



Stromsparende Pumpen für Heizungen und Solaranlagen

Abb 1



- ▶ Bis zu 70% Energieeinsparung gegenüber konventionellen Pumpen
- ▶ In vielen Fällen Amortisation nach zwei Jahren
- ▶ Heizungspumpen mittlerer Leistung in Kürze verfügbar
- ▶ Solarpumpen übernehmen zukünftig Überwachungs- und Messfunktionen

Hocheffizienzpumpen im Feldtest

Der Energieverbrauch von Umwälzpumpen wird bei der energetischen Betrachtung von Heizungs- und Solaranlagen oft unterschätzt. Dabei ist in manchem Einfamilienhaus die Heizungs-Umwälzpumpe für 10% der Stromrechnung verantwortlich. Die bundesweit mehr als 30 Millionen Heizungspumpen benötigen etwa 3,5% der in Deutschland insgesamt eingesetzten elektrischen Energie. Ihr Verbrauch liegt damit in der gleichen Größenordnung wie der aller Schienenfahrzeuge von Bundesbahn und öffentlichem Nahverkehr.

In bestehenden Heizungsanlagen finden sich bis heute meist sogenannte Spaltrohrpumpen mit Asynchronmotor. Bei diesen Pumpen liegen alle beweglichen Teile im Fördermedium, das gleichzeitig für Schmierung und Kühlung sorgt. Die Pumpen arbeiten konstruktionsbedingt robust, wartungsarm und leise, leider aber auch mit geringem Wirkungsgrad. „Sicherheitszuschläge“ bei der Dimensionierung verschlechtern die Energiebilanz oft zusätzlich.

Der Stromverbrauch lässt sich oft mit einfachen und kostengünstigen Maßnahmen wie dem Einbau einer drehzahlgeregelten Pumpe

oder einer Schaltuhr deutlich reduzieren. Weitere Einsparpotentiale könnten mit einer verbesserten Pumpentechnik erschlossen werden. Die Entwicklung energieeffizienter Pumpen, die in Zuverlässigkeit und Geräuscharmheit konventionellen Pumpen nicht nachstehen sollten, war Ziel eines Forschungsvorhabens, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wurde. Untersucht wurde, ob sich die bewährte Nassläufertechnik mit einem anderen Motortyp – dem EC-Motor mit Permanentmagnet-Rotor - realisieren lässt, der einen deutlich höheren Wirkungsgrad aufweist.

Die bei den Forschungsarbeiten entwickelten Prototypen weisen gegenüber dem konventionellen Vorläufer einen nahezu halbierten Leistungsbedarf auf. Inzwischen wurden erste Typen einer Produktreihe entwickelt.

Auch für Solaranlagen kommt eine neue Pumpengeneration auf den Markt, die besser auf die Volumenströme und das Wärmeträgermedium angepasst ist. Ein im Durchschnitt halbiertes Strombedarfs sorgt für eine noch mal verbesserte Ökobilanz solarer Wärmeerzeugung.

► Stand der Technik

Ausgehend von drehzahlkonstanten Antrieben hat die Heizungspumpe seit den siebziger Jahren viele Optimierungsschritte hin zu energiesparenderen Ausführungen durchlaufen (Abb 2). Moderne Antriebe benötigen im Vergleich zu Pumpen der ersten Generation, von denen noch zahlreiche in Betrieb sind, nur noch rund 70% der Energie. Weitere entscheidende Verbesserungen sind mit der eingesetzten Technik jedoch konstruktionsbedingt nicht mehr zu erwarten:

Im Leistungsbereich um 100 Watt werden fast ausschließlich Pumpen mit Asynchronmotoren als „Nassläufer“ verwendet. Hier befinden sich die rotierenden Teile und die Lager im Fördermedium. Die Abgrenzung

des Fördermediums zum Strom führenden Stator übernimmt ein Spaltrohr aus nichtmagnetisierbarem Edelstahl. Der konstruktionsbedingte große Spalt zwischen Stator und Rotor führt allerdings zu einem geringen Wirkungsgrad des Asynchron-Nassläufermotors. Dieser Nachteil wirkt sich insbesondere bei kleinen Pumpen aus: Während bei größeren Spaltrohrmotoren der Wirkungsgrad zwischen 30 und 65% liegt, wird im Leistungsbereich bis 50 W gerade noch ein Wirkungsgrad zwischen 7 und 30% erreicht.

Einen besseren Wirkungsgrad haben sogenannte „Trockenläufer“, da sie kein Spaltrohr benötigen. Bei diesen liegt der Asynchronmotor außerhalb der Pumpe. Die

Abb 2 Entwicklungsschritte bei Heizungspumpen

Bis 1970	Drehzahlkonstante AC-Antriebe
1970 – 1980	Drehzahlenschaltbare AC-Antriebe
1980 – 1990	Elektronisch stufenlos geregelte AC-Antriebe
1990 – 2000	Kommunikationsfähige AC-Antriebe mit Diagnose-System
Ab 2000	Neue energiesparende EC-Antriebe

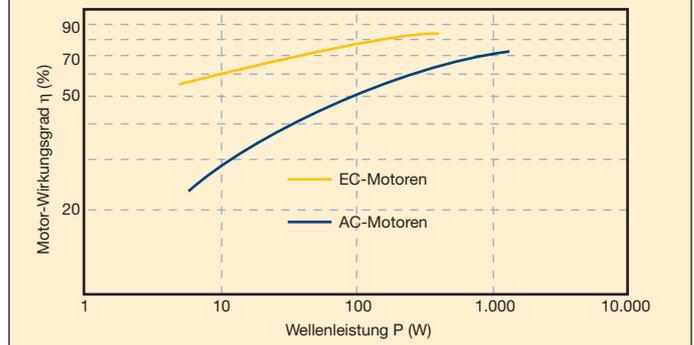
Antriebswelle wird durch eine Gleitringdichtung in die Pumpe geführt. Trockenläufer werden jedoch in Wohngebäuden selten eingesetzt, da sie höhere Betriebsgeräusche haben und nicht wartungsfrei sind.

► Pumpenkonzept

In einer Voruntersuchung zeigte sich, dass der EC-Motor (bürstenloser elektronisch kommutierter Synchronmotor) gute Voraussetzungen aufweist, den AC-Motor als Pumpenantrieb abzulösen: Er besitzt sowohl bei Volllast als auch bei Teillast einen hohen Wirkungsgrad (Abb 3), ist kompakt und in Drehzahl und Leistung über weite Bereiche regelbar. Allerdings wurden EC-Motoren bisher nur in Trockenläuferbauweise, z. B. bei Lüfterantrieben, eingesetzt. Spaltrohrmotoren in dieser Ausführung gab es bisher nicht. Speziell war zu klären, ob der Magnetwerkstoff im heißen Wasser

korrodiert oder entmagnetisiert wird. Für das metallische Spaltrohr musste ein geeigneter Ersatz aus Kunststoff gefunden werden, da sonst durch die Magnete induzierte Wirbelstromverluste den Wirkungsgrad erheblich reduziert hätten.

Abb 3 Wirkungsgradkennlinien von AC- und EC-Pumpenmotoren

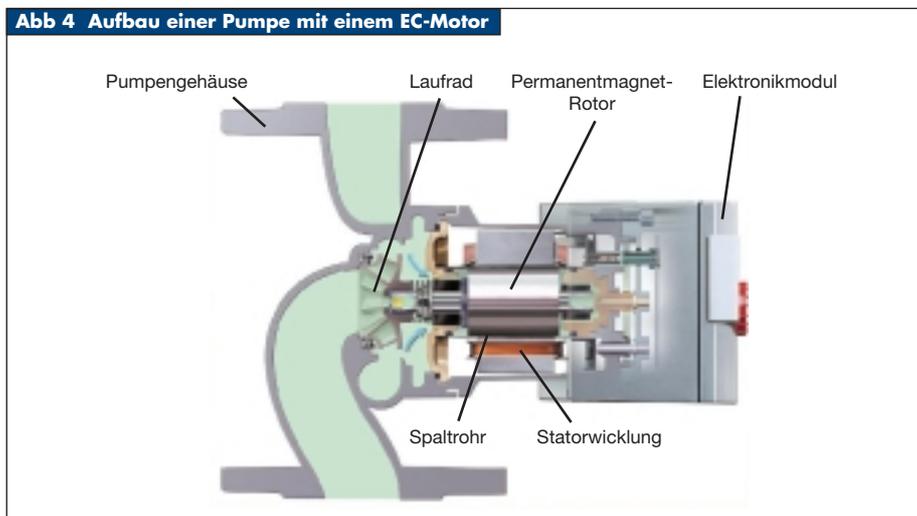


► Konstruktive Details

Um einen einfachen Fertigungsprozess zu gewährleisten wurde ein modularer Aufbau gewählt. Ein besonderes konstruktives Merkmal ist die Aufteilung der Pumpe in

Baugruppen, die sich axial miteinander verbinden lassen. Damit kann für unterschiedlichen Applikationen eine hohe Flexibilität erreicht werden (Abb 4).

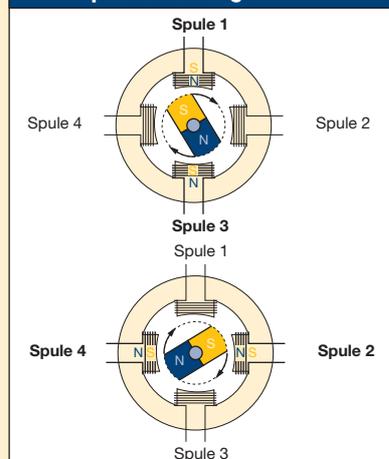
Abb 4 Aufbau einer Pumpe mit einem EC-Motor



► EC-Motor: Aufbau und Arbeitsweise

Der bürstenlose elektronisch kommutierte Synchronmotor besitzt einen Permanentmagnetrotor, benötigt also für seine Magnetisierung keine Energie. Das Drehmoment wird durch die wechselnde Stromzufuhr der Spulenpaare im Stator erzeugt (Abb 5). Die steuernde Elektronik ermittelt dabei die Rotorposition über Sensoren oder durch die Analyse der induzierten Spannung. Diese elektronische Kommutierung, und damit die Rotordrehzahl, ist stufenlos regelbar.

Abb 5 Das Statormagnetfeld wird abhängig von der Rotorposition erzeugt



► Elektronik und Hydraulik

Für die gesamte Elektronik wurde ein modulares Konzept vorgesehen. Die Elektronik gliedert sich in die Bereiche Schaltnetzteil sowie Kommutierungs- und Leistungselektronik.

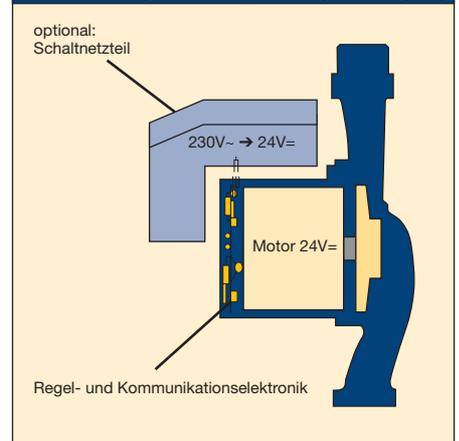
Bei kleinen Motorleistungen ist es von Vorteil, die Motorwicklung und die elektronische Ansteuerung für einen „low-volt“ Spannungsbereich auszuführen. Da der Anschluss der heutigen Pumpen mit Asynchronmotoren, geregelt oder ungeregelt, direkt am 230-Volt-Netz erfolgt, musste für die kleinen Pumpen mit EC-Motoren eine eigene Spannungsversorgung entwickelt werden (Abb 6).

Für den Einsatz in Heizungsthermen, ist

optional neben dem 230 V -Wechselstromanschluss auch die 24 V Gleichstrom-Versorgung vorgesehen. Bei Motorleistungen über 100 W ist eine Wicklungsauslegung für 230 V AC vorteilhafter als eine Wicklung mit 24 V DC.

Der Einsatz eines neuen Motors mit veränderter Drehzahl/Drehmoment-Charakteristik machte die Neukonstruktion von Pumpenlaufrad und -Gehäuse notwendig. Mit ersten EC-Prototypen wurde ein Drehzahlbereich von 4000 bis 4500 U/min als optimaler Bereich ermittelt. Die Geräuschentwicklung der Pumpen kleiner Leistung ist trotz höherer Drehzahl geringer als bei den AC-Serienmodellen.

Abb 6 Modularer Aufbau der Elektronik mit optionaler Spannungsversorgung



► Pumpenwirkungsgrad und Energieeinsparung

Für die verschiedenen Leistungsbereiche wurden unterschiedliche Prototypvarianten entwickelt. Die technischen Daten eines

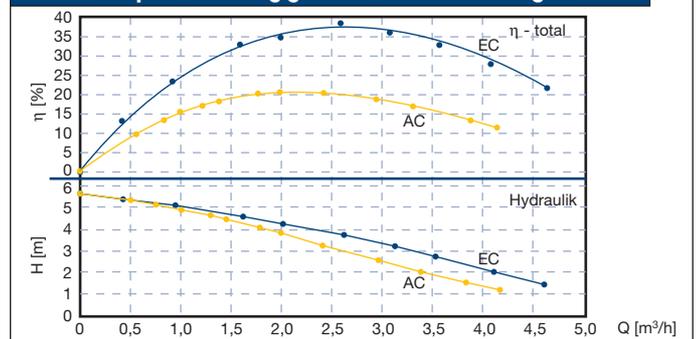
Prototyps mit 40 Watt Wellenleistung im Vergleich mit einem Serientyp gleicher hydraulischer Leistung zeigt exemplarisch

Abb 7. Der Pumpenwirkungsgrad der EC-Pumpe liegt in allen Betriebspunkten weit über dem des Serienmodells (Abb 8).

Abb 7 Daten eines EC-Pumpen-Prototyps mit 40 W Wellenleistung im Vergleich zum Vorgänger-Serienmodell

	Asynchron-Serienmodell	Prototyp ohne Netzteil elektronik
Motorgewicht	1.740 g	940 g
Drehzahlbereich	1.000 – 2.600 min ⁻¹	1.000 – 4.600 min ⁻¹
Max. Motorwirkungsgrad η	41 %	74 %
Max. Leistungsaufnahme	115 W	50 W
Leistungsaufnahme Min-Stufe	50 W	8 W
Pumpen-Gesamtwirkungsgrad η	20 %	38 %

Abb 8 Gesamtwirkungsgrad und Förderhöhe von AC- und EC-Pumpen in Abhängigkeit von der Fördermenge

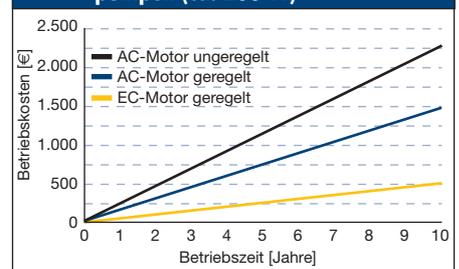


► Wirtschaftlichkeit

Umwälzpumpen in Heizungsanlagen sind langlebige Produkte. Zehn Jahre nach ihrer Installation, also nach etwa 50.000 - 80.000 Stunden Laufzeit, sind noch ca. 60-70% der Pumpen in Betrieb. Die Wirtschaftlichkeit einer Pumpe wird daher weniger von den Anschaffungskosten als vielmehr von dem Stromverbrauch über die Produktlebensdauer bestimmt (Abb. 9). Dennoch haben die Kosten der Elektronik die Marktein-

führung hoch effizienter EC-Pumpen bisher erschwert. Mit der Verfügbarkeit von Kompaktumrichtern und den Fortschritten auf dem Gebiet der Leistungs- und Mikroelektronik hat sich die Situation deutlich verbessert. Die Mehrkosten für EC-Pumpen gegenüber geregelten AC-Pumpen betragen je nach Pumpenleistung etwa 15%. Sie amortisieren sich innerhalb von zwei bis vier Jahren.

Abb 9 Betriebskosten mittlerer Heizungs-pumpen (ca. 200 W)



► Solarpumpen

Die Anforderungen an Solarpumpen und Heizungspumpen unterscheiden sich teilweise. So liegen die Volumenströme im Kollektorkreis bei etwa 10% der Fördermenge in Heizungen, andererseits übersteigen die hier benötigten Förderhöhen die einer Warmwasserheizung oft um ein Vielfaches. Auch die Viskosität der Wärmeträgerflüssigkeit und der Temperaturbereich des Fördermediums weichen voneinander ab.

Solarpumpen werden intermittierend mit zum Teil kurzen Pumpenlaufzeiten betrieben. Oft handelt es sich bei Solarpumpen um nur geringfügig modifizierte Systeme aus dem Heizungsbereich, die unzureichend auf den Betrieb im Solarkreis angepasst sind. Aus primärenergetischer Sicht verbrauchen sie bis zu einem Viertel des solaren Ertrages. Solche Pumpen erreichen Wirkungsgrade zwischen 3 und 10%. Prototypen angepas-

ster EC-Solarpumpen lassen eine Verdreifachung der Wirkungsgrade erwarten. Solarpumpen werden in Zukunft Zusatzfunktionen übernehmen. Dazu gehören Funktionskontrolle, Fehleranalyse, Systemsteuerung und insbesondere Wärmemengenerfassung. Solaranlagen werden dadurch nicht nur einfacher und kostengünstiger, es werden auch verbesserte Regelstrategien möglich.

► Fazit

Elektronisch geregelte EC-Heizungspumpen verbrauchen 40-50% weniger Energie als moderne Standardpumpen mit Asynchronmotoren und bis zu 70% weniger als unregelte Pumpen, die noch vielfach im Gebäudebestand anzutreffen sind. Zudem bieten EC-Heizungspumpen regelungstechnische Vorteile. Bei Betrachtung der Kosten für den Lebenszyklus von Umwälzpumpen zeigt sich, dass die Stromkosten ein Vielfaches der Anschaffungskosten betragen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht machen sich die Mehrkosten einer EC-Heizungspumpen rasch - oft schon nach zwei Jahren - bezahlt.

Für die verschiedenen Leistungsbereiche wurden unterschiedliche Prototypen entwickelt. Pumpen mit 200 Watt Wellenleistung sind auf dem Markt verfügbar. Diese Baureihe soll bis etwa 1.000 W erweitert werden. Kleine Pumpen mit 20-40 W Leistung durchlaufen im Feldtest die dritte Heizperiode.

Europaweit werden jährlich etwa 10 Millionen Heizungspumpen in Neubauten installiert oder bei Heizungserneuerungen ersetzt. Der jährliche Energiebedarf dieser Pumpen könnte durch Einsatz hocheffizienter Pumpen um rund 1,5 GWh gesenkt werden. Die neue Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt für Heizungsanlagen ab einer Wärmeleistung von 25 kW den Einsatz selbsttätig regelbarer Pumpen in mindestens drei Stufen vor. Hierdurch dürfte in den nächsten Jahren ein zusätzlicher Nachfrageschub initiiert werden.

Auch eine elektronisch geregelte energiesparende Heizungsumwälzpumpe sollte nicht „über den Daumen“ geplant werden. Je ungenauer die Auslegung, um so weniger kann sie sich trotz frei einstellbarem Betriebspunkt den Anlagenbedingungen anpassen. Sicherheitszuschläge bei der Pumpenleistung, wie sie bei 90% der bestehenden Anlage gegeben wurden, erhöhen die Energieverluste und sind in der Regel auch unnötig: Eine 15% geringere Pumpenleistung vermindert die Wärmeabgabe der Heizkörper um lediglich 3%.

Solarpumpen sind nicht länger modifizierte Heizungspumpen. Sie werden nun als eigenständige Produktlinien entsprechend den speziellen Anforderungen fortentwickelt. Neue Prototypen haben den Strombedarf von Solarpumpen in etwa halbiert. Der Einsatz von Elektronik ermöglicht den Einbau von Zusatzfunktionen. Wärmemengenerfassung, Funktionskontrolle, Fehleranalyse und Systemsteuerung sind in Zukunft über die Pumpenelektronik realisierbar. Solaranlagen werden dadurch einfacher und kostengünstiger.

► PROJEKTADRESSE

- WILO GmbH
Dipl.-Ing. Hansjürgen Kech
Nortkirchenstr. 100
44236 Dortmund

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Kech, H. ; Dreihaus, U: Energiesparende Pumpenantriebe. Kurzfassung Abschlussbericht zum BMWi-Forschungsvorhaben 0329715A. Hrsg.: WILO GmbH, Dortmund. Abt. Entwicklung, elektrische Maschinen und Elektronik; Technische Universität Berlin. Institut für elektrische Maschinen. Juni 1999.

Service

- Ergänzende Informationen wie Literatur, Adressen und Ansprechpartner sind unter www.bine.info, „Service/Infoplus“ abrufbar.

PROJEKTORGANISATION

■ Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Villemombler Str. 76
53123 Bonn

Projekttträger Jülich (PTJ) des BMWi
Forschungszentrum Jülich GmbH
Jürgen Gehrman
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen

0329715 A, B

IMPRESSUM

■ ISSN

0937 – 8367

■ Herausgeber

Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische
Information mbH
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

■ Nachdruck

Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

■ Redaktion

Dr. Franz Meyer

BINE – INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Profi-Infos
- basisEnergie

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf,

wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen



BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Mechenstr. 57
53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0
Fax: 0228 / 9 23 79-29

eMail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: www.bine.info