	< 76,2	\geq 76,2	\geq 82,8
1,5	< 78,5	\geq 78,5	\geq 84,1
2,2	< 81,0	\geq 81,0	\geq 85,6
3	< 82,6	\geq 82,6	\geq 86,7
4	< 84,2	\geq 84,2	\geq 87,6
5,5	< 85,7	\geq 85,7	\geq 88,6
7,5	< 87,0	\geq 87,0	\geq 89,5
11	< 88,4	\geq 88,4	\geq 90,5
15	< 89,4	\geq 89,4	\geq 91,3
18,5	< 90,0	\geq 90,0	\geq 91,8
22	< 90,5	\geq 90,5	\geq 92,2
30	< 91,4	\geq 91,4	\geq 92,9
37	< 92,0	\geq 92,0	\geq 93,3
45	< 92,5	\geq 92,5	\geq 93,7
55	< 93,0	\geq 93,0	\geq 94,0
75	< 93,6	\geq 93,6	\geq 94,6
90	< 93,9	\geq 93,9	\geq 95,0

Wirkungsgradklassen für 4-pol-Motoren

kW	eff3 - Motoren η_N	eff2 - Motoren η_N	eff1 - Motoren η_N
1,1	< 76,2	\geq 76,2	\geq 83,8
1,5	< 78,5	\geq 78,5	\geq 85,0
2,2	< 81,0	\geq 81,0	\geq 86,4
3	< 82,6	\geq 82,6	\geq 87,4
4	< 84,2	\geq 84,2	\geq 88,3
5,5	< 85,7	\geq 85,7	\geq 89,2
7,5	< 87,0	\geq 87,0	\geq 90,1
11	< 88,4	\geq 88,4	\geq 91,0
15	< 89,4	\geq 89,4	\geq 91,8
18,5	< 90,0	\geq 90,0	\geq 92,2
22	< 90,5	\geq 90,5	\geq 92,6
30	< 91,4	\geq 91,4	\geq 93,2
37	< 92,0	\geq 92,0	\geq 93,6
45	< 92,5	\geq 92,5	\geq 93,9
55	< 93,0	\geq 93,0	\geq 94,2
75	< 93,6	\geq 93,6	\geq 94,7
90	< 93,9	\geq 93,9	\geq 95,0

Anhang 3

eff-Logos der CEMEP

