

## **Hocheffizienzpumpen für Heizung und Kühlung**

Die Bundesregierung hat den Entwurf einer Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energieeffiziente Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeffizienzverordnung – EnEV) beschlossen. Der Verordnungsentwurf sieht zum einen vor, die energetische Qualität von Neubauten um etwa 30 Prozent gegenüber dem heute erreichten Stand zu verbessern und zum anderen, die Energiesparpotenziale im Gebäudebestand stärker als bisher auszuschöpfen. Um die ehrgeizigen Ziele zu erreichen, müssen neue Technologien insbesondere dort Verwendung finden, wo Verbraucher mit hohem Energiebedarf oder hoher Stückzahl für einen technischen Prozess unabdingbar eingesetzt werden, wie zum Beispiel Umwälzpumpen in klimatechnischen Anlagen.

### **Volkswirtschaftliche Bedeutung von Umwälzpumpen**

Mehr als 30 Millionen Umwälzpumpen sind in dem bundesdeutschen Gebäudebestand allein in Heizungsanlagen im Einsatz. Obwohl sie häufig als Energieverbraucher nicht wahrgenommen werden, führt ihr millionenfacher Betrieb zu enormem Stromverbrauch. Ca. 3,5 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland geht auf das Konto von Umwälzpumpen. Somit liegt der Stromverbrauch für Umwälzpumpen in der Größenordnung der Deutschen Bundesbahn, einschließlich aller Straßen- und U-Bahnen. Dieser beträgt für das Jahr 1995 ca. 15,6 Mrd. kWh.

### **Vorteile von Pumpenantrieben in Nassläuferbauart**

Der größte Teil des installierten Pumpenbestandes ist mit einer so genannten Nassläuferkonstruktion versehen. Diese

Pumpen haben den Vorteil, dass sie wartungsfrei und nahezu geräuschlos sind. Das konstruktive Merkmal eines Nassläufers besteht darin, dass der Rotor - der das Laufrad antreibt - im Fördermedium sitzt. Die Abgrenzung des Fördermediums zum Strom führenden Stator übernimmt ein Spaltröhr aus nichtmagnetisierbarem Edelstahl. Daraus ergeben sich die Vorteile dieser Pumpenbauart wie Wartungsfreiheit und Laufruhe, die allerdings mit einem geringen Wirkungsgrad des Nassläufermotors zu "bezahlen" sind. Der wiederum hat direkten Einfluss auf den Primärenergieaufwand - und somit auch auf die Betriebskosten. Berücksichtigt man, dass neben der hohen Anzahl von Umwälzpumpen in einem Gebäude diese Aggregate auch eine sehr hohe Betriebsdauer aufweisen (Heizungspumpen bis ca. 6.000 Betriebsstunden p.a.), lässt sich sehr schnell ein riesiges Einsparpotenzial ableiten, welches hier schlummert – das mit der bisherigen Motortechnologie jedoch nicht zu realisieren war.

### **Hocheffizienzpumpe Wilo-Stratos**

Die Wilo GmbH hat daher die neue Pumpenbaureihe "Wilo-Stratos" entwickelt, mit dem Ziel, eben diesen Energiebedarf drastisch zu reduzieren. Durch eine neue Motorentechologie und eine neuartige Nassraumkapselung konnte der Energiebedarf im Vergleich zu Standardpumpen um bis zu 80 Prozent reduziert werden. Mit dieser revolutionären Technologie liefert Wilo die weltweit erste Nassläuferpumpe mit ECM-Technologie, für den Einsatz in Heizungs- und Kaltwasseranwendungen ( $T_{\text{Medium}} -10^{\circ}\text{C}$  bis  $+ 110^{\circ}\text{C}$ ). ECM steht für Electronic Commutated Motor bzw. elektronisch kommutierter Motor mit Dauermagnet-Rotor. Auf Grund des weiten Einsatzbereiches dieses Produkts und damit möglichen weiten Verbreitung, trägt diese Innovation wesentlich zur Erreichung der energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen gemäß EnEV bei.

## Die Entwicklung von Pumpenantrieben

Unter vorbeschriebenen Bedingungen lag der Focus bei der Entwicklung einer neuen Generation energiesparender Pumpenantriebe zunächst auf dem Bereich der Leistungsaufnahme (P1) bis 1000 Watt.

In dem betreffenden Leistungsbereich werden heute immer noch Pumpensysteme mit Asynchronmaschinen in Spaltrohrtechnik, so genannte Nassläufer, verwendet. Diese weisen, wie bereits erwähnt, wegen ihres großen Luftspaltes zwischen Stator und Rotor einen geringen Wirkungsgrad bei gleichzeitiger Wartungsfreiheit und niedrigem Geräuschpegel auf. Asynchronmotoren mit Gleitringdichtung, die Trockenläufer, haben durch ihren kleineren Luftspalt zwar einen besseren Wirkungsgrad, finden jedoch wegen der fehlenden Wartungsfreiheit und des deutlich schlechteren Geräuschniveaus keine Akzeptanz in Wohngebäuden.

**Bild 1: Hocheffizienzpumpe Wilo-Stratos**



P<sub>2</sub> = 100 W bis P<sub>2</sub> = 500 W erreichen Wirkungsgrade von 45 Prozent bis 65 Prozent. Pumpen mit diesen Antrieben sind in großer Stückzahl im Einsatz. Durch Neubauten und Sanierungsmaßnahmen in Heizungsanlagen werden in Europa heute pro Jahr ca. 10 Millionen Pumpen installiert. Davon finden mehr als 70 Prozent in Austausch und Sanierung Verwendung.

### Entwicklungsstufen

Nachfolgende Tabelle zeigt die Technologiestufen bei der Entwicklung von Pumpenantrieben. Auch in den zurückliegenden Jahren gehörte es zu den zentralen Aufgaben, den Wirkungsgrad von Motor und Hydraulik unter Beachtung der Herstellkosten zu verbessern. Mit der Einführung der elektronisch drehzahlgeregelten Motoren an Pumpen konnten hinsichtlich ihres niedrigeren Energieverbrauches bereits deutliche Erfolge erzielt werden. Eine weitere Wirkungsgradsteigerung mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand lässt sich bei diesen Motoren auf Grund der Spaltrohrmotor-Technologie nicht mehr erreichen. Daher mussten speziell auf der Motorseite neue Antriebskonzepte entwickelt werden, die auch abgestimmte Neuentwicklungen bei dem hydraulischen Teil des betreffenden Pumpensystems erforderten.

**Tabelle 1: Entwicklungstendenzen bei Pumpenantrieben**

Drehzahlkonstante Antriebe	<1970
Drehzahlumschaltbare Antriebe	1970-1980
Elektronisch stufenlos geregelte Antriebe	1980-1990
Kommunikationsfähige Antriebe mit Diagnose-System	1990-2000
Neue energiesparende Antriebe	>2000

## **Motortechnologien**

Zur Auswahl und Eingrenzung von Antrieben, die für energiesparende Pumpen in Frage kommen, wurden unterschiedliche Motorenkonzepte untersucht. Im Vordergrund der Bewertung standen Wirkungsgrad, Prozessfähigkeit, Kundenakzeptanz und Kosten. Die Ergebnisse weisen eindeutig einen Vorteil für die Entwicklung von EC-Motoren mit Dauermagnet-Rotoren als zukünftige Pumpenantriebe auf, da diese einen deutlich höheren Wirkungsgrad als die bisher verwendeten Asynchronmotoren besitzen. EC-Motoren, auch „Brushless-Motoren“ genannt, kommen bereits in Trockenläuferbauweise z. B. bei Lüftern oder als Geräteeinbaumotoren zum Einsatz. Langjährige Felderfahrungen mit Leistungen im Bereich von 50W-1000W in größeren Serien gibt es bei diesen Motoren noch nicht; die großen Stückzahlen beschränken sich auf Leistungen deutlich unter 50 Watt und Drehzahlen größer 10.000 U/min. Anwendungen von EC-Motoren in Spaltrohrtechnik bei serienmäßigen Pumpenantrieben waren zuvor nicht bekannt.

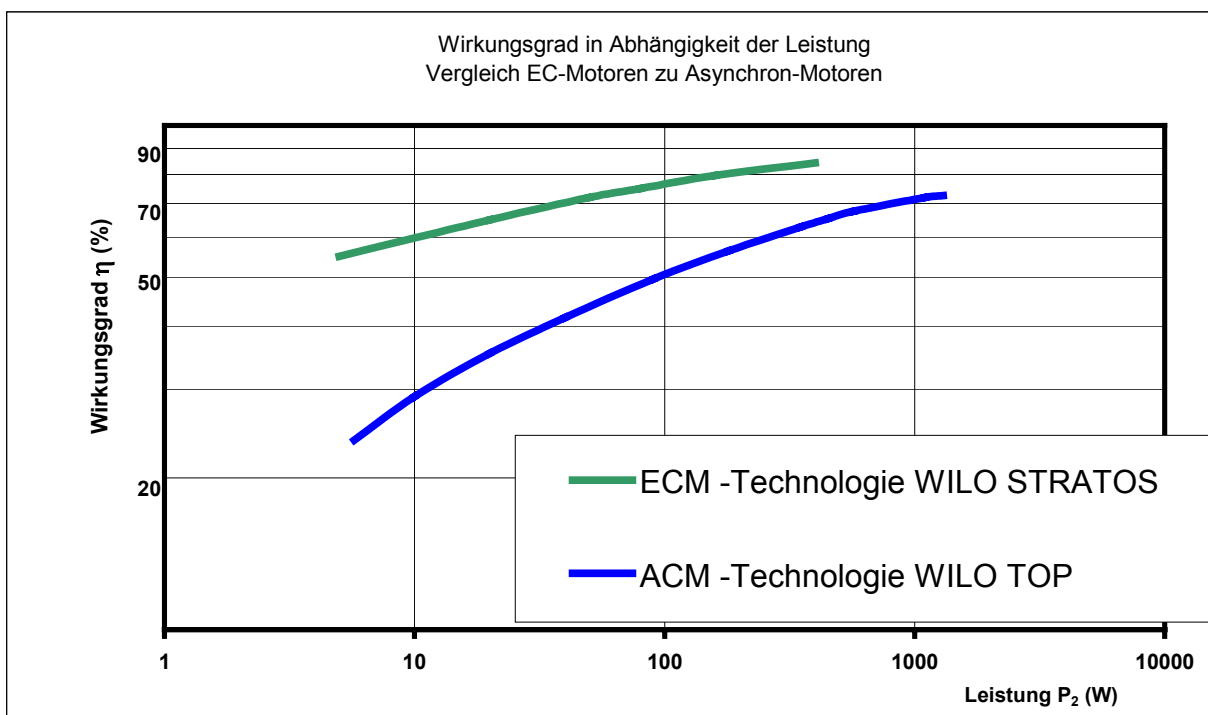
Schwerpunkt der Entwicklung war, den Nachweis zu führen, dass ein EC-Motor mit Dauermagnet-Rotor sowohl für Heizungspumpen als auch für Kaltwasserpumpen geeignet ist. Im Detail musste geprüft werden, ob dieser Motor bei vertretbaren Kosten in Spaltrohrbauweise einen deutlichen Wirkungsgradvorteil gegenüber vergleichbaren Asynchronmotoren aufweist. Dabei waren grundlegende physikalische Fragen hinsichtlich Lebensdauer, Qualität, Korrosion und Geräuschverhalten zu klären.

Unter Beachtung der physikalischen Zusammenhänge lassen sich beim EC-Motor als Pumpenantrieb folgende Vorteile erkennen:

- Halbierung der Leistungsaufnahme P1
- Deutlich verbesserter Motorwirkungsgrad im Voll- und Teillastbereich

- Verbesserter Hydraulikwirkungsgrad
- Reduzierung des Jahresenergieverbrauchs mit Hilfe elektronischer Leistungsanpassung um bis zu 80 Prozent
- Verringerung von Baugröße und Gewicht

**Bild 2: Wirkungsgrade in Abhängigkeit der Leistung  
Vergleich EC-Motoren zu Asynchron-Motoren**



### Wirkprinzip der ECM-Technologie

Das Wirkprinzip von elektronisch kommutierten Dauermagnet-Motoren basiert auf folgenden physikalischen Zusammenhängen:

- Der **Magnetische Fluss** im Motor wird durch den Dauermagneten im Rotor bei Stillstand und Drehbewegung erzeugt.
- Die **Kraftwirkung** entsteht durch Zusammenwirken von magnetischem Fluss des Dauermagneten und durch die

Bestromung der Wicklung bzw. Wechselwirkung der elektrischen (Stator) und magnetischen Pole (Rotor) (Anziehung ungleicher Pole, Nord - Süd).

- Die **Kontinuierliche Drehbewegung** wird erreicht durch periodisches Umschalten der Wicklungsstränge in Abhängigkeit von der Rotorposition (elektronische Kommutierung des Stromes).
- Die **Drehzahl** bzw. Drehgeschwindigkeit ist synchron zur Umschaltgeschwindigkeit der Wicklungsstränge (Synchronprinzip) und durch einen Umrichter stufenlos regelbar.
- Die **Rotorpositionserfassung** erfolgt mit Hilfe von Sensoren (z.B. Hall-Sensor) oder mit modernen sensorlosen Verfahren
- **Spannung (Induktionsprinzip)** wird in der Statorwicklung durch den drehenden Dauermagneten im Rotor in Abhängigkeit von der Drehzahl, aber unabhängig von der Bestromung erzeugt.

Die Eigenschaft ist für unterschiedliche elektronische Ansteuerungsverfahren von Bedeutung und wird zur sensorlosen Positionserfassung eingesetzt.

- **Elektronische Kommutierung** erfolgt über Umrichter (Wechselrichter), der sich zwischen Netzanschluss und Motor befindet.

Erzeugt wird die sinusförmige Bestromung zur Geräuschreduzierung über Leistungselektronik, die bei modernen Antrieben im Motor integriert ist.

Direkter Netzbetrieb ist im Gegensatz zur Asynchronmaschine nicht möglich.

Der elektronische Kommutator muss die Drehmoment-erzeugenden Spulen, die räumlich stillstehen, über elektronische Schalter immer dann einschalten, wenn sie gegenüber dem umlaufenden Feldmagnet eine für die Drehmo

mentbildung günstige Position haben. Die in der Spule durch den Strom hervorgerufene zeitliche magnetische Polarität führt mit der konstanten Polarität des Rotormagneten zu Anziehungs- und Abstoßungskräfte und damit zu einer Drehbewegung.

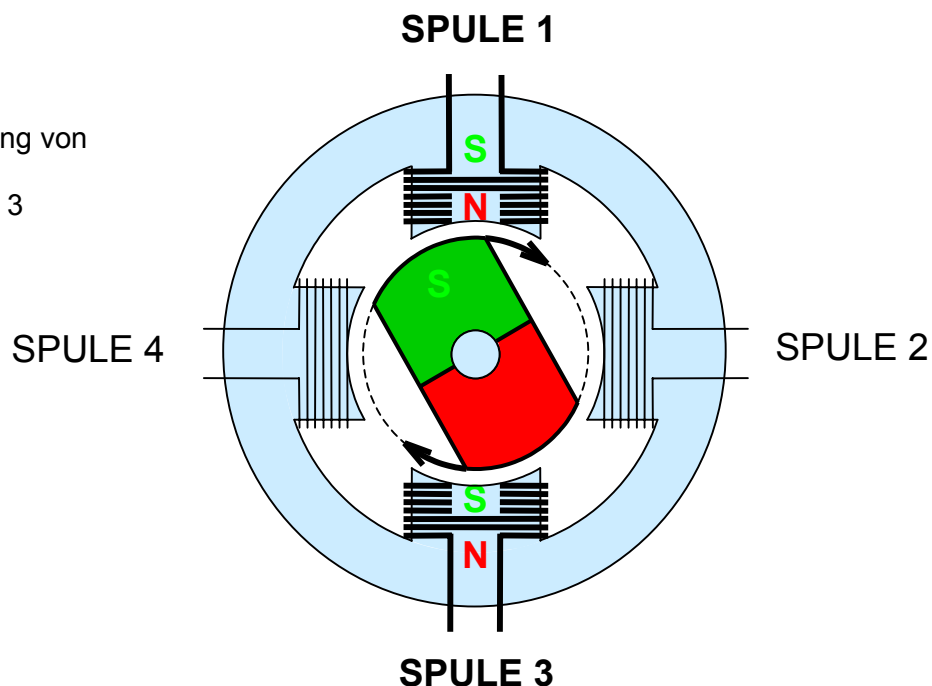
### Drehbewegung des Dauermagnet-Rotors

Bild 3 zeigt vereinfacht die betreffenden Einschaltphasen (Bestromung) von 4 Statorspulen. Durch die Bestromung der bewickelten Statorpole bildet sich in Abhängigkeit der jeweiligen Stromrichtung ein magnetisches Statorfeld mit Nord- und Südpol aus. Der im magnetischen Statorfeld drehbar gelagerte Dauermagnet-Rotor mit konstantem Magnetfeld wird durch Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte ungleicher bzw. gleicher Pole in Drehung versetzt. Die gleichmäßige Drehbewegung ergibt sich aus der zeitlich umlaufenden Bestromung der einzelnen Statorspulen.

**Bild 3: Einschaltphasen von 4 Statorspulen**

#### Schritt 1

Bestromung von  
Spule 1 + 3

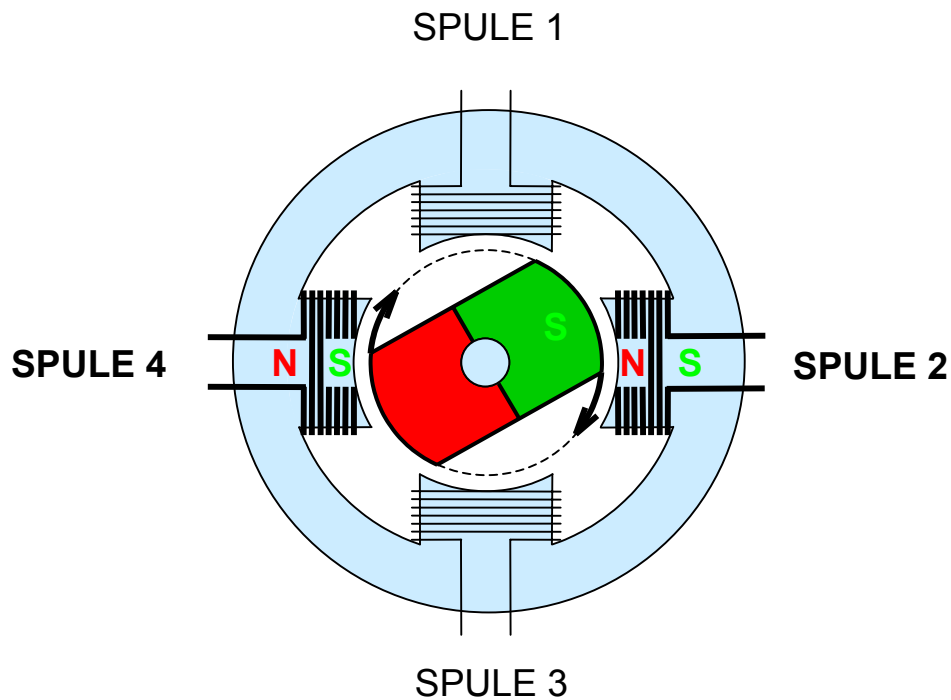




## Schritt 2

Bestromung von

Spule 2 + 4



### **Vorteile elektronisch geregelter Pumpen mit ECM-Technologie.**

Der Vorteil von elektronisch drehzahlregelten Pumpenantrieben mit Asynchronmotoren bezüglich ihrer jährlichen Energieeinsparung im Vergleich zu unregelten Pumpenmotoren ist bekannt. Die jährlich gestiegenen Energiekosten haben zu erheblich gestiegenen Forderungen nach Antrieben mit deutlich geringerem Leistungsverbrauch vor allem im Leistungsbereich bis ca. 1 kW geführt.

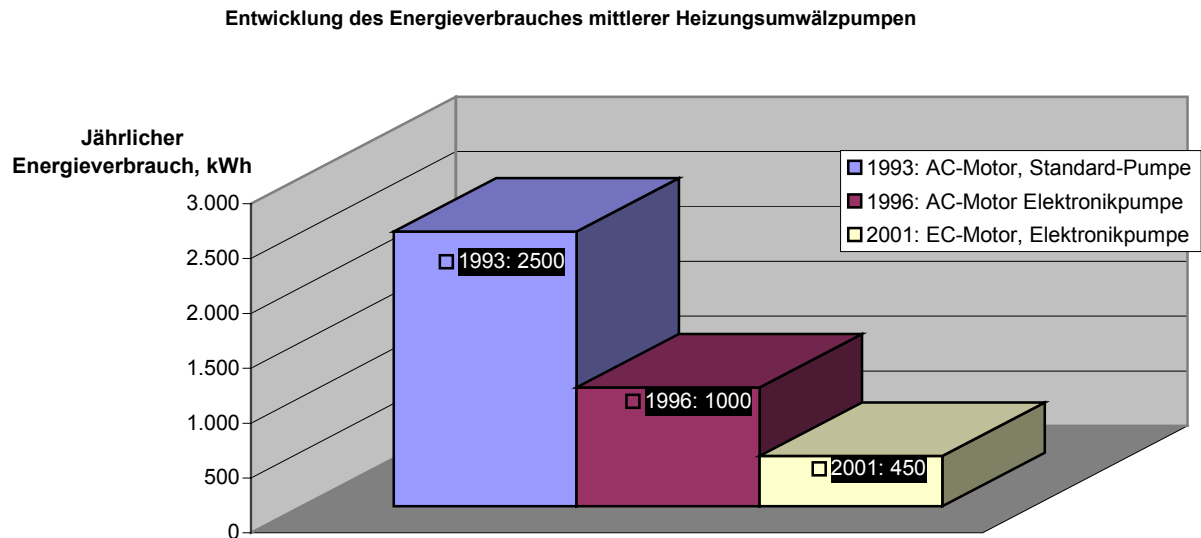
Eine weitere Reduzierung der Leistungsaufnahme ist bei geregelten Pumpenantrieben mit der klassischen Asynchron-Motortechnologie aus technologischen und aus Kostengründen nicht zu erreichen. Im Vergleich zu Asynchronmotoren bietet die ECM-Technologie neben den guten regeltech



nischen Eigenschaften auch die Wirkungsgradvorteile bei Volllast wie bei Teillast.

Die aktuelle HeizAnIV schreibt für Heizungsanlagen ab einer Wärmeleistung von 50 kW den Einsatz selbsttätig regelbarer Pumpen in mindestens drei Stufen vor. In dem Entwurf der EnEV reduziert der Gesetzgeber diese Grenze sogar auf 25 kW.

**Bild 4: Entwicklung des Energieverbrauches mittlerer Heizungsumwälzpumpen**

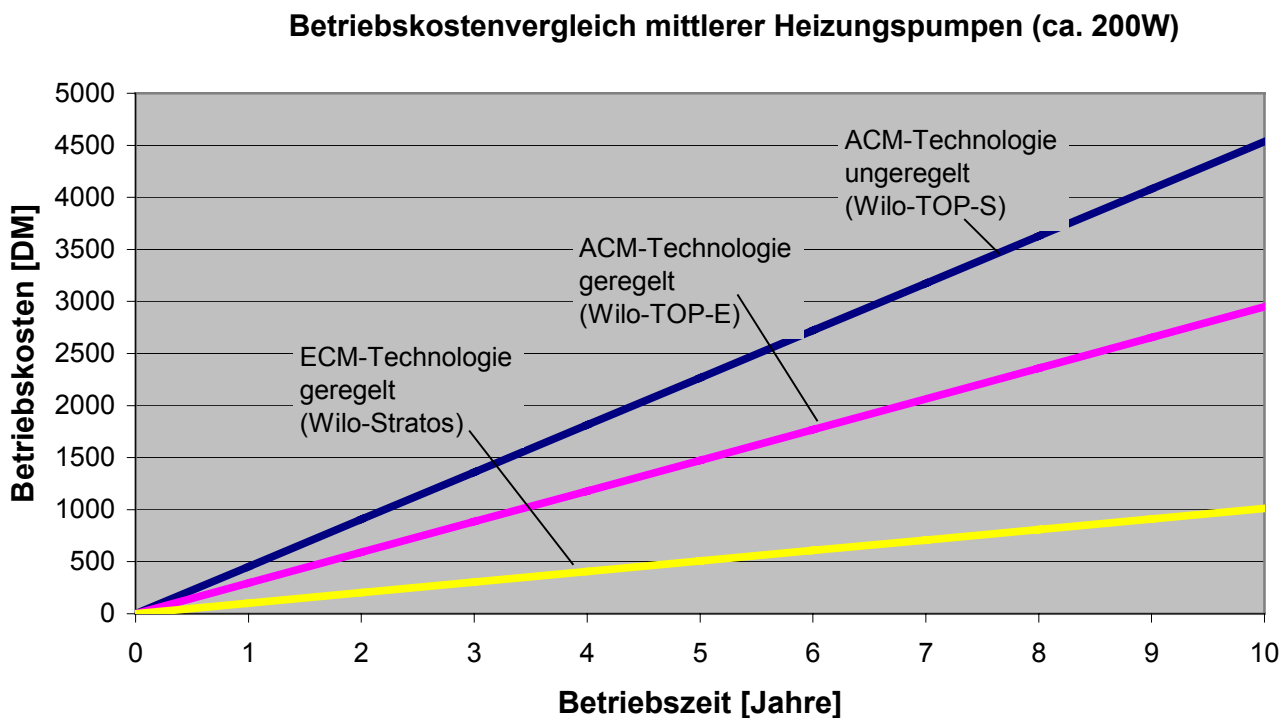


### Amortisation

Während bei großen Antriebsleistungen die absolute Energieeinsparung für den Betreiber im Vordergrund steht, ist bei kleinen Leistungen die individuelle Einsparung beim Endverbraucher unter Umständen gering. Hier liegt jedoch über die große Stückzahl betrachtet, ein wichtiges volkswirtschaftliches Argument und im Sinne der Klimaschutzanforderungen ein großes nutzbares Potenzial. Demzufolge sind zukünftige Handlungsschwerpunkte insbesondere im Einsatz dieser Produkttechnik auch bei den Endverbrauchern zu erwarten, die durch gezielte Nachfrage ihren Beitrag zur Verbesserung der Umweltsituation leisten können. Produkte mit höheren Wirkungsgraden und daher niedrigerem Energieverbrauch sind in der Regel teurer in der Herstellung und somit im Verkaufspreis als herkömmliche Produkte. Die Mehrkosten durch die Elektronik haben die Markteinführung bisher sehr erschwert. Mit der Verfügbarkeit von Kompaktumrichtern und den Fortschritten auf dem Gebiet der Power- und Mikroelektronik hat sich die Situation deutlich verbes

sert. Der hohe Kundennutzen verbunden mit einer schnellen Amortisationszeit der Mehrkosten rechnet sich inzwischen für den Anwender, insbesondere unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten. Hier zeigt sich, dass die Kosten für den Betrieb über die Produktlebensdauer von Umwälzpumpen, also insbesondere die Stromkosten, ein Vielfaches der Anschaffungskosten ausmachen und daher besonders beachtet werden sollten.

**Bild 5: Betriebskostenvergleich mittlerer Heizungspumpen (ca. 200W)**



### Anforderungen der EnEV an den Gebäudebestand

Die EnEV wird künftig für Neubauten einen Energiebedarfsausweis vorschreiben, der wichtige Informationen zu den energetischen Eigenschaften des Gebäudes enthält. Ähnlich wie beim Auto soll der Energiebedarfswert für mehr Transparenz hinsichtlich der energetischen Qualität von Immobilien sorgen. Da, wie zuvor beschrieben, besondere Energie-sparpotenziale im Gebäudebestand liegen, wird die Verord

nung diese Reserven durch Nachrüstverpflichtungen und bedingte Anforderung bei ohnehin anstehenden Modernisierungsmaßnahmen mobilisieren. Bei anstehenden Modernisierungsarbeiten müssen die Möglichkeiten einer energetischen Verbesserung stärker ausgeschöpft werden. Die Erneuerung des Pumpenbestandes spielt dabei eine noch größere Rolle als bisher. Die EC-Motortechnologie eröffnet jetzt Energiesparpotenziale in einer neuen Dimension und wird dadurch zu einer bedeutenden wirtschaftlichen Größe.