

# Faserverbund - Hybridspaltröhre für Nassläuferpumpen

Ralph Funck  
CirComp GmbH  
Marie-Curie-Str. 11  
67661 Kaiserslautern, Deutschland  
www.circomp.de

**Kurzfassung—** Diese Veröffentlichung geht auf die Entwicklung und den erfolgreichen Serieneinsatz von Hybridspaltröhren aus Faserverbundwerkstoff zur Einsparung elektrischer Energie bei dem Betrieb von Nassläuferpumpen ein. Im Gegensatz zu metallischen Bauarten lassen sich durch den Einsatz von Hybridspaltröhren aus Faserverbundwerkstoffen energieeffizienter Pumpen herstellen, die in Zuverlässigkeit und Geräuscharmut konventionelle Pumpen übertreffen. In Faserwickeltechnik gefertigte Spaltröhre bieten eine hohe mechanische Belastbarkeit bei gleichzeitig geringer Wandstärke. Gleichzeitig bleibt der Faserverbund im Gegensatz zu metallischen Bauarten nahezu vollständig frei von Wirbelströmen und ermöglicht somit eine signifikante Effizienzsteigerung der Pumpen.

**Schlagworte—** Nassläuferpumpe , Spaltröhrenmotor , Wirbelstrom , Faserwickeltechnologie , Faserverbundwerkstoff , Hybridspaltröhre , Trinkwasserpumpe , Umwälzpumpe , Reluktanzmotor , Asynchronmotor , Spaltpolmotor

## I. EINLEITUNG

Weltweit werden Anstrengungen zur Senkung des Primärenergieverbrauchs unternommen. Ein großer Energieverbrauch wird durch Pumpen verursacht wobei ein erheblicher Energieanteil auf das Umwälzen des Wasserkreislaufs in Heizungssystemen wie Radiatoren, Konvektoren, Heizleisten, Fußbodenheizungen, Boilerladungen, Solarstationen, Wasserumwälzung in Heizungs- oder Klimaanlageanlagen und ähnliche Anwendungen entfällt. Aufgrund der sehr hohen Betriebsdauer ergibt sich für diese Anwendungen ein enormes Energieeinsparpotential [1]. Da in diesem Bereich zum überwiegenden Teil sogenannte Nassläufer - Pumpen eingesetzt werden konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf diese Pumpenbauart.

## II. SPALTRÖHRMOTOR

Erfunden wurde der Spaltröhrenmotor, auch Nassläufer genannt, von Benjamin Graemiger, der 1914 das Patent darauf anmeldete. Als Nassläufer werden Pumpenaggregate (Pumpe plus Antrieb) bezeichnet, deren rotierende Teile sich einschließlich des Rotors beziehungsweise Läufers des antreibenden Elektromotors in dem flüssigen Fördermedium drehen, welches auch zur Kühlung und Lagerung gebraucht werden kann. Voraussetzung dafür ist ein trennendes Rohr im Spalt zwischen Rotor und Stator. Solche Antriebe benötigen daher keinerlei Wellendichtung und werden daher auch als wellenlo-

se Antriebe bezeichnet. Nassläufer oder Spaltröhrenmotoren werden nach dem Prinzip des Asynchronmotors (oft Spaltpolmotor) oder des Synchronmotors hergestellt. Nassläufer als Synchronmotoren gibt es als bürstenlosen Gleichstrommotor (englisch Brushless DC Motor, abgekürzt BLDC- oder BL-Motor) sowie auch electronically commutated Motor, kurz EC-Motor) mit Erregung durch Permanentmagnet-Technologie oder nach dem Prinzip des Reluktanzmotors. Eingesetzt werden diese Antriebe z. B. in der Gebäudetechnik für Trinkwasser und Umwälzpumpen in Heizungssystemen, als Laugenpumpe (Waschmaschine, Geschirrspüler), aber auch als Vorförderpumpe.

Der große Vorteil der fehlenden Dichtung beziehungsweise der hermetischen Trennung zum Fördermedium führte auch zu Anwendungen als Pumpe für Chemikalien und Lebensmittel. Verwandt sind auch Drehantriebe im Vakuum.

## III. SPALTRÖHR

Ein metallisches Spaltröhre dichtet im Spaltröhrenmotor den Stator gegenüber dem vom Fördermedium umspülten Rotor ab. Nachteilig ist jedoch der verglichen mit anderen Pumpensystemen deutlich geringere Wirkungsgrad. Bedingt durch das metallische Spaltröhre werden der Radialspalt zwischen Stator und Rotor vergrößert sowie durch die Leitfähigkeit des metallischen Werkstoffs erhebliche Induktionsverluste hervorgerufen. Aufgrund ihrer sehr guten Isolationswirkung bei zugleich sehr hohen mechanischen Eigenschaften stellen FWH - Spaltröhre (FilaWin - Hybrid - Spaltröhre) aus Faserkunststoffverbund (FKV) eine hervorragende Alternative als Spaltröhrenmaterial dar und können den Wirkungsgrad gegenüber metallischen Spaltröhren um bis zu 30 % verbessern.

In allen Anwendungen ist das Spaltröhre ein zentrales Bauteil der Pumpe und muss in Nassläuferpumpen hohe Anforderungen erfüllen. Das Spaltröhre ist insbesondere gleichzeitig hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt, unterliegt hohen Medienbeständigkeit aufweisen, je muss nach Anwendung auch trinkwasserzugelassen sein. Ausfälle oder Undichtigkeiten im Betrieb können zu Folgen mit unkalkulierbarem Ausmaß führen.

#### IV. HYBRIDSPALTROHR

Grundsätzlich besteht das FWH – Spaltröhr aus einer medienführenden Innenschicht (Liner) und einer im Faserwickelverfahren (engl. Filament Winding) hergestellten Armierung. Die Bauart dieses Spaltröhres erfüllt die hohen Anforderungen in Nassläuferpumpen. Aufgrund der in Umfangsrichtung kontinuierlich verlaufenden Kohlenstofffaser in Kombination mit einer mediendichten Innenschicht (Liner) ergeben sich besondere Eigenschaften, die sich mit anderen Konstruktionen nicht erreichen lassen.

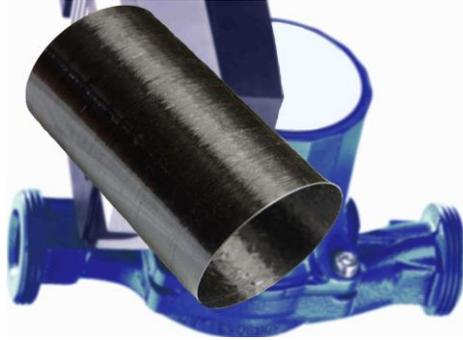


Abbildung 1: FilaWin®-Spaltröhr aus CFK.

Die von CirComp entwickelte FilaWin® Technologie bietet einen sehr präzisen und wiederholgenauen Fertigungsprozess, ermöglicht die Herstellung von patentierten Komponenten mit geringen Toleranzen sowie hoher Qualität und bietet zudem ein sehr gutes Preis - Leistungs - Verhältnis. Die Nachfrage für in dieser Technologie gefertigte Komponenten ist daher sehr hoch. Die in Umfangsrichtung kontinuierlich und gestreckt verlaufenden Kohlenstofffasern (Abbildung 2) ermöglichen die hohen Festigkeiten, Steifigkeiten und die Verhinderung von Kriechen bei erhöhten Temperaturen. Zudem stellt sich ein für die Anwendung idealer thermischer Ausdehnungskoeffizient ein. Aufgrund dieser Eigenschaften wird die Dichtwirkung zwischen Hybrid - Spaltröhr und statischer O-Ring Dichtung des Pumpengehäuses dauerhaft über die Lebensdauer der Pumpe sichergestellt. Erst durch die Hybridbauweise der beschriebenen Faserverbundarmierung in Verbindung mit einem thermoplastischen Liner, beispielsweise aus Polyphenylensulfid (PPS), lassen sich auch die Anforderungen der Medienbeständigkeit und Diffusionsdichtigkeit ohne Kriechneigung und ohne Mikrorissbildung realisieren. Die besonderen Eigenschaften des FWH – Spaltröhres (FWH = FilaWin - Hybrid) sind in Tabelle I zusammengefasst.

TABELLE I: FWH – SPALTROHR EIGENSCHAFTEN

Herstellprozess	großserientauglich
Toleranzen im Innendurchmesser	minimal
Medienführende Schicht	dauerbeständig,
Diffusionsdicht	ja
Thermische Ausd. in Umfangsrichtung	~ 0 1/K
Kriechen unter Druck und Temperatur	kein Kriechen
Steifigkeit in Umfangsrichtung	hoch
Festigkeit in Umfangsrichtung	hoch

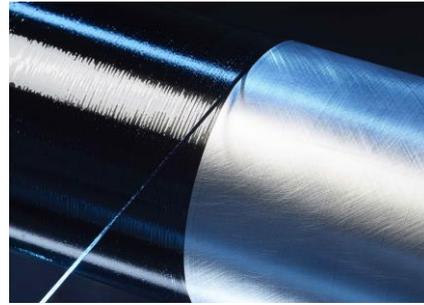


Abbildung 2: FilaWin®-CF Rovingablage.

Vor der Großserien-Einführung von FWH – Spaltröhren in Warmwasser-Nassläufer-Pumpen im Jahr 2004 wurden eingehende systematische Untersuchungen an Kunststoffspaltröhren durchgeführt. Neben statischen kurzzeit Druckversuchen wurden insbesondere zahlreiche Langzeituntersuchungen an unterschiedlichen Kunststoffspaltröhrbauweisen durchgeführt.



Abbildung 3: Druckwechseltest

Darunter auch monolithische, kurz- und langfaserverstärkte Extrusions- und Spritzgussbauweisen, verschiedene Bauweisen hinterspritzter Einleger, Gewebestrukturbauweisen und weitere Bauweisen.



Abbildung 4: Temperaturwechseltest

In Dauerwechsellversuchen (Abbildung 3) sowie im Dauer-versuch bei erhöhten Drücken in Kombination mit erhöhten Temperaturen (Abbildung 4) stellten sich Ausfälle, vornehmlich durch Kriechen, Mikrorissbildung, zu geringer Steifigkeit und zu hoher thermischer Ausdehnung, insbesondere im Bereich von Abdichtungen, ein. Einzig die FWH – Spaltröhre haben die Prüfungen ausnahmslos bestanden.

TABELLE II: AUSZUG AUS DER SPALTROHRQUALIFIZIEURNG

Bewertung	u.a. FMEA
Dauertest / Verschleiß	Feldtests
Statische Alterungssimulation	u.a. Einlagerung,
Medienbeständigkeit	Feldtest / Materialvers.
Temperaturlastwechselversuche	u.a. DVGW W534
Druckwechseltest	u.a. DVGW W534

## V. FAZIT

Die in Umfangsrichtung kontinuierlich kohlenstofffaserverstärkte Hybridbauweise erfüllt die hohen Langzeitanforderungen wodurch diese Bauweise heute ausnahmslos in allen Warmwasser-Nassläuferpumpen mit Kunststoffspaltrohren der erhöhten Leistungsklassen Einsatz findet. Nach einer 5-jährigen Entwicklungs- und Qualifizierungsphase sowie anschließender Feldversuche sind FilaWin®-Hybrid-Spaltrohre heute weit verbreitet und haben eine beeindruckende Erfolgsgeschichte (track record). Derartige hocheffiziente Umwälzpumpen mit modernster Antriebstechnik sind geeignet für warme und kalte Medien einschließlich Trinkwasser, Erdwärme- und

Solarsysteme in Wärme- und Kältekreisläufen und führen durch Einsatz der hocheffizienten FilaWin-Hybrid-Spaltrohre und des damit erreichten hohen Wirkungsgrad in Verbindung mit der robusten Bauweise zu deutlich niedrigeren Energie- und Betriebskosten.

## LITERATUR

- [1] J. Schuberth und A. F., „Die EG-Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Umwälzpumpen,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2009.
- [2] J. F. Gülich, Kreiselpumpen - Handbuch für Entwicklung, Anlagenplanung und Betrieb, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [3] H. Kech, „Neue energiesparende Pumpenantriebe für Solaranlagen und Heizungstechnik“, 2002.
- [4] Bine Informationsdienst, „Stromsparende Pumpen für Heizungen und Solaranlagen, Projektinfo 13/01,“ Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, Eggstein-Leopoldshafen, 2013.
- [5] N.N., Pumpenhandbuch