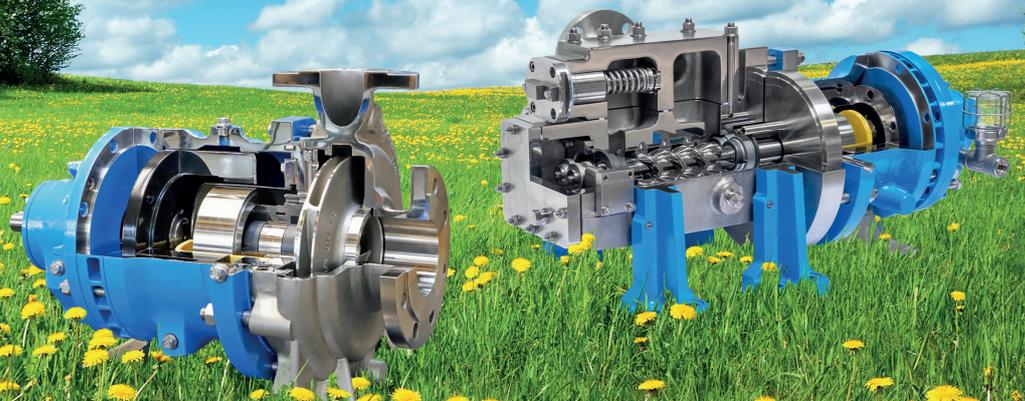




Wasserstoff und Prozesstechnik
Energieversorgung
Industrieprozesse | Kreislaufwirtschaft | Ressourcen
Dezentralität | Energie- und Wärmenetzwerke
Logistik



RESSOURCEN-ERHALT MIT MAGNETGEKUPPELTEN PUMPEN



Energie- und CO₂-Einsparung durch nicht-metallische Spaltpöfe in magnetgekoppelten Pumpen

Ralf Schienhammer



Abb. 1: Energiesparen ist sowohl bei der Nutzung als auch bei der Herstellung von Pumpen ein wachsendes Anliegen

Steigende Energiekosten und ein zunehmendes Bewusstsein für die Begrenzung der CO₂-Belastung durch die Produktion führen in vielen Bereichen zu einer zunehmenden Besorgnis darüber, wie der Energieverbrauch gesenkt werden kann. Natürlich sind Pumpen und deren Antriebe einer der größten Energieverbraucher, die es zu berücksichtigen gilt und zwar direkt (Stromverbrauch der Antriebe) wie indirekt (andere Energieverbräuche und Wartungsanforderungen).

Die derzeitige Situation

Der erste Schritt hin zu einer energieeffizienteren Flüssigkeitsförderung war und ist heute noch das Bestreben nach einer erhöhten Energieeffizienz der Pumpenantriebe.

Für Elektromotoren sind immer höhere Wirkungsgrade gefordert, um

aktuelle und zukünftige Vorschriften zu erfüllen (ohne Berücksichtigung des Ressourcenbedarfs, da zur Erreichung derer immer mehr Kupfer benötigt wird).

Für das Beispiel eines typischen 45-kW-2-Pol-Motors gelten folgende Mindestwirkungsgrade:

- IE2: 92,9 %
- IE3: 94,0 %
- IE4: 95,0 %

Gemäß diesen Anforderungen und unter der Voraussetzung, dass die Pumpe so ausgelegt werden kann, dass der Motor unter oder nahe der Volllast läuft sowie die Pumpe das ganze Jahr über 24 Stunden am Tag in Betrieb ist, würde die Differenz zwischen einem IE2- und einem IE3-Motor etwa 4.965 kWh betragen, während die Differenz zwischen

einem IE3- und einem IE4-Motor etwa 4.414 kWh betragen würde.

Die EAA-Website gibt folgende aktuelle CO₂-Äquivalente für das Jahr 2021 an: ein durchschnittliches Äquivalent für alle 27 europäischen Mitgliedstaaten von 275 g CO₂ e/kWh, wobei einige stark industrialisierte Länder deutlich höhere Werte aufweisen (Deutschland 402 g CO₂ e/kWh, Niederlande 418 g CO₂ e/kWh) und andere natürlich deutlich niedriger liegen (Frankreich 67 g CO₂ e/kWh oder Schweden mit nur 9 g CO₂ e/kWh).

Der durchschnittliche Strompreis für Nicht-Haushaltskunden in der EU wurde für die zweite Jahreshälfte 2022 auf 0,21 €/kWh festgelegt, wobei auch hier je nach Land eine große Bandbreite besteht. Wenn wir diese Zahlen verwenden, erhalten wir folgende Ergebnisse für einen 45-kW-Motor, der das ganze Jahr über mit Spitzenlast betrieben wird:

Wirkungsgradklasse	IE2	IE3	IE4
Minimaler Wirkungsgrad	92,9 %	94,0 %	95,0 %
Betriebsstunden	8.760 h	8.760 h	8.760 h
Stromaufnahme	424.327 kWh	419.362 kWh	414.947 kWh
CO ₂ e produziert	116,7 Tonnen CO ₂ e	115,3 Tonnen CO ₂ e	114,1 Tonnen CO ₂ e
Stromkosten	89.108,67 €	88.066,02 €	87.138,87 €

Der Einbau eines IE4-Motors anstelle eines IE3-Motors spart also im günstigsten Fall 927,15 € und etwa 1,2 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr.

Der einfachste Schritt – direktes Handeln

Unternehmen haben viel Zeit und Geld in die Modernisierung der installierten Elektromotoren investiert und dabei eine oftmals viel einfachere und wirkungsvollere Möglichkeit, die Energieeffizienz ihrer dichtsungslosen Pumpen zu verbessern, außer Acht gelassen: Die Spalttopf-Technologie. Durch den Einsatz nicht-metallischer Spalttöpfe aus Hochleistungs-Industrikeramik kann der Wirkungsgrad von dichtsungslosen Pumpen bei kleinen Hydrauliken um 5 bis 10 % sowie bei größeren Hydrauliken um 10 bis 20 % gesteigert werden. Die Technologie hat sich seit mehr als 25 Jahren in der Praxis bewährt und wird für anspruchsvollste Anwendungen eingesetzt.

Nicht-metallische Spalttöpfe sind nicht elektrisch leitend. So übertragen sie den Strom ohne Wirbelstromverluste und arbeiten verlustfrei, was sich direkt auf den Stromverbrauch auswirkt. Dadurch können kleinere und effizientere Motoren eingesetzt werden, was sich wiederum direkt auf die bestehenden Pumpenanlagen auswirkt, ohne dass neues Equipment installiert werden muss.

Im Hinblick auf das zuvor genannte Beispiel ergeben derart große Einsparpotentiale, dass es keine Rolle spielt, auf welcher IE-Motorklasse die Zahlen basieren: 17,7 Tonnen CO₂ oder 13.554,90 Euro Stromkosten pro Jahr.

Ein Schritt weiter

Es wäre jedoch ein Irrtum, die Anwendbarkeit der nicht-metallischen Spalttopf-Technologie nur auf Anlagen zu beschränken, die bereits

heute dichtsungslos sind. Dichtsungslose Pumpen machen immer noch eine große Minderheit der installierten Pumpen aus, obwohl sie im Vergleich zu mechanisch abgedichteten Pumpen signifikante Vorteile bieten, wenn man den gesamten Pumpenbestand in jeder Art von Anlage bzw. Installation betrachtet:

- Gleitringdichtungen haben eine begrenzte Lebensdauer – sind die Dichtungen verschlissen, müssen die Pumpen entsprechend zur Wartung abgeschaltet werden.
- Dichtungen weisen stets eine gewisse Leckage auf, sei es in die Atmosphäre (bei einfachwirkenden Dichtungen) oder in das Produkt (bei doppelwirkenden Dichtungen). Das bedeutet wiederum einen Verlust an Produkt oder Produktqualität und eine Verunreinigung der Umwelt durch das Produkt oder die Sperr- bzw. Quenchnflüssigkeit.
- Doppeltwirkende und/oder gequenchte Dichtungen erfordern zusätzliche Betriebsmittel wie Sperrflüssigkeiten, Dampf, Stickstoff oder Sauerstoff, deren Vorbereitung und Bereitstellung Energie und zusätzliche Ausrüstung erfordern. Eine naheliegende Lösung wäre die Verwendung von dichtsungslosen Pumpen (magnetgekuppelt oder mit Spaltrohrmotor). Jedoch werden diese aufgrund einiger weit verbreiteter Mythen und Vorurteile noch immer nicht als mögliche Lösung in Betracht gezogen. Mit den technischen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte gibt es jedoch für so ziemlich jeden Punkt, für den dichtsungslose Pumpen heute noch kritisiert werden, praxiserprobte Lösungen.

Mythos 1: Dichtsungslose Pumpen sind weniger effizient als mechanisch abgedichtete Pumpen

Dies ist ein typischer Kritikpunkt und zugleich einer der komplexesten, da der Wirkungsgrad einer Pumpe von verschiedenen Faktoren abhängt:

- Hydraulischer Wirkungsgrad der Pumpe
- Wirkungsgrad des Antriebs
- Einfluss der Leistungsübertragung

Mythos 1a – Die dichtsungslose Pumpenhydraulik hat einen schlechteren Wirkungsgrad als die abgedichtete Hydraulik

Der erste Teil, die Effizienz der Pumpenhydraulik, lässt sich am leichtesten aus der Welt schaffen. Denn bei den meisten Herstellern ist die verwendete Hydraulik bei abgedichteten und dichtsungslosen Ausführungen die gleiche – ohne nennenswerte Energieauswirkungen.

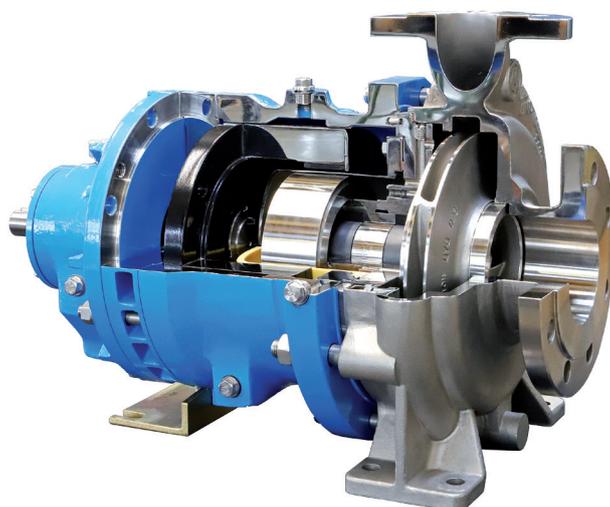


Abb. 2: Standard-Hydraulikeinheit – identisch mit der einer mechanisch abgedichteten Pumpe

Mythos 1b – Dichtungslose Pumpenantriebe sind weniger effizient als mechanisch abgedichtete Pumpenantriebe

Der Wahrheitsgehalt dieses Mythos hängt von der Art der dichtungslosen Pumpe ab. Bei einer Magnetkupplungspumpe werden die gleichen Normmotoren verwendet wie bei einer mechanisch abgedichteten Pumpe. Es gibt somit keinen Unterschied. Der elektrische Wirkungsgrad von Spaltrohrmotorpumpen hängt hingegen von der Qualität des Elektromotors und damit vom Hersteller ab, da sie keine Normmotoren verwenden können.

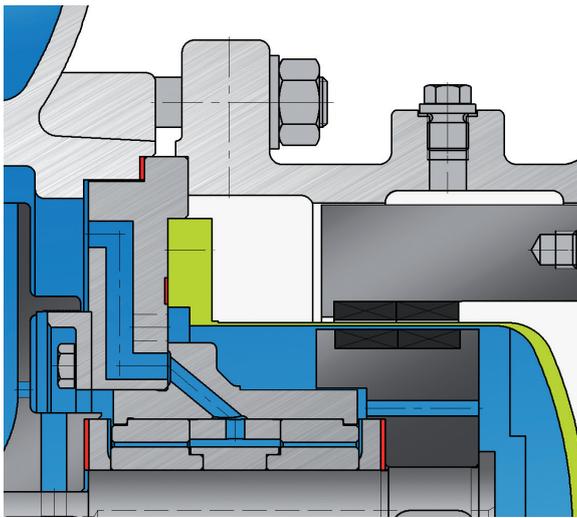


Abb. 3: Gegebenenfalls Anpassung des Flüssigkeitsspaltes zur Verringerung des Flüssigkeitswiderstandes

Mythos 1c – Alles was man an Hilfs- bzw. Betriebsmitteln einsparen kann, wird durch Übertragungsverluste wieder aufgefressen

Üblicherweise bezieht sich diese Behauptung auf die Übertragungsverluste, die mit dem metallischen Spalttopf einhergehen, oder, es wird sogar noch auf die Flüssigkeitsreibung bei Dichtungslosenpumpen im Bereich des Spalttopfes bzw. Spaltrohrs hingewiesen.



Abb. 4: Hochbelastbare Spalttöpfe aus Industriekeramik für bis zu 63 bar

Zunächst zum letzten Punkt: Mit einem sorgfältig kontrollierten Flüssigkeitsspalt im Spalttopfinnenraum kann der Flüssigkeitswiderstand für Kreiselpumpen praktisch eliminiert werden. Selbst bei hohen Viskositäten, bei denen üblicherweise Verdrängerpumpen zum Einsatz kommen, können die Reibverluste durch die Flüssigkeit durch eine gewissenhafte Betrachtung und ggf. Anpassung des Flüssigkeitsspaltes und der Pumpendrehzahl minimiert werden.

Ersteres trifft seit 25 Jahren nicht mehr zu, insbesondere nicht für magnetgekoppelte Pumpen. Nichtmetallische Spalttöpfe, idealerweise aus Hochleistungs-Industriekeramik, ermöglichen eine verlustfreie Leistungsübertragung. Mit modernen Magnetantriebstechnologien können je nach Anwendung und anderen Faktoren Leistungen von bis zu 1 MW übertragen werden, so dass dem Einsatz von Magnetkupplungen in Bezug auf Größe, Pumpenart oder Anwendung praktisch keine Grenzen mehr gesetzt sind.

Mythos 2: Dichtungslose Pumpen haben mehr Verschleißteile als mechanisch abgedichtete Pumpen

Auch hier hängt es von der Konstruktion der Pumpe und den Kundenspezifikationen ab. Eine magnetgekoppelte Blockpumpe, die bei sehr niedrigen bis sehr hohen Temperaturen (-200 bis +400 °C) zuverlässig eingesetzt werden kann, hat nicht mehr, sondern weniger Verschleißteile als eine mechanisch abgedichtete Pumpe. Bei der Blockausführung wird der Magnettreiber direkt auf die Welle des Standard-Elektromotors gesetzt. Somit gibt es weniger Verschleißteile, da sie ohne dynamisches Dichtelement, ohne Kupplung und ohne zusätzlichen Lagerträger auskommt. Der Wartungsaufwand sowie die Kosten werden im Vergleich zu mechanisch abgedichteten Pumpen signifikant reduziert.

Die Gleitlager sind ohnehin wartungsfrei, sofern die Pumpe ordnungsgemäß und in sauberen Flüssigkeiten betrieben wird (oder die Lager entsprechend ausgewählt wurden – dazu später mehr).

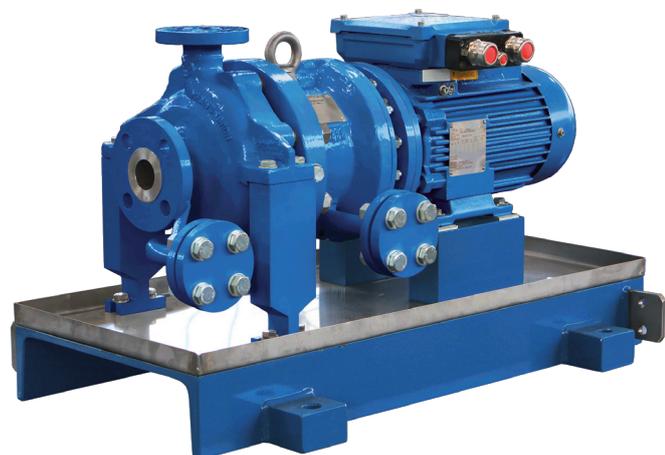


Abb. 5: Wartungsfreundliche magnetgekoppelte Kreiselpumpe in Blockbauweise zur Reduzierung der Installations- und Wartungskosten

Mythos 3: Gleitlager von dichtungslosen Pumpen sind für niedrige Viskositäten nicht geeignet

Das war lange Zeit der Fall. Aber mit heute verfügbaren zuverlässigen High-Tech-Materialien ist es möglich, selbst Flüssiggase mit Viskositäten unter 0,1 cP selbst mit den größten Hydrauliken problemlos zu fördern. Lösungen für hochviskose Flüssigkeiten gibt es schon seit Jahrzehnten und der Betrieb mit niedriger Viskosität ist selbst ohne Hilfsmittel zur Kühlung und/oder Spülung unproblematisch.



Abb. 6: Pumpe zur Förderung von Flüssigstickstoff bei einem Test für neue Lager

Mythos 4: Gleitlager von dichtungslosen Pumpen können Feststoffe nicht vertragen

Entscheidend ist eine offene und ehrliche Kommunikation mit dem Pumpenlieferanten. Moderne Werkstoffe ermöglichen extrem hohe Belastungen ohne Beschädigung der Gleitlager. Die heute verfügbaren hochverschleißfesten Spalttöpfe aus Industriekeramik verbessern die Festigkeit weiter und ermöglichen Anwendungen, bei denen traditionelle dynamische Wellendichtungen an ihre Belastungsgrenzen kommen. Darüber hinaus ermöglichen Magnetfilter bei Bedarf sogar die Förderung von Flüssigkeiten, die eisenhaltige Feststoffe wie Eisenoxide enthalten.



Abb. 7: Völlig verschlissenes Pumpenlaufrad nach schwerer Sandbelastung mit unbeschädigtem Keramikspalttopf

Mythos 5: Dichtungslose Pumpen sind gegenüber einer falschen Bedienung empfindlicher als mechanisch abgedichtete Pumpen

Neben der Art der Pumpe ist auch hier eine offene und ehrliche Kommunikation zwischen Kunde und Hersteller entscheidend. Die heutige Technologie nicht-metallischer Spalttöpfe ermöglicht Gleitlager, die weit über den normalen Betriebsbereich hinaus agieren können und einen Trockenlauf über eine überraschend lange Zeit überstehen (Klaus Union hat die Trockenlauf-fähigkeit für mehr als eine Stunde ohne nachteilige Auswirkungen auf die Lagerleistung nachgewiesen). Entgegen unserer offiziellen Vorgabe haben Kunden – versehentlich – die Richtigkeit unserer Tests im laufenden Betrieb bestätigt.

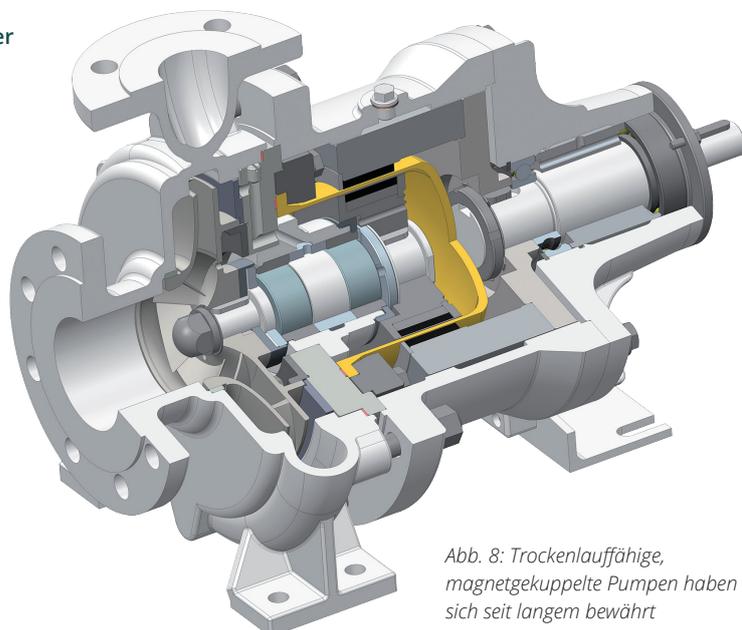


Abb. 8: Trockenlauf-fähige, magnetgekoppelte Pumpen haben sich seit langem bewährt

Mythos 6: Dichtungslose Pumpen benötigen mehr und sehr teure Instrumente für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

Auch hier gilt: Mit dem Einsatz nicht-metallischer Spalttöpfe ist das nicht mehr der Fall. Bei Verwendung eines

solchen Spalttopfes kann eine magnetgekuppelte Pumpe ohne zusätzliche Instrumentierung in einem explosionsgefährdeten Bereich betrieben werden, sofern der Kunde den Betrieb innerhalb der vorgegebenen Grenzen sicherstellt.

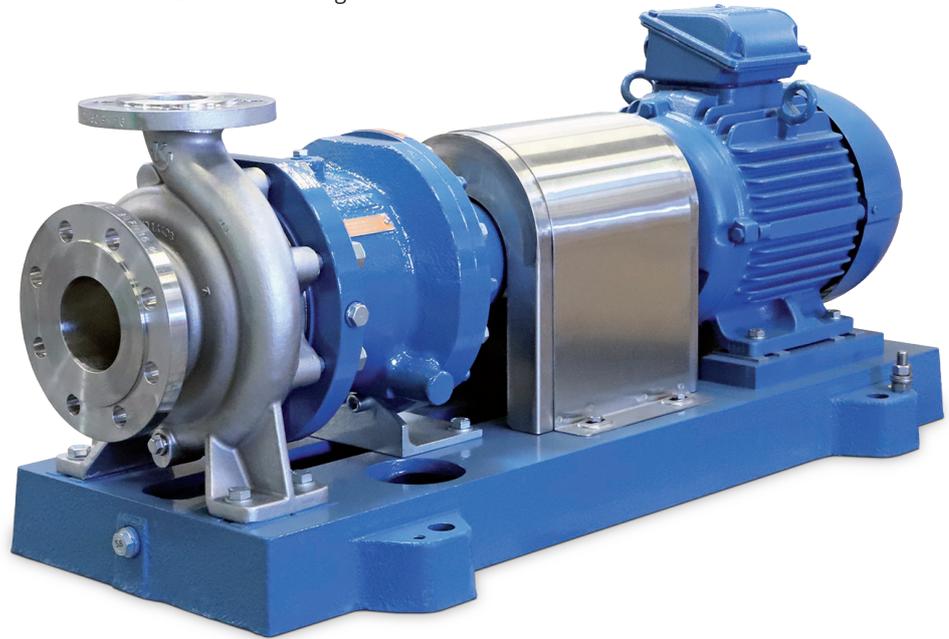


Abb. 9: Standard-Kreiselpumpe ohne zusätzlichen Instrumentierungsaufwand

Abschluss

Natürlich ist keine Technologie die ideale Lösung für jede Art von Anwendung. Das gilt auch für dichtungslose Pumpen mit Magnetkupplung – sie sind nicht das Wundermittel zur Lösung aller Probleme. Doch es gibt viele Anwendungen, bei denen ihre Fähigkeiten zur Verbesserung

der Effizienz und zur Verringerung des Wartungsaufwands auch heute noch verkannt werden. Das mag daran liegen, dass sich Ingenieure und das Wartungspersonal an die Situation gewöhnt haben, wie sie sich in den vergangenen Jahrzehnten entwickelt hat oder dass sie in der Vergangenheit durch falsch ausgewählte Pumpen gebrandmarkt wurden.

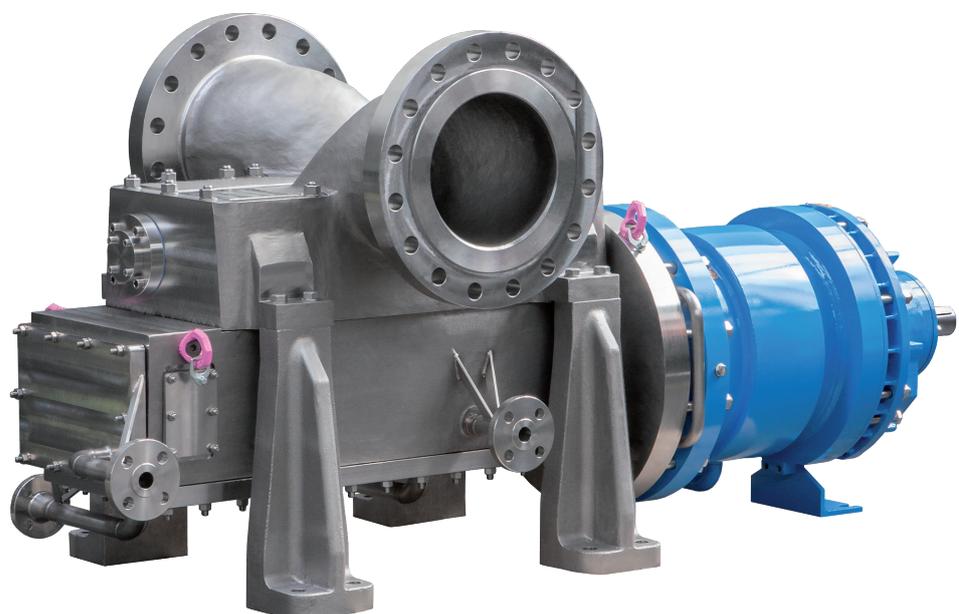


Abb. 10: Magnetgekuppelte Schraubenpumpe zur Förderung von Bitumen ohne Dichtungsversorgungssystem oder Dampf-Quench

Dichtungslose Pumpen sowohl Kreisel- als auch Verdrängerpumpen, die mit nicht-metallischen Spaltpföfen aus Hochleistungs-Industriekeramik ausgestattet sind, bieten enorme monetäre wie energetische Einsparpotentiale. Direkt, indem eliminierte Wirbelstromverluste den Bedarf

an Instrumentierungen obsolet machen und indirekt, da sie zum einen den Wartungsaufwand und die Anzahl der Verschleißteile reduzieren und zum anderen die Zuverlässigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Pumpendichtungen erhöhen.

Abb. 11: Schraubenspindel-pumpe zur Förderung hochviskoser Polymere ohne zusätzliche Hilfsmittel

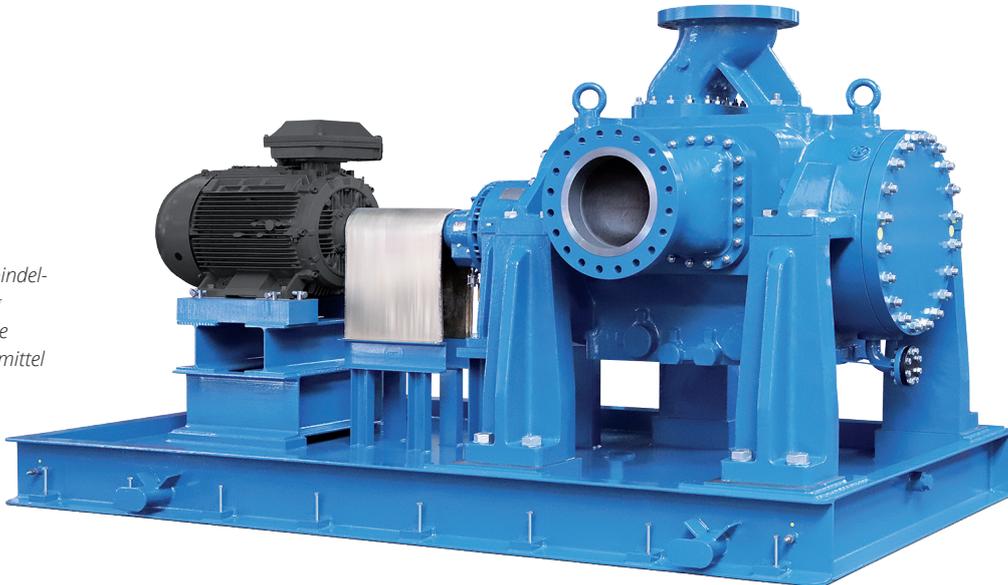


Abb. 12: Hochbelastbare vertikale Inline-Pumpe für den Einsatz mit hohen Feststoffanteilen und dem Risiko eines Trockenlaufes



Sie können für verflüssigte natürliche Gase, kryogenes CO₂, hochgefährliche chemische und petrochemische Produkte und darüber hinaus für schwer abzudichtende Produkte wie Vakuumrückstände, Teer, Bitumen und Asphaltene sowie Polymere eingesetzt werden. Dabei kann der Betreiber mit Ausnahme der Stromversorgung weitgehend auf Hilfsmittel verzichten. Das vereinfacht die Anlagen und senkt sowohl die Investitions- als auch die Betriebs- und Wartungskosten. Der Schlüssel ist hier die gezielte Anwendung bewährter, zuverlässiger und robuster Technologien.

Autor:
Ralf Schienhammer
Sales Director Pumps & Projects
Klaus Union GmbH & Co. KG