



# IMPROVE – Anwendungsentwicklung innovativer Leistungselektronik für die Rohstoff- und Energieoptimierung von Umwälzpumpen

Das Forschungsteam von „IMPROVE“ reduziert den Materialverbrauch von Umwälzpumpen für Heizungs-, Klima- und Solaranlagen. Möglich wird dies durch miniaturisierte Leistungselektronik. Die drehzahlvariablen Pumpen sparen neben Material auch Energie. Das Projekt wird im Rahmen der Fördermaßnahme „r+Impuls – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz“ gefördert. Die Maßnahme unterstützt Projekte, die innovative Technologien und Produkte aus dem Labor in die wirtschaftliche Anwendung bringen.

## Die Innovation: Kleiner, höhere Drehzahl

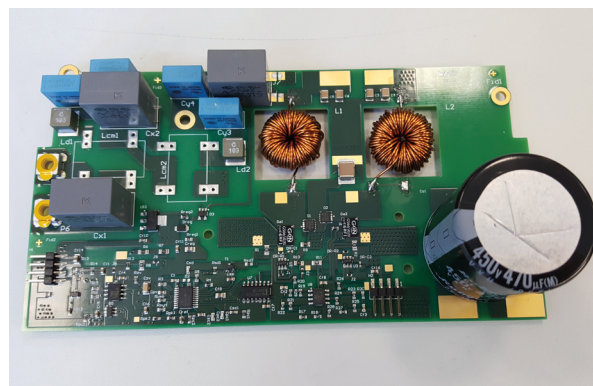
Umwälzpumpen werden vor allem in Gebäuden für den Flüssigkeitstransport in Heizungs-, Klimatisierungs-, Trinkwasser- und Solaranlagen eingesetzt. Auch in chemischen und verfahrenstechnischen Prozessen sowie in der Wasserversorgung werden sie benötigt. Europaweit sind mehr als 140 Millionen Umwälzpumpen in Betrieb, die im Durchschnitt alle zehn Jahre ersetzt werden müssen. Damit entsteht allein in Europa ein jährlicher Austauschbedarf von 14 Millionen Umwälzpumpen.

Der Markt für das ressourcen- und energieeffiziente Modell von „IMPROVE“ ist entsprechend groß. Die Innovation des Geräts ist eine miniaturisierte Leistungselektronik, die in die Motoren der Pumpen integriert wird. So erhöht sich die Drehzahl der Pumpen, was – bei konstanter Rotorumfangsgeschwindigkeit zur Aufrechterhaltung konstanten Drucks – die Baugrößen und damit auch den Materialbedarf verringert. Das gilt für die Pumpe und für den Motor. Mit dem optimierten Pumpendurchmesser und dem drehzahlregulierten Betrieb der Pumpe lässt sich der Wirkungsgrad der Geräte wesentlich erhöhen – je nach Betriebszustand um etwa ein Viertel bis ein Drittel. Der Hauptentwicklungsaufwand für die Innovation liegt auf der Miniaturisierung und auf der Integration der Leistungselektronik. Damit verbessern sich sowohl Ressourcen- als auch Energieeffizienz der Geräte signifikant.

## Zweistufige Strategie

Mit einer zweistufigen Strategie arbeitet „IMPROVE“ an der Miniaturisierung und Integration der Leistungselektronik. Zunächst wird die Schaltung spezifisch auf die Anwendung ausgelegt, indem zum Beispiel die Energiespeicherung durch die rotierenden Massen der Pumpe eingerechnet wird. Im zweiten Schritt erfolgt die bestmögliche Integration der verbleibenden Komponenten

mit Hilfe einer neuen Aufbautechnik: Die elektromechanische Motorkonstruktion wird überarbeitet, die miniaturisierte Leistungselektronik wird produktionsgerecht ausgelegt und konstruktiv in das System integriert. Das Potenzial der entwickelten Lösung demonstrieren die Forschungspartner in einem Versuchsträger und mittels der Konstruktion, Fertigung und Integration der Leistungselektronik des Motors.



Optimierte PFC-Schaltung mit Filter.

## Entwicklung im Verbund

Entwicklungspartner im Vorhaben „IMPROVE“ sind die KSB SE & Co. KGaA aus Frankenthal, die Hochschule Kaiserslautern mit dem Forschungsschwerpunkt Hoch-effiziente technische Systeme und die Technische Universität Berlin mit dem Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien. Während der dreijährigen Laufzeit entwickelt die Hochschule Kaiserslautern die übergeordnete Versuchs- und Demonstrationsanlage; die Berliner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln die Leistungselektronik weiter. KSB führt als Entwickler und Produzent von Pumpen und deren elektrischen Antrieben und Regelungssystemen die Pumpe, den Motor und die Leistungselektronik zusammen und testet

das System. Nach erfolgreichem Abschluss der Tests entsteht in der Hochschule Kaiserslautern eine industrietaugliche Demonstrationsanlage. Hier wird das Pumpensystem auf Funktionstüchtigkeit überprüft. Schließlich übernimmt KSB die Serienentwicklung und nach Ende des Projekts „IMPROVE“ die Markteinführung des Systems.

### Vorläufige Ergebnisse

Mit dem Einsatz von Verbindungshalbleitern auf Basis von Galliumnitrid (GaN) erhöht sich die Schaltfrequenz im Vergleich zu den derzeit eingesetzten Transistoren um ein bis zwei Größenordnungen. Die Power-Factor-Correction (PFC)-Schaltung der Pumpe wurde basierend auf diesen GaN-Leistungshalbleitern neu entworfen. Mit der „Bridgeless-PFC“-Topologie und ihrer minimierten Bauteilanzahl erreicht die neue Schaltung im Vergleich zur traditionellen Variante einen höheren Wirkungsgrad.

Durch zusätzliche Kondensatoren im Rückstrompfad reduziert sich das Gleichtaktrauschen der Schalter. Zudem wurden wichtige Filterschaltungen angepasst. Um alle Vorteile der GaN-Transistoren auszunutzen, wurde die parasitäre Kommutierungsinduktivität minimiert. Eine größere Herausforderung war die Identifizierung und Eliminierung von durch Schaltflanken verursachten internen Funktionsstörungen. Um den EMV-Filter optimal auszulegen und damit eine wichtige Voraussetzung für die Verringerung des Bauvolumens zu schaffen, wurde die Schaltfrequenz von 140 Kilohertz gewählt.

Die Eingangsdrossel, ein für das Systemdesign entscheidendes Bauteil, wurde für einen hohen Wirkungsgrad der PFC sowohl bei maximaler Ausgangsleistung von 800 Watt als auch bei Teillasten ausgelegt. Da die Pumpe meistens unter Teillast betrieben wird, ist der gewichtete Wirkungsgrad der PFC von besonderer Bedeutung. Anhand zahlreicher Simulationen der PFC wurde die Induktivität der Eingangsdrossel so gewählt, dass auch im Teillastbereich ein möglichst hoher Wirkungsgrad erzielt wird. Das Volumen der Drossel wurde auf etwa ein Siebtel reduziert. Ein Konzept für die Einbettung der GaN-Komponenten in die Leiterplatte mit der Möglichkeit einer optimierten Entwärmung wurde ausgearbeitet, womit sich in Zukunft das Kühlkörpervolumen verkleinern lässt.

### Fördermaßnahme

r+Impuls – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz

### Projekttitel

IMPROVE – Anwendungsentwicklung innovativer Leistungselektronik für die Rohstoff- und Energieoptimierung von Umwälzpumpen

### Laufzeit

01.01.2017 – 31.12.2019

### Förderkennzeichen

033R179

### Fördervolumen des Verbundes

963.800 Euro

### Kontakt

Dr.-Ing. Jochen Mades  
KSB SE & Co. KGaA  
Johann-Klein-Str. 9, 67227 Frankenthal (Pfalz)  
Tel.: +49 6233 86-3260  
E-Mail: jochen.mades@ksb.com

### Projektpartner

Technische Universität Berlin – Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien  
Hochschule Kaiserslautern – Fachbereich Angewandte Ingenieurwissenschaften – AG Elektrotechnische Systeme der Mechatronik

### Internet

[www.r-plus-impuls.de](http://www.r-plus-impuls.de)

### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung,  
53170 Bonn

### Redaktion und Gestaltung

Projekträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit,  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

### Bildnachweis

KSB

### Stand

Oktober 2018