

Analyse der Sperrwasserkosten in der Papier- und Zellstoffindustrie

H. Jaberg, K. Senfter, G. Weinhofer, B. Ulm,
W. Kronsteiner, P. Vogl, J. Schachinger, S. Gruber, St. Moitzi

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

07/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder bei:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3
1180 Wien

Analyse der Sperrwasserkosten in der Papier- und Zellstoffindustrie

Projektleitung:

O.Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Jaberg,
Dipl.-Ing. Klaus Senfter
TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ;
Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen

Projektmitarbeit:

Dipl.-Ing. Georg Weinhofer
TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ;
Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen

Dipl.-Ing. Bernward Ulm,
Ing. Walter Kronsteiner
MONDI BUSINESS PAPER

Ing. Peter Vogl,
Ing. Johann Schachinger
UPM-KYMMENE

Ing. Siegfried Gruber,
Ing. Stefan Moitzi
ZELLSTOFF PÖLS

Graz, April 2005

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG 1 (DEUTSCH).....	5
KURZFASSUNG 1 (ENGLISH).....	6
KURZFASSUNG 2 (DEUTSCH).....	7
KURZFASSUNG 2 (ENGLISH).....	14
1. EINLEITUNG.....	21
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik.....	21
1.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	21
1.3 Fokus/Schwerpunkt der Arbeit.....	21
1.4 Einpassung in die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“.....	23
1.5 Kurzbeschreibung des Aufbaues.....	23
1.6 Kurzbeschreibung der Projektpartner.....	23
1.7 Anmerkungen.....	25
2. ZIELE DES PROJEKTES.....	27
3. INHALTE UND ERGEBNISSE DES PROJEKTES.....	28
3.1 Beschreibung der Dichtungssysteme.....	28
3.1.1 Dichtungsproblematik.....	28
3.1.2 Arten der eingesetzten Dichtungssysteme.....	28
3.1.3 Dichtungssysteme ohne Sperrwasser.....	29
3.1.3.1 Einfache Gleitringdichtung.....	29
3.1.3.2 Hydrodynamische Dichtung.....	30
3.1.4 Dichtungssysteme mit Sperrwasser.....	31
3.1.4.1 Stopfbuchspackung (Stopfbuchsdichtung).....	31
3.1.4.2 Doppelte Gleitringdichtung.....	31
3.2. KOSTEN DER DICHTUNGSSYSTEME.....	33
3.2.1 Kostenarten.....	33
3.2.2 Kosten für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser.....	33
3.2.2.1 Kostenarten für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser.....	33
3.2.2.2 Ermittlung der Kosten für Dichtungen ohne Sperrwasser.....	34
3.2.2.3 Gesamtkosten der Dichtungssysteme ohne Sperrwasser.....	37
3.2.3 Kosten für Dichtungssysteme mit Sperrwasser.....	38
3.2.3.1 „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“.....	38
3.2.3.2 Kostenarten im „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“.....	41
3.2.3.3 Ermittlung der Kosten für Dichtungen mit Sperrwasser.....	44
3.2.3.4 Gesamtkosten der Dichtungssysteme mit Sperrwasser.....	56
3.2.4 Gegenüberstellung der Dichtungssysteme.....	61
3.2.4.1 Anschaffungskosten der Dichtung.....	61
3.2.4.2 Instandhaltungskosten der Dichtung.....	61
3.2.4.3 MTBF-Wert.....	62
3.2.4.4 Elektrischer Leistungsbedarf.....	63
3.2.4.5 Vergleich der Gesamtkosten.....	63
3.3. Handlungsfenster zur Kosten- und Wasserreduktion beim Betrieb von Stoffpumpen.....	67
3.3.1 Verringerung der derzeitigen Sperrwassermenge.....	67
3.3.2 Prozesswasser als Sperrwasser.....	70
3.3.3 Einleiten des Sperrwassers in den Prozess.....	70
3.3.4 Verzicht auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser bzw. Umstieg auf sperrwasserfreie Dichtungssysteme.....	70

3.4. GEGENÜBERSTELLUNG DER FIRMENDATEN.....	73
3.4.1 Instandhaltungskosten / MTBF-Wert	73
3.4.1.1 Aufteilung der IH-Kosten auf Personal und Material.....	76
3.4.1.2 Instandhaltungskosten nach Pumpen- und Dichtungstyp.....	77
3.4.2 Sperrwassermenge.....	81
3.4.2.1 Sperrwassermenge nach Dichtungstyp.....	81
3.4.2.2 Sperrwassermenge nach Pumpenleistung.....	82
3.4.2.3 Sperrwassermenge mit und ohne Rotameter.....	82
3.5. HANDLUNGSFENSTER FÜR DIE EINZELNEN FIRMEN.....	84
3.5.1 PÖLS.....	84
3.5.2 UPM.....	86
3.5.3 MONDI.....	88
3.6 PROGRAMM ZUR SELBSTANALYSE VON STOFFPUMPEN.....	90
3.7 INNOVATIONSGEHALT DES PROJETES.....	92
3.8 VERWERTUNG DER ERGEBNISSE.....	92
4. DETAILANGABEN ZU DEN ZIELEN „FABRIK DER ZUKUNFT“ ..	93
4.1 Beitrag des Projektes zu den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung.....	93
4.2 Einbeziehung der Zielgruppen.....	95
4.3 Beschreibung der Potentiale des Projektes.....	95
5. SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	96
LITERATURVERZEICHNIS.....	98
ABBILDUNGSVERZEICHNIS/TABELLENVERZEICHNIS.....	99

Kurzfassung 1 (Deutsch)

Titel: Analyse der Sperrwasserkosten in der Papier- und Zellstoffindustrie

Motivation: Das Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen der TU Graz führte Anfang 2003 eine Betreiberbefragung in Österreich und Deutschland zum Thema „Kreiselpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie“ durch. Bei der Auswertung dieser Befragung stellte sich unter anderem heraus, dass das Thema „Sperrwasser“ für viele Betreiber aus folgenden Gründen eine wichtige Rolle spielt:

- Verschmutzung der Umwelt
- Abwasserreinigung
- Energie- und Wasserverbrauch
- Betriebskosten (Standzeiten der Dichtungen,...)

Hieraus entstand die Idee zum oben genannten Projekt.

Ziele: Ziel dieses Projektes ist es, durch eine detaillierte Bestimmung der Sperrwasserkosten (unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen) den Betreibern aufzuzeigen, dass es für sie nicht nur aus ökologischen Motiven, sondern vor allem aus ökonomischen Gründen sinnvoll ist, in Zukunft auf Systeme, welche Sperrwasser benötigen, zu verzichten. Neben der Kostenersparnis für die Betreiber würde dies auch zu einer immensen Frischwassereinsparung führen. Fundierten Schätzungen zufolge könnten jährlich 8-10 Mio. m³ allein in der Papier- und Zellstoffindustrie in Ö und D eingespart werden, was dem wöchentlichen Wasserverbrauch der Österreicher entspricht (ohne Industrie und Landwirtschaft).

Inhalt: Bei der o.g. Befragung wurden 60 Unternehmen befragt, welche ungefähr die Hälfte der Jahresproduktion abdecken und insgesamt mehr als 30.000 Pumpen im Einsatz haben, wovon etwa 12.000 sogenannte Stoffpumpen sind. Bei den eingesetzten Kreiselpumpen im Stoffbereich (Stoffpumpen) kommen verschiedene Dichtungssysteme zum Einsatz (Stopfbuchse, einfache Gleitringdichtung, doppelte Gleitringdichtung mit Quench oder Sperrflüssigkeit, hydrodynamische Dichtung), welche zum Teil einen großen Bedarf an Sperrwasser benötigen. Die Sperrwasserproblematik wird von vielen Betreibern als „notwendiges Übel“ in Kauf genommen, wobei keiner die daraus resultierenden Kosten benennen kann.

Durchführung (grober Projektablauf): Die Projektdurchführung muss naturgemäß in Zusammenarbeit mit Vertretern der österreichischen Papier- und Zellstoffindustrie erfolgen, deren Mitglieder direkt von den Ergebnissen profitieren können. Die Erhebung der erforderlichen Daten soll in der Industrie bei ausgewählten und repräsentativen Unternehmen erfolgen.

Ergebnisse: Projektergebnisse sind die Kenntnis der Sperrwasserkosten (als auch der Einflussparameter) für die Betreiber, sowie das mögliche Einsparungspotential beim Einsatz von sperrwasserlosen Dichtungssystemen. Aus den gewonnenen Daten der beteiligten Projektpartner soll im Rahmen dieses Projektes ein allgemein anwendbares Werkzeug zur einfachen und effizienten Bestimmung der Sperrwasserkosten bzw. des möglichen Einsparungspotentials entwickelt werden, auf welches dann sämtliche Betreiber zurückgreifen können (Werkszug zur Selbstanalyse). Weiter soll das Projekt aufzeigen, dass eine ressourcenschonende Wirtschaftsweise (Einsparung großer Frischwassermengen, Energieeinsparung, Abwassermengenreduktion,...) auch wirtschaftliche Vorteile (geringere Produktionskosten) mit sich bringen kann.

Kurzfassung 1 (Englisch)

Title: Analysis of the sealing water costs in the paper- and pulp industry

Motivation: The INSTITUTE FOR HYDRAULIC FLUIDMACHINERY on the technical university of Graz accomplished at the begin of this year an operators questioning in Austria and Germany to deal with "Rotary Pumps in the Paper- and Pulp Industry". One of the results of this questioning was, that the issue "Sealing water" play a decisive role for a lot of operators. The main reasons therefore are:

- Pollution of the environment
- Wastewater treatment (costs,...)
- Energy- and water consumption
- Costs of operation (lifetime of the seals,...)

Here from arised the idea for this project.

Goals: The target of the project is to make a detailed determination of the sealing water costs (taking into account all influencing variables). A comparison with the cost of other seal systems should point out all users of pumps which need sealing water, that there are not only ecological motives but particularly economic reasons if they use in the future seal systems, which don't need sealing water.

Apart from the cost reduction for the operators this would lead to a immense reduction of fresh water amount. According to profounded estimations, alone in the paper- and pulp industry in Austria and Germany could be economised annually between 8 and 10 m³ of fresh water, what equals the weekly water consumption of the Austrians (without industry and agriculture).

Content: At the used rotary pumps in the paper- and pulp industry are applied some different types of packings (stuffing box, simple floating ring seal, double floating ring seal, hydro mechanical seal) which need in part a lot of sealing water. Especially pumps with stuffing boxes, which are used frequently in this area, need a lot of fresh water for sealing purposes but also the other sealing versions need in part sealing water respectively there are leakages, what leads also to a water pollution.

Many operators know the problems with the sealing water, they accept it as a "required evil" but nobody knows the resulting costs, caused by the sealing water. By this project it will be possible for the first time to specify this costs. It shows all the operators, which reduction of costs there are possible in there companies, if they use sealing systems, which don't need sealing water.

Procedure: The project realisation must be effected naturally in close collaboration with representatives of the Austrian paper- and pulp industry, whose members can profit direct by the results of the project. The determination of the required dates should be made in the industry, at selected and representative companies. Further must be developed a measurement-and evaluation method, which have to be assumed, accepted and used by themselves.

Results: The result of this project is the knowledge of the sealing water costs (and also the knowledge of all influence parameters) for the operators of pulp pumps as well as the possible reduction of costs, if they use systems, which doesn't need sealing water. From all the information of the operators should be made a general applicable program to calculate in a easy manner the sealing water cost respectively the possible cost reduction if they use system which work without sealing water.

Kurzfassung 2 (Deutsch)

Titel: Analyse der Sperrwasserkosten in der Papier- und Zellstoffindustrie

Einleitung

Zum Zwecke der Abdichtung zwischen einem Pumpengehäuse und der Umwelt sind entsprechende Dichtungen notwendig, wobei bei den sogenannten Stoffpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie fast ausschließlich vier Dichtungssysteme zum Einsatz kommen: Stopfbuchspackung, einfache Gleitringdichtung, doppelte Gleitringdichtung und hydrodynamische Dichtung. Das Problem besteht darin, dass einige dieser Dichtungssysteme zum Teil einen erheblichen Bedarf an Sperrwasser zum Zwecke der Abdichtung, Kühlung und Schmierung benötigen. Nachdem auch Dichtungssysteme existieren, die keine Sperrwasser benötigen, führt der Einsatz von Dichtungssystemen mit Sperrwasser einerseits zur unnötigen Verschmutzung bzw. Verschwendung von wertvollen Ressourcen wie Frischwasser, andererseits auch zu erheblichen Mehrkosten sowohl in der Investitions-, als auch in der Betriebsphase. Vielen Betreibern von derartigen Pumpen ist diese Problematik sehr wohl bekannt, wobei diese als „notwendiges Übel“ in Kauf genommen wird, da keiner die damit verbundenen Mehrkosten bei der Anschaffung und im Betrieb wirklich beziffern kann. Erst wenn den Betreibern aufgezeigt werden kann, dass eine ressourcenschonende Betreibung (Einsparung großer Frischwassermengen, Energieeinsparung, Abwassermengenreduktion,...) auch wirtschaftliche Vorteile (geringere Produktionskosten, geringere Investitionskosten) mit sich bringen kann, werden entsprechende Maßnahmen in den Unternehmen ergriffen, welche auf die Substitution von Dichtungssystemen mit Sperrwasser, auf solche ohne Sperrwasser, abzielen.

Ausgangslage und Motivation

Das Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen der TU Graz hat im Jahre 2003 eine Betreiberbefragung in Österreich und Deutschland zum Thema „Kreiselpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie“ durchgeführt. Hierbei wurden 60 Unternehmen befragt, welche ungefähr die Hälfte der Jahresproduktion in Österreich und Deutschland abdecken und mehr als 30.000 Pumpen im Einsatz haben, wovon etwa 12.000 sogenannte Stoffpumpen sind. Vor allem bei den Pumpen mit Stopfbuchsen, welche bei mehr als einem Viertel der Stoffpumpen zum Einsatz kommen, sind große Mengen an Sperrwasser notwendig, aber auch die anderen Dichtungsvarianten benötigen zum Teil Sperrwasser bzw. es treten Leckagen auf, welche auch zu Verunreinigungen des Wassers führen.

Bei der Auswertung dieser Befragung stellte sich unter anderem heraus, dass das Thema „Sperrwasser“ für viele Betreiber ein Problem darstellt und aus folgenden Gründen eine wichtige Rolle spielt:

- Verschmutzung der Umwelt
- Abwasserreinigung
- Energie- und Wasserverbrauch
- Betriebskosten (Standzeiten der Dichtungen,...)

Hieraus entstand die Idee zu diesem Projekt, wobei die Durchführung nur mit Hilfe der oben genannter Fördergeldgeber möglich war.

Projekinhalt

Zur Ermittlung der mit dem Sperrwassereinsatz verbundenen Kosten und möglichen Einsparungspotentiale wurde das Projekt in folgenden Arbeitsschritten abgearbeitet:

1. Ermittlung aller relevanten Einflussparameter (Literaturrecherche, Gespräche mit den Projektpartnern)
2. Datenerhebung bei den Projektpartnern zu insgesamt 192 Stoffpumpen
3. Datenanalyse und Bewertung
4. Kostenvergleich der vier untersuchten Dichtungsvarianten

5. Erarbeitung und Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Sperrwasser- und Kostenreduktion
6. Programmentwicklung (Werkzeug zur Selbstanalyse von Stoffpumpen)

Projektziele

Ziel dieses Projektes ist es, durch eine detaillierte Bestimmung der Kosten für Dichtungssysteme mit und ohne Sperrwasser (dazu gehören auch Kosten für die Abwasserreinigung, Energiekosten, Investitionskosten, Betriebskosten,...) den Betreibern aufzuzeigen, dass es für sie nicht nur aus ökologischen Motiven, sondern vor allem aus ökonomischen Gründen sinnvoll ist, die herkömmlichen Dichtungssysteme durch Systeme zu ersetzen, die auf Sperrwasser verzichten können. Neben der Kostenersparnis für die Betreiber würde dies auch zu einer immensen Frischwassereinsparung in der Papier- und Zellstoffindustrie führen, womit ein sehr wertvoller Beitrag für den ressourcenschonenden Einsatz unserer immer knapper werdenden Wasserressourcen geleistet werden könnte. Ein weiteres Projektziel ist es, aus den gewonnenen Daten der beteiligten Projektpartner ein allgemein anwendbares Werkzeug zur einfachen und effizienten Bestimmung der Kosten für Dichtungssysteme mit und ohne Sperrwasser bzw. des möglichen Einsparungspotentials zu entwickeln, auf welches dann sämtliche Betreiber von Stoffpumpen zurückgreifen können - Werkzeug zur Selbstanalyse.

Methoden der Bearbeitung

Ausgehend von einer detaillierten Literaturrecherche zum Stand der Technik und Gesprächen mit den Projektpartnern wurden in der Eingangsphase alle relevanten Einflussparameter bezüglich der eingesetzten Dichtungssysteme mit und ohne Sperrwasser bei Stoffpumpen eruiert. Den Schwerpunkt der Arbeit hat dann eine detaillierte Erhebung sämtlicher Daten zu den identifizierten Parametern gebildet, welche einen Einfluss in bezug auf Investitions- und Betriebskosten haben. Hierzu wurden bei den drei Projektpartnern detaillierte Daten zu insgesamt 192 Pumpen mit unterschiedlichen Dichtungssystemen erhoben, ausgewertet und abschließend interpretiert. Immer wieder wurde im Rahmen der Arbeit der aktuelle Stand mit den Projektpartnern diskutiert, um auch mögliche firmenspezifische Ausprägungen einzelner Größen entsprechend berücksichtigen zu können.

Kostenvergleich für die einzelnen Dichtungssysteme

Ausgehend von den in Bild 1 dargestellten Kostenarten für Dichtungssysteme mit und ohne Sperrwasser wurden im Rahmen des Projektes die dazugehörigen Kosten für insgesamt 192 Pumpen ermittelt, wobei sich diese wie folgt auf die einzelnen Dichtungsvarianten aufteilen:

Dichtungstyp	Anzahl der untersuchten Pumpen	Sperrwasser
Stopfbuchspackung	13	ja
einfache Gleitringdichtung	117	nein
doppelte Gleitringdichtung	59	ja
hydrodynamische Dichtung	3	nein

-Tabelle 1: Übersicht über Anzahl der untersuchten Dichtungssystem



Bild 1: Kostenarten für Dichtungssysteme mit, und ohne Sperrwasser

Die erhobenen Werte entsprechend den Kostenarten in Bild 1 wurden zu Gesamtkosten zusammengefasst (Diagramm 1), wobei deutlich zu erkennen ist, dass die Dichtungssysteme ohne Sperrwasser (einfache Gleitringdichtung, hydrodynamische Dichtung) sowohl bei den einmaligen, als auch bei den laufenden Kosten wesentlich niedriger sind als jene mit Sperrwasser.

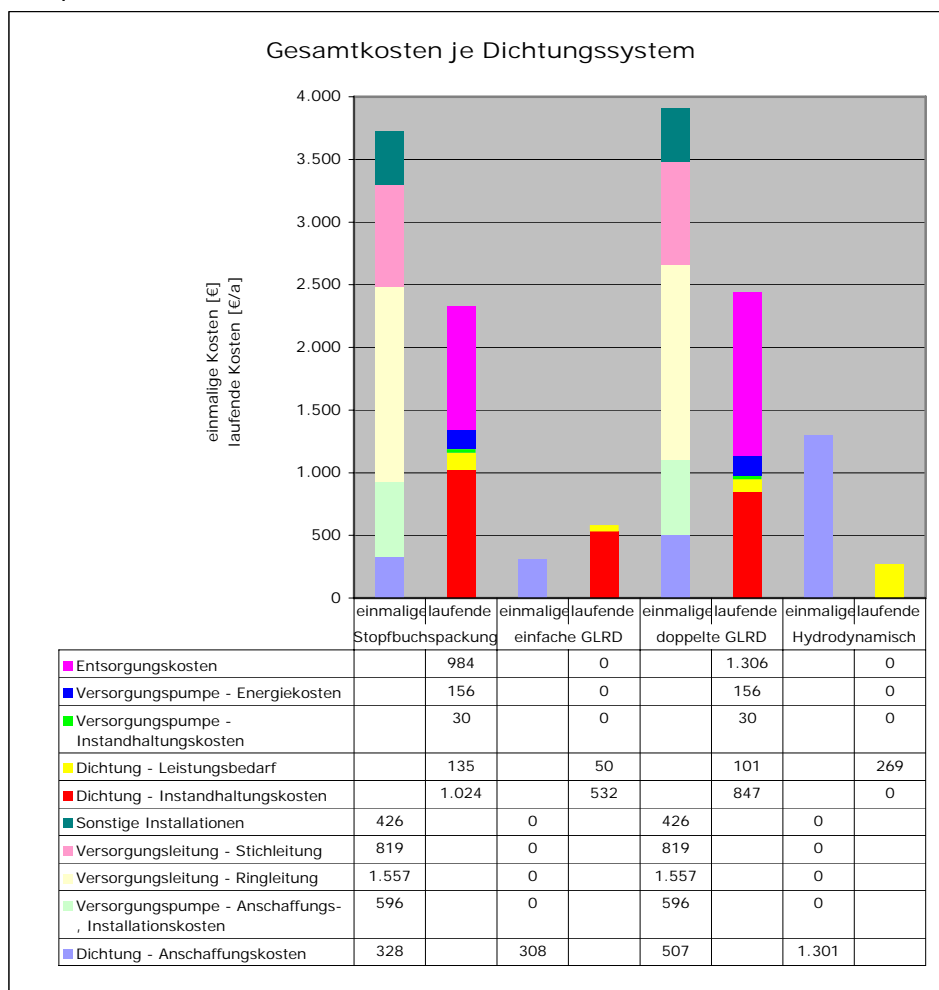


Diagramm 1: Ermittelte Gesamtkosten für Dichtungssysteme mit, und ohne Sperrwasser

Einmalige Kosten

Betrachtet man die Dichtungssysteme mit Sperrwasser, so zeigt sich, dass die Anschaffungskosten hierbei beträchtlich höher sind, da, im Gegensatz zu den sperrwasserlosen Systemen, Kosten für Anschaffungs- und Installationsarbeiten der Pumpen zur Sperrwasserförderung, für die Installation von Sperrwasserversorgungs- und Stichleitungen sowie für sonstige Installationen (Behälter, Armaturen, und dgl.) auftreten.

Laufende Kosten

Ebenso wie bei den Anschaffungskosten sind auch die Betriebskosten für Dichtungssysteme mit Sperrwasser beträchtlich höher als bei den sperrwasserlosen Systemen. Die großen Kostentreiber dabei sind einerseits die erheblich höheren Instandhaltungskosten, andererseits die Entsorgungskosten (Einleitungsgebühr in Kläranlage) der benötigten Wassermenge.

Sperrwasserverbrauch

Neben der Ermittlung der Kosten für die einzelnen Dichtungssysteme war auch die Erhebung des Sperrwasserverbrauchs ein zentraler Punkt des Projektes. Der durchschnittliche Wasserverbrauch bei der doppelten Gleitringdichtung wurde mit 5.52 l/min, bei der Stopfbuchspackung mit 4.16 l/min ermittelt. Auffällig dabei sind einerseits die beträchtlichen Schwankungsbreiten von 0,5 bis 15 l/min für die Stopfbuchspackungen und 1,6 bis 8,5 l/min bei den doppelten Gleitringdichtungen,

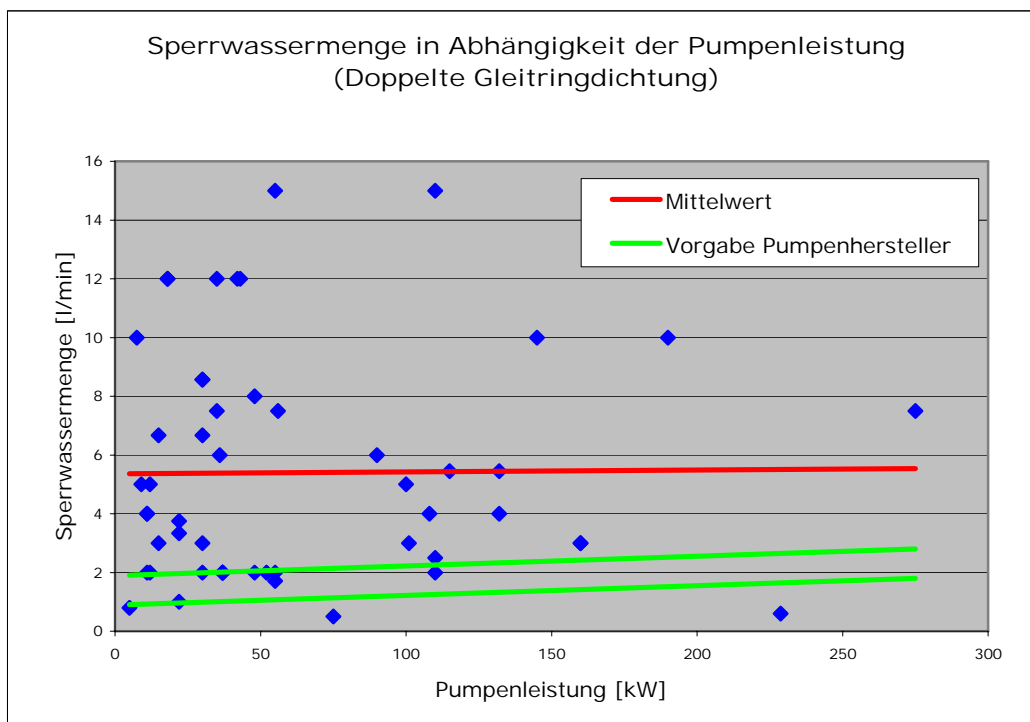


Diagramm 2: Ermittelte Sperrwassermenge der untersuchten Pumpen

andererseits die großen Abweichungen von den Herstellervorgaben. Wie in Diagramm 2 zu sehen ist, liegen 77% der untersuchten Pumpen über der Herstellervorgabe, wobei die vorgegebene Sperrwassermenge im Durchschnitt bei niedriger Pumpenleistung um 3,5 l/min und bei höheren Pumpenleistungen um 2,5 Liter pro Minute überschritten wird. Im Schnitt könnten bei jeder Pumpe also etwa 1.600 m³ Wasser jährlich eingespart werden. Wie aus unseren Erhebungen bekannt ist, sind allein in Österreich und Deutschland mehr als 8.000 solcher Pumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie im Einsatz. Daraus kann ein mögliches Wasser-Einsparungspotential von 10-12 Mio. m³/Jahr ermittelt werden, was in etwa dem wöchentlichen Wasserverbrauch der Österreicher entspricht (ohne Industrie und Landwirtschaft).

Programm zur Selbstanalyse von Stoffpumpen

Als weiteres Ergebnis ist das im Rahmen des Projektes entwickelte Tool zur Selbstanalyse von Stoffpumpen zu sehen. Mit Hilfe der erhobenen Daten bei den Projektpartnern und mit Daten von Pumpenherstellern zu den eingesetzten Pumpen wurde ein Werkzeug zur Selbstanalyse entwickelt. Mit Hilfe dieses Tools ist es auf einfache und schnelle Art möglich, durch die Eingabe firmenspezifischer Pumpendaten (z.B. Dichtungssystem, Wasserpumpenpreis, Strompreis, Dauer und Häufigkeit eines Dichtungswechsels, benötigte Sperrwassermenge,...) einen Vergleich zu den erhobenen Durchschnittswerten für einen gewählten Pumpen- bzw. Dichtungstyp zu bekommen. Wenn Daten nicht oder nur zum Teil bekannt sind, so greift das Programm automatisch auf die erhobenen Durchschnittswerte zurück, womit schon durch die Eingabe einiger wichtiger Daten überprüft werden kann, wie die zu analysierende Pumpe im Vergleich zu den untersuchten Pumpen liegt. Damit wird der Anwender in die Lage versetzt, durch das „Ausfüllen der Eingabemaske“ seine Kosten für das jeweilige Dichtungssystem bzw. das mögliche Einsparungspotential durch den Einsatz von sperrwasserlosen Systemen quasi per Mausklick ausreichend genau zu bestimmen - Werkzeug zur Selbstanalyse.

Schlussfolgerungen und Handlungsfenster zur Kosten- und Wassereinsparung

Wie obige Ergebnisse zeigen, stellt der Sperrwassereinsatz zum einen einen erheblichen Kostentreiber dar, zum anderen weichen die in der Praxis verwendeten Sperrwassermengen deutlich von den Pumpenherstellervorgaben und somit von der ausreichenden Menge ab. Durch die Reduktion des Sperrwassereinsatzes können einerseits Kosten eingespart werden, andererseits führt ein Verzicht auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser auch dazu, dass wertvolle Ressourcen eingespart werden und nicht unnötig verschwendet werden.



Bild 2: Maßnahmen (Handlungsfenster) zur Reduktion des Sperrwassereinsatzes

Anhand der ermittelten Ergebnisse für die unterschiedlichen Dichtungssysteme können die in Bild 2 dargestellten Maßnahmen ergriffen werden, welche allesamt zu einer Reduktion des Sperrwassereinsatzes und somit zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise beitragen.

- **Verringerung der derzeitigen Sperrwassermenge**

Die erste und einfachste Möglichkeit zur Reduzierung des Sperrwassereinsatzes und somit zum Senken der Sperrwasserkosten ist die Verringerung der derzeitig eingesetzten Sperrwassermenge. Bei den meisten Pumpen (vor allem bei alten Anlagen) wird der Sperrwasserdurchsatz nur durch die Dimension der Zuleitung bzw. durch Erfahrungswerte vorgegeben. Da dieser hohe Durchsatz aber nicht notwendig ist, kann durch den Einbau eines Rotameters und durch Einstellen des vom Dichtungshersteller vorgegebenen Wasserdurchsatzes die Wassermenge auf die minimal notwendige reduziert werden. So können beispielsweise bei Pumpen mit doppelter Gleitringdichtung allein durch die Reduktion auf die vom Hersteller vorgegebenen Sperrwassermenge 34% der Betriebskosten eingespart werden, wie auch in Diagramm 3 zu sehen ist.

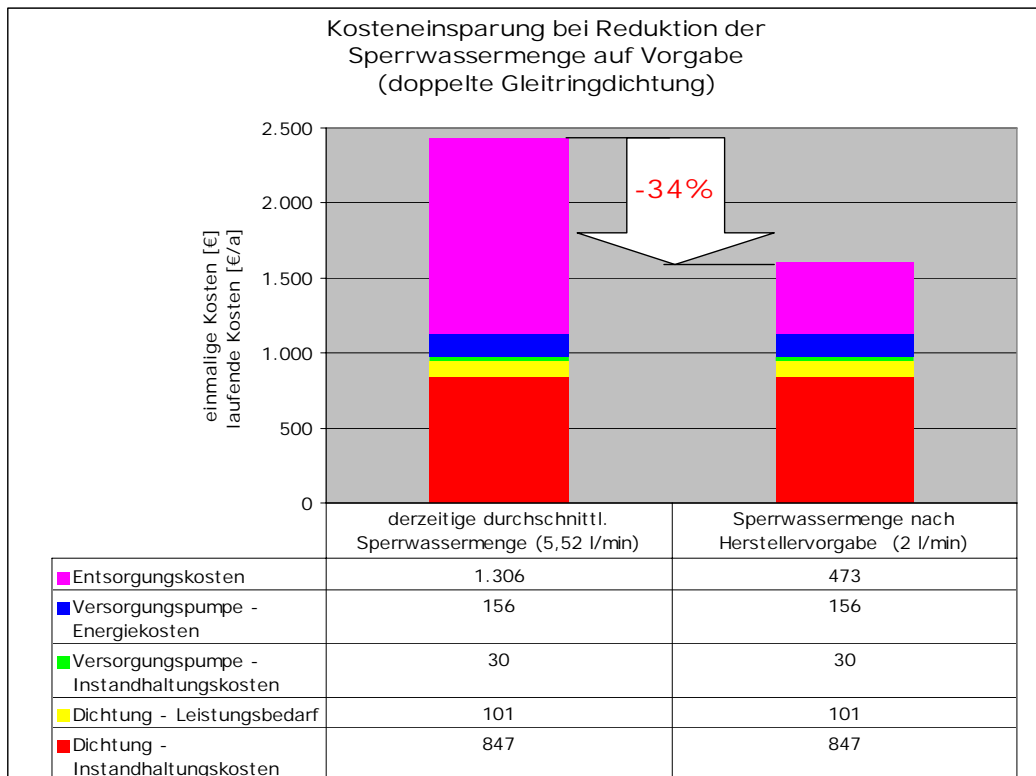


Diagramm 3: Einsparungspotential durch Reduktion der Sperrwassermenge für bei doppelter GLRD

- Verzicht auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser bzw. Umstieg auf sperrwasserfreie Dichtungssysteme

Eine weitere Möglichkeit zur Senkung der Sperrwasserkosten ist der generelle Verzicht auf Dichtungssysteme, die Sperrwasser benötigen. Die Projektergebnisse sollten Betreiber von Stoffpumpen dazu animieren, beim Bau neuer Anlagen aufgrund der geringeren Investitionskosten sperrwasserlose Dichtungssysteme einzusetzen. Weiter sollten die beträchtlich niedrigen Betriebskosten bei sperrwasserlosen Dichtungssystemen, wie diese Untersuchung gezeigt hat, auch dahingehend Wirkung zeigen, dass es zu einer Substitution von Systemen mit Sperrwasser hin zu Dichtungssystem ohne Sperrwasser kommt.

- Einleiten des Sperrwassers in den Prozess

Wenn aus irgendwelchen Gründen kein Verzicht oder Umstieg auf sperrwasserlose Systeme möglich ist, so könnte das Sperrwasser wenigstens im Prozess verwendet werden. Zu Problemen könnte es bei dieser Variante dahingehend kommen, wenn das Sperrwasser vor dem Einsatz im Prozess aufbereitet werden müsste, was wiederum mit Kosten verbunden wäre. Allgemein könnten bei dieser Variante die laufenden Kosten des Sperrwassers eingespart werden, wenn das eingeleitete Sperrwasser im Prozess weiterverwendet wird, da es auch bei sperrwasserfreien Dichtungssystemen anfallen würde.

- Prozesswasser als Sperrwasser

Eine weitere Einsparungsmöglichkeit sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Sicht würde sich bei der Umstellung von Frisch- auf Prozesswasser als Sperrwasser ergeben. Finanziell könnten die laufenden Kosten des Sperrwassers eingespart werden, da im Falle von Prozesswasser als Sperrwasser die Wassermenge sowieso im Prozess benötigt wird und auch bei sperrwasserfreien Dichtungssystemen anfallen würde. Ökologisch könnte die Sperrwassermenge als Frischwasser eingespart werden. Diese Möglichkeit wurde bei den Firmen bereits ausprobiert, hat sich aber in der Praxis nicht bewährt. Grund hierfür ist, dass die Aufbereitung des Prozesswassers für Dichtungszwecke in Stoffpumpen mit einem erheblichen Arbeitsaufwand, und somit mit zusätzlichen Kosten

verbunden ist, und schlussendlich die notwendige Wasserqualität nur unzureichend erreicht wird.

Zusammenfassung

Die Untersuchung der vier bei Stoffpumpen vorwiegend eingesetzten Dichtungssysteme hat gezeigt, dass es sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen sinnvoll ist, Dichtungssysteme, welche kein Sperrwasser benötigen, einzusetzen. Einerseits sind sie wesentlich kostengünstiger und andererseits benötigen sie kein Sperrwasser, was zu einer Belastungsreduktion (Abwasser) und Ressourceneinsparung (Energie, Wasser) beiträgt.

Bei bestehenden Anlagen sollte demnach überprüft werden, ob der Umstieg auf Dichtungssysteme ohne Sperrwasser technisch, und nach den betrieblichen Gegebenheiten, möglich ist.

Bei Neuinstallationen von Pumpen und Anlagen sollten ebenfalls Dichtungssysteme ohne Sperrwasser bevorzugt Anwendung finden.

Sollte es aber aus betrieblichen Gründen (z.B. Medium) unmöglich sein, auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser zu verzichten, so muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Herstellervorgaben für die Sperrwassermenge eingehalten werden, und somit lediglich die geringst mögliche Wassermenge eingesetzt wird. Dies kann z.B. durch den Einbau von Rotametern erfolgen. Die Kontrolle der Sperrwassermenge bei bestehenden Anlagen kann, wie die Untersuchung gezeigt hat, zu erheblichen Frischwassereinsparungen führen.

Kurzfassung 2 (English)

Title: Analysis of the costs of sealing fluid in the pulp and paper industry

Introduction

For the sealing of a pumps case and its environment appropriate sealings are necessary. Within stock pumps in the pulp and paper industry four sealing systems are in use in most cases: stuffing box packing, single-acting mechanical seal, double-acting mechanical seal and dynamic seal. The problem is that some of these sealing systems need a high amount of sealing fluid to seal, cool and lubricate. As there are sealing systems which need no sealing fluid, the use of sealing systems with sealing fluid brings on the one hand a unnecessary pollution and waste of the valuable resource freshwater and on the other hand higher costs for buying and using. A lot of users of such pumps are aware of this problem but take it as necessary evil as higher costs cannot be quantified.

Only when operators realize that resource-saving economizing (big amount of freshwater and energy are saved, waste water is reduced, ...) can also bring economic advantages (lower production costs, lower investment costs, ...), companies will switch from sealing systems with sealing fluid to those without.

Starting point and Motivation

In 2003 the Institute for Hydraulic Machinery at Graz University of Technology asked Austrian and German operators on the topic "Pumps in the pulp and paper industry". 60 companies, which produce almost half the amount of pulp and paper in Austria and Germany were questioned. Those companies have more than 30.000 pumps in use altogether. 12.000 of them are stock pumps. Those pumps with stuffing box packing, which are in use in more than a quarter of all pumps, need very high amounts of sealing fluid. But also other sealing systems need sealing fluid which pollutes freshwater. The evaluation of this questioning showed that the topic "sealing fluid" is a big problem for the operators due to the following reasons:

- Pollution of the environment
- Waste water treatment
- Consumption of energy and freshwater
- Operating costs

Thus the idea for this project was born. The realization was only possible with sponsor money.

Content of the Project

In order to determine the costs of the use of sealing fluid and the possible potentials of saving the project was split into six parts:

1. Determination of all relevant parameters of influence (search of relevant literature, talks with project partners)
2. Determination of the data at the project partners (all together 192 stock pumps)
3. Analysis and valuation of the data
4. Comparison of the costs of the different sealing systems
5. Work out and determination of steps for reduction of sealing fluid and its costs
6. Writing the computer program (tool for self-analysis of stock pumps)

Aim of Project

The aim of this project is to show the operators the benefits of the use of sealing systems which need no sealing fluid. This can be done through a detailed determination of the costs of sealing systems with and without sealing fluid (included are costs for waste water treatment, energy costs, investment costs, operating costs, ...). Operators benefit in ecological and economical terms. This would save lots of freshwater in the pulp and paper industry and reduce costs for the operators. A further target of the project is to develop a tool for a simple and efficient way of determining the costs of the sealing systems and the possibilities for saving – a self analysis tool.

Methods of Realization

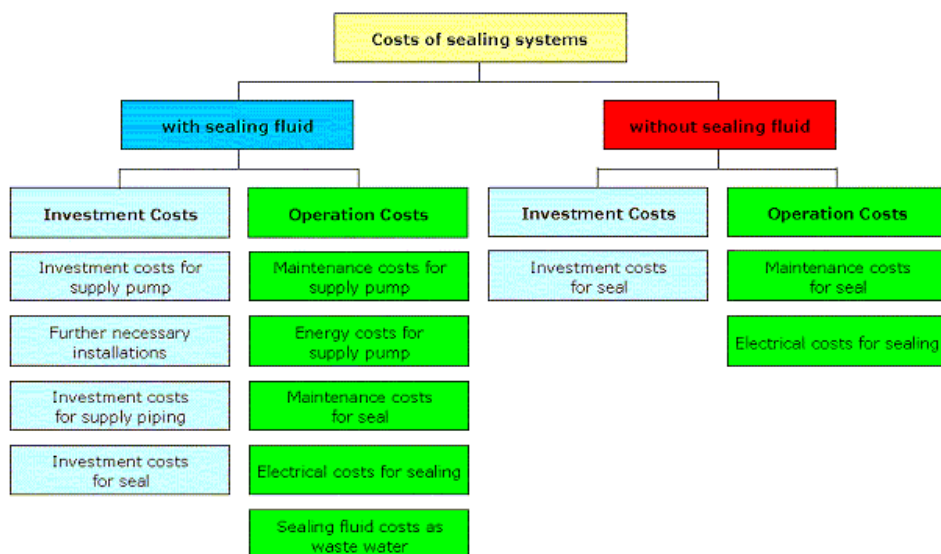
After a detailed search for relevant literature and talks to the project partners all relevant parameters which influence the sealing systems were determined. Therefore the data of 192 stock pumps were used and valued. The results were discussed with the project partners.

Comparison of costs of different sealing systems

Using the types of costs as shown in picture 1, the costs for 192 stock pumps were determined. The 192 stock pumps use the following sealing systems:

Type of sealing system	Number of sealings analysed.	Sealing fluid necessary.
stuffing box packing	13	Yes
single-acting mechanical seal	117	No
double-acting mechanical	59	Yes
dynamic seal	3	No

Table 1: Number of sealings analysed



Picture 1: Types of costs for sealing systems with and without sealing fluid

The different kinds of costs that were determined as shown in picture 1 were summarized to total costs. As shown in diagram 1, the costs for sealing systems without sealing fluid (single-acting mechanical seal, dynamic seal) are lower in investment and use in comparison to the cost of sealing systems with sealing fluid.

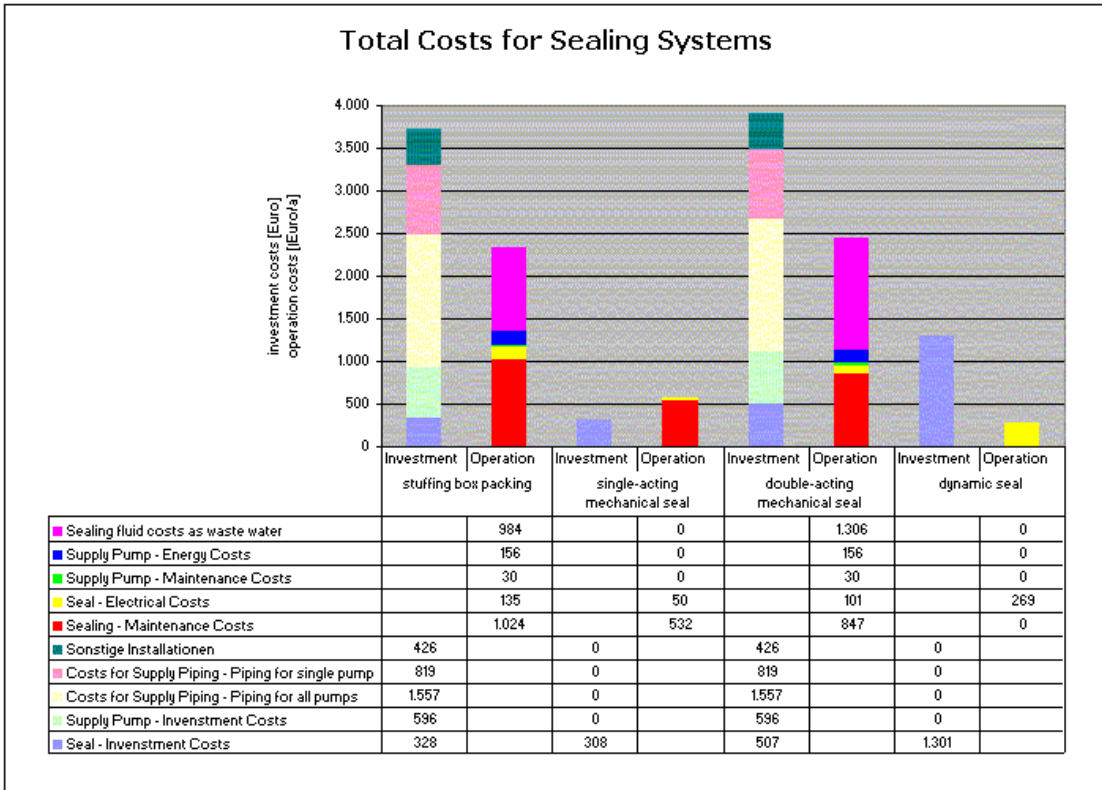


Diagram 1: Determined total costs for sealing systems with and without sealing fluid

Single costs

A look at the sealing systems with sealing fluid shows that the purchase costs are much higher than for sealing systems without sealing fluid as sealing systems with sealing fluid need pumps, pipes for the sealing fluid supply.

Overheads

Just as the single costs, the overheads (operating costs) for sealing systems with sealing fluid are much higher than the costs for sealing systems without sealing fluid. The biggest parts of the costs are the costs for maintenance and the costs for the sealing fluid as waste water.

Amount of sealing fluid

In addition to the determination of the costs of sealing systems the determination of the amount of sealing fluid was a central point of the project.

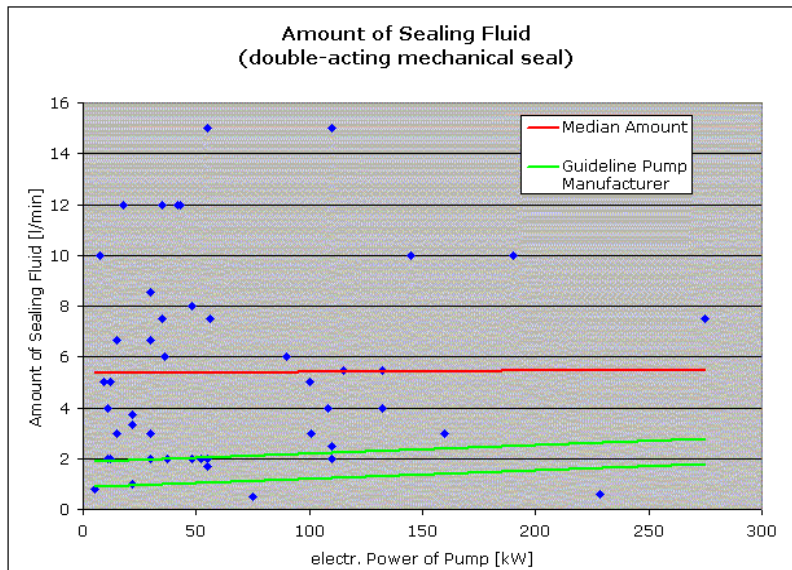


Diagram 2: Amount of sealing fluid and deviation from the guideline by the pump manufacture

The average amount for double-acting mechanical seals was 5.52 l/min, for stuffing box packing seals 4.16 l/min. The high deviation between 0.5 and 15 l/min for stuffing box packing and 1.6 and 8.5 l/min for double-acting mechanical seals and the deviation from the guideline by the pump manufacture as shown in diagram 2 are

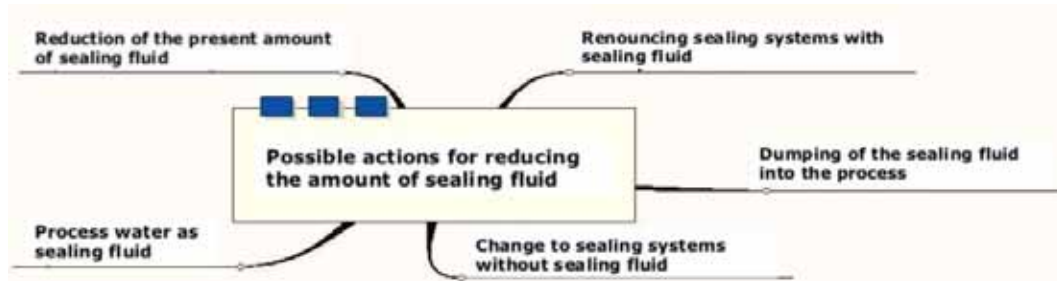
quite interesting. As shown in diagram 2, 77% of the pumps are over the guideline by the pump manufacture. At lower pump powers the deviation is 3.5 l/min, at high pump power the deviation is 2.5 l/min. At every pump 1600 m³ freshwater could be saved per year by reducing the amount of sealing fluid to the guideline. In Austria and Germany about 8.000 stock pumps are in use. So 10 to 12 million m³ freshwater could be saved. That would be an average weekly use of freshwater in Austria.

Program for self-analysing of stock pumps

A further result is the tool for the self-analysis of stuffing pumps that has been developed in course of the project. This tool has been created with the aid of the determined data of the project partners and with the data of the pumps used that were provided by the pump producers. Due to this tool it is possible to get a comparison to the determined average for a chosen pump or seal type quickly and easily just by entering pump data (sealing system, water costs, electricity costs, how long and how often seals are changed, amount of sealing fluid needed). If data is not or only partially known, the program automatically recalls the determined average values and thus, only by entering little important data, it can be examined what the costs of the analysed pump are in comparison to the examined pump. This enables the user to determine the costs for the respective sealing system or the possible savings due to the use of systems without sealing fluid only by filling in data.

Conclusion and possible actions for reducing the costs and amount of sealing fluid

As the results show, the costs for using sealing fluid are very high and the used amount of sealing fluid deviates from the guideline by the pump manufacturer which is the maximum amount needed. The reduction of the amount of sealing fluid reduces the costs. Abandoning sealing systems with sealing fluid helps saving resources, so they are not wasted.



Picture 2: Possible actions for the reduction of the amount of sealing fluid

The actions shown in picture 2 will bring a reduction of the amount of sealing fluid and lead to an economically lasting use.

- Reduction of the present amount of sealing fluid

The first and easiest possible action for the reduction of the amount of sealing fluid and so the reduction of costs is the reduction of the present amount of sealing fluid used. With most stock pumps (particularly old ones) the amount of sealing fluid is specified by the dimension of the supply piping or know-how of the users. This high amount is not necessary and can be reduced by installing a flow meter. By doing this and by using the amount from the guideline of the pump manufacturer, 34% of the overheads can be saved by double-acting mechanical seals as shown in diagram 3.

- Renouncing sealing systems with sealing fluid respectively to change to sealing systems without sealing fluid

Another way of reducing the costs of sealing fluid is to renounce sealing systems that do not need sealing fluid. The results of the project should make operators of stock pumps use sealing systems without sealing fluid when building new plants. Moreover the remarkably low operating costs of sealing systems without sealing fluid should entail the use of sealing systems without sealing fluid instead of those with it.

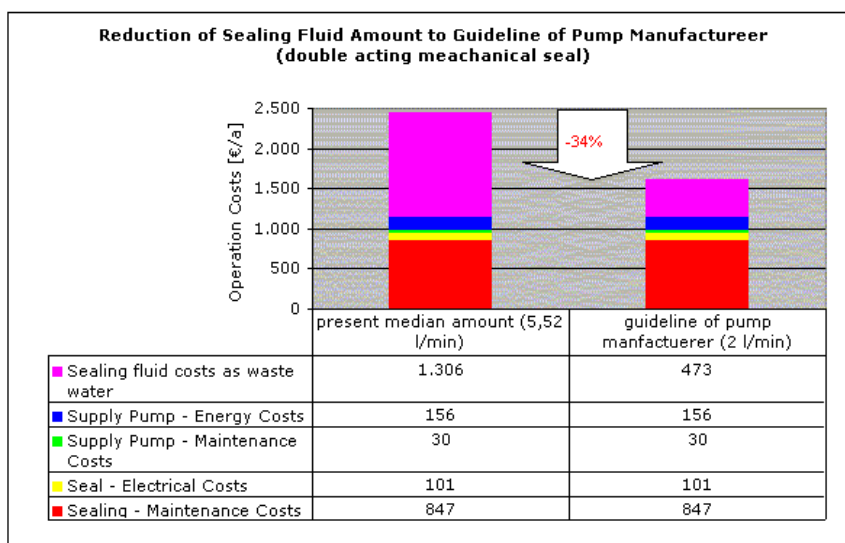


Diagram 3: Reduction potential by reduction of the amount of sealing fluid at double-acting mechanical seals

- Dumping of the sealing fluid into the process

If renouncing systems with sealing fluid is not possible due to various reasons, the sealing fluid could at least be used in the process. This could, however, create problems when the sealing fluid needs to be processed before being used in the paper and pulp process, which would entail costs. Generally speaking the overheads of the sealing fluid could be saved when the dumped sealing fluid is used in the process since the same amount of process fluid would be needed when a sealing system without sealing fluid is used.

- Process water as sealing fluid

A further possibility for saving, in economic as well as in ecological terms is using process water for sealing fluid instead of fresh water. Financially, the overheads of the sealing fluid could be saved as in the case of process water as sealing fluid the water would be needed in the process anyway and would also arise with systems without sealing fluid. Ecologically, the amount of sealing fluid as fresh water could be saved. This possibility has been tried out by both plants. One problem, however, is that it could be a lot of work and create high costs as the process water needs to be processed (e.g. cleaned) before being used as sealing fluid.

Summary

The examination of the four main used sealing systems in stock pumps has shown, that it is meaningful to use sealing systems which don't need sealing water. On the one hand they are significant cheaper and on the other hand they don't need sealing water, what effects a release of the environment (fewer liquid waste) and a reduction of resources (water, energy). In case of existing facilities it should be researched, whether the change to sealing systems without sealing water is possible from the technical and operating point of view. In the case of a reinstallation of pumps and facilities, the use of sealing systems without sealing water should be preferred. If the operation of the stock pumps without sealing water isn't possible, it is in any case necessary to guarantee, that the pump manufacturer specifications for the water amount are not exceeded. That may be effected by the use of rotameters. The control of the water amount in existing facilities can lead to a considerable reduction of freshwater consumption in stock pumps in the pulp and paper industry, as shown by the examinations.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik

Das Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen der Technischen Universität Graz führte Anfang 2003 eine Betreiberbefragung in Österreich und Deutschland zum Thema „Kreiselpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie“ durch. Hierbei wurden 60 Unternehmen befragt, welche ungefähr die Hälfte der Jahresproduktion in Österreich und Deutschland abdecken und insgesamt mehr als 30.000 Pumpen im Einsatz haben, wovon etwa 12.000 so genannte Stoffpumpen sind. Bei der Auswertung dieser Befragung stellte sich unter anderem heraus, dass das Thema „Sperrwasser“ für viele Betreiber aufgrund der Betriebskosten, des Energie- und Wasserverbrauchs, der Abwasserreinigung und Verschmutzung der Umwelt, etc. eine wichtige Rolle spielt.

Bei den oben genannten Stoffpumpen kommen verschiedene Dichtungssysteme zum Einsatz (Stopfbuchse, einfache Gleitringdichtung, doppelte Gleitringdichtung, hydromechanische (-dynamische) Dichtung), welche zum Teil einen erheblichen Bedarf an Sperrwasser zur Abdichtung, Kühlung und Schmierung benötigen. Vor allem bei den Stoffpumpen mit Stopfbuchsen sind große Mengen an Sperrwasser notwendig. Auch die anderen Dichtungsvarianten benötigen zum Teil Sperrwasser bzw. es treten Leckagen auf, welche auch zu Verunreinigungen des Wassers führen.

Im Rahmen dieses Projektes sollen all diese Kosten (bzw. Kostenfaktoren) des Sperrwassersystems erfasst werden, um nach Analyse und Auswertung der gesammelten Daten aufzeigen zu können, welche Dichtungsvariante in ökonomischer und ökologischer Hinsicht die „Beste“ ist.

Ziel der Projektarbeit soll es sein, durch eine detaillierte Bestimmung der Sperrwasserkosten (unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen) aufzuzeigen, dass es nicht nur aus ökologischen Motiven, sondern vor allem aus ökonomischen Gründen sinnvoll ist, in Zukunft auf Systeme, welche Sperrwasser benötigen, nach Möglichkeit zu verzichten bzw. den Sperrwassereinsatz zu verringern.

1.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Wie bereits erwähnt, entstand die Idee zu diesem Projekt aus einer Betreiberbefragung zu Kreiselpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie, wobei die Auswertung dieser Befragung ergeben hat, dass das Thema „Sperrwasser“ für viele Betreiber von sogenannten Stoffpumpen aufgrund der Betriebskosten, des Energie- und Wasserverbrauchs, der Abwasserreinigung und Verschmutzung der Umwelt, etc. eine wichtige Rolle spielt. Bekannt war vor Beginn des Projektes an sich nur die Problematik und die ungefähre Anzahl solcher Pumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie, woraus sich auch mögliches Einsparungspotential von Frischwasser in erheblichem Ausmaß ableiten ließ.

1.3 Fokus/Schwerpunkt der Arbeit

Entsprechend dem Projektantrag wurde das Projekt in fünf Arbeitspaketen abgearbeitet, wobei der Schwerpunkt der Arbeit darin lag, die unterschiedlichen Dichtungssysteme aus ökologischer und ökonomischer Sicht zu bewerten. Durch eine umfangreiche Datenerhebung, Datenanalyse und Bewertung war es dann möglich, die für Anwendungen in der Papier- und Zellstoffindustrie „beste“ Dichtungsvarianten zu bestimmen. Gleichzeitig konnte auch das Einsparungspotential von Frischwasser und die möglichen Kosteneinsparungen durch den Umstieg bzw. Verzicht von Dichtungssystemen, welche Sperrwasser benötigen, ermittelt werden. Der Inhalt der Arbeitspakete wird nachfolgend kurz beschrieben.

1. Erhebung der notwendigen Daten bei den beteiligten Projektpartnern (Recherche)

Hierbei ging es darum, alle notwendigen Information und Daten bei den Betreibern einzuholen. Waren wichtige Informationen nicht bekannt, so wurden diese durch entsprechende Messungen ermittelt. Die Datenerfassung bezog sich nicht nur auf Pumpen, welche Sperrwasser zur Abdichtung benötigen, sondern auch auf Pumpen mit anderen Dichtungsvarianten, damit in weiterer Folge Kostenvergleiche angestellt werden konnten. Neben der Ermittlung von den bekannten Einflussparametern wie Pumpenpreis, Pumpenlebensdauer, Wassermenge, Wasserdruck, Wasserpreis, Strompreis, Leistungsbedarf, Dichtungsstandzeiten, Wartungsaufwand, und dgl. ging es in diesem Arbeitsschritt auch darum, alle Einflussgrößen ausfindig zu machen und diese zu erfassen.

2. Datenanalyse und Bewertung

Die gewonnenen Daten wurden in dieser Projektphase zusammengefasst, aufgearbeitet und analysiert. Traten beispielsweise bei zwei Projektpartnern bei ähnlichen Randbedingungen (gleiche Pumpenleistung, gleiche Dichtungsvariante,...) beträchtliche Unterschiede in bezug auf Pumpenlebensdauer, Dichtungsstandzeiten, Wasserverbrauch und dgl. auf, so waren die Gründe hierfür zu eruieren.

Weiter war es notwendig, in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern die unterschiedlichen Parameter einer Bewertung zu unterziehen, wobei vorher die Bewertungskriterien zu erarbeiten waren. Nachdem diese festgelegt waren, konnten die Einflussparameter auf die Auswirkungen in ökonomischer, ökologischer, sozialer, humaner,...Sicht bei der nachfolgenden Programmentwicklung folgerichtig berücksichtigt bzw. gewichtet werden.

3. Vergleich der unterschiedlichen Dichtungsvarianten

Nachdem die Datenermittlung abgeschlossen war und die Einflussgrößen entsprechend bewertet wurden, konnte mit der Kostenerstellung bzw. Kostenanalyse begonnen werden. Hierbei wurde alle auftretenden Kosten für die unterschiedlichen Dichtungssysteme erfasst und gegenübergestellt. Auch Vor- und Nachteile aus ökologischer Sicht wurden herausgearbeitet und verglichen, um schlussendlich eine qualifizierte Aussage über die „Beste“ Variante machen zu können.

4. Programmerstellung zur Kostenanalyse

Da die Kenntnis der Sperrwasserkosten bzw. das mögliche Einsparungspotential für alle Betreiber von Stoffpumpen wichtig und vorteilhaft ist, erfolgte in diesem Arbeitspaket die Entwicklung bzw. Erstellung eines entsprechenden Programmpaketes. Mit den nunmehr bekannten Einflussgrößen und deren Bedeutung in bezug auf Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz, und dgl. wurde ein Programm entwickelt, welches es jedem Betreiber von Stoffpumpen erlaubt, die Sperrwasserkosten bzw. die Kosten von anderen Dichtungsvarianten auf einfache und effiziente Art und Weise zu ermitteln.

Durch die Eingabe der firmenspezifischen Daten (Wasserpreis, Strompreis, Leitungslänge der Sperrwasserleitung, Dauer und Häufigkeit des Dichtungswechsels,...) wird der Anwender in die Lage versetzt, durch das „Ausfüllen der Eingabemaske“ seine Kosten für das Sperrwasser bzw. das mögliche Einsparungspotential durch den Einsatz von sperrwasserlosen Systemen quasi per Mausklick ausreichend genau bestimmen zu können (Werkzeug zur Selbstanalyse).

5. Dokumentation

Das letzte Arbeitspaket beinhaltet die Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte, um das Projekt anschließend anschaulich und verständlich der breiten Öffentlichkeit zugänglich machen zu können.

1.4 Einpassung in Programmlinie Fabrik der Zukunft

Entsprechend der Themenstellungen der 3. Ausschreibung im Rahmen der Programmlinie Fabrik der Zukunft ordnet sich das Projekt im Themenschwerpunkt „Technologien und Systeme zur deutlichen (faktoriellen) Verbesserung der Ressourceneffizienz ein. Wie die nachfolgenden Ergebnisse zeigen, kann einerseits eine deutliche Reduktion des Ressourceneinsatzes (Einsparung von Frischwasser) erzielt werden, andererseits können auch erhebliche Kosten im Betrieb von Stoffpumpen eingespart werden. Das Projekt hat aufgezeigt, dass eine ökologische Wirtschaftsweise gleichzeitig auch ökonomische Vorteile mit sich bringen kann.

1.5 Kurzbeschreibung des Aufbaues

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Ergebnisse des Projektes im Detail wiedergegeben. Zu Beginn werden die untersuchten Dichtungssysteme ausführlich beschrieben, wobei auch die einzelnen Kostenfaktoren für die jeweiligen Systeme erörtert und beschrieben werden. Mit den erhobenen Daten bei den Projektpartnern für die untersuchten Dichtungssysteme und den dazugehörigen Kostenfaktoren werden dann die Kosten der vier untersuchten Systeme gegenübergestellt und analysiert. Daraus folgen dann die Handlungsfenster zur Kosten- und Wasserreduktion für die untersuchten Pumpen. Anschließend erfolgt ein Vergleich der Firmendaten, da zum Teil nicht unerhebliche Differenzen, vor allem in bezug auf Instandhaltungskosten und Wasserverbrauch, bei den einzelnen Projektpartnern festgestellt wurden. Mit den gesammelten Daten werden dann die Handlungsfenster für die einzelnen Projektpartner ermittelt und deren Einsparungspotentiale in bezug auf Instandhaltung und Wasserverbrauch berechnet. Weiter folgt eine Gegenüberstellung der untersuchten Pumpentypen, sowie eine Kurzvorstellung des entwickelten „Analysetools“ Den Abschluss der Arbeit bildet eine Stellungnahme zu den Zielen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ bzw. in welchem Ausmaß das Projekt diese erfüllt, sowie eine Zusammenfassung mit den Schlussfolgerungen.

1.6 Kurzbeschreibung der Projektpartner

Wie bereits erwähnt, war die Durchführung des Projektes nur mit Partnern aus der Industrie möglich. Unter Leitung des Institutes für Hydraulische Strömungsmaschinen der Technischen Universität Graz wurde das Projekt zusammen mit den Firmen MONDI BUSINESS PAPER; UPM-KYMMENE Austria und ZELLSTOFF PÖLS durchgeführt, wobei die beteiligten Institution bzw. Firmen im folgenden kurz vorgestellt werden:

Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen, TU Graz

Allgemeines: Das Institut bearbeitet den gesamten Wertschöpfungsprozess der Industrie hydraulischer Maschinen vom Marktbedarf über die Kernkompetenz Forschung und Entwicklung bis zur Produktion und Vermarktung:

Rechnerische und experimentelle Untersuchung von Turbinen, Pumpen, Gebläsen, Armaturen sowie instationären Vorgängen in hydraulischen und verfahrenstechnischen Anlagen. Erforschung und Optimierung industrieller Geschäfts- und Innovationsprozesse am Beispiel hydraulischer Maschinen.

Standort des Institutes: A-8010 Graz, Steiermark

Homepage: <http://www.hfm.tugraz.at>

Beschäftigte: 15

Institutsausstattung: Zwei Wasser-Ringleitungen mit Leistungen bis zu 500 kW und 3600 m³/h, Axialgebläseprüfstand, Kleinpumpenprüfstände; 2D Laser-Doppler- und Phasen-Doppler-Anemometrie; Hitzdrahtmeßtechnik; Drucksondenmessungen im rotierenden System; 1D-, 2D- und 3D- Rechenprogramme für die Strömungssimulation in Ma-

schinen und Anlagen; Leistungsfähige Institutswerkstatt mit CNC- und konventionellen Werkzeugmaschinen.

Mondi Business Paper Austria AG

Allgemeines: Mondi Business Paper ist einer der weltweit größten Hersteller von hochwertigen, chlorarm und chlorfrei gebleichten Papieren für die Bürokommunikation.

Standorte der Betriebe: A-3363 Ulmerfeld-Hausmening, Niederösterreich
A-3331 Kematen a.d.Ybbs, Niederösterreich

Homepage: <http://www.mondibp.com>

Jahresproduktion: 304.000 t holzfreie Feinpapiere, 50.000 t Sulfitzellstoff gebleicht

Exportanteil: 89%

Beschäftigte: 866

Erzeugungsprogramm:

- chlorfrei gebleichtes Kopierpapier mit opt. Aufheller; Bio Top 3; Bio Top 3 Extra - 100 % chlorfrei; gebleichtes Papier für Kopie, Laser- und Offsetdruck sowie Naturpapier-Inkjetprinter; Etiketten-Rohpapier für Kopie und Laserdruck; Briefumschlagpapier; Spezialpapiere für elektronische Bürodruker; TRIOTEC - dreischichtiges Büropapier für Kopie, Laser/monochrom, Inkjet/Normalfaxgeräte.
- Bio Top Color Kopierpapier 100 % chlorfrei gebleicht: pastell- und intensivfarbig in 80+160 g/m²; Bio Top 3 Druck 60-250 g/m²; Neusiedler Hartpost; Wasserzeichenpapier, z.B. Neusiedler Japanpost, Austria Zeichenkarton 200 g; Kopierpapier f. Farbkopierer 90, 100, 120, 160, 200 g/m²; chlorfrei gebleichtes Hanfpapier für Kopie+Laser+monochromen Inkjet 80, 100, 120, 160+200 g/m²

UPM Kymmene Austria (Steyrermühl AG)

Allgemeines: UPM zählt zu den führenden Forstindustriunternehmen der Welt. Der Schwerpunkt der Geschäftstätigkeit liegt auf der Herstellung von Magazinpapieren, Zeitungsdruckpapieren, Fein- und Spezialpapieren sowie Veredelungsmaterialien und Holzprodukten. Der Konzern unterhält Produktionsstätten in 16 Ländern und verfügt über ein umfangreiches Vertriebsnetz mit über 170 Verkaufsniederlassungen.

Standort des Betriebes: A-4662 Steyrmühl, Oberösterreich

Homepage: <http://www.upm-kymmene.com>

Jahresproduktion: 460.000 t Papier

Exportanteil: 76,8 %

Beschäftigte: 624

Erzeugungsprogramm:

- UPM Eco
Online-kalandriertes, holzhaltiges Papier (SC-B)
Einsatzbereiche: Magazine, Versandkataloge, Zeitungsbeilagen, Werbematerialien, Direct Mailings
Druckverfahren: Tiefdruck, Heatset-Offset
Flächengewicht: 45 - 60 g/m²
- UPM News
Zeitungsdruckpapier
Einsatzbereiche: Zeitungen, Supplements
Druckverfahren: Coldset-Offset, Heatset-Offset
Flächengewicht: 40 - 52 g/m²
- Handgeschöpfte Büttenpapiere

Zellstoff Pöls AG

Allgemeines: Zellstoff Pöls AG ist der größte Hersteller von gebleichtem Langfaserzellstoff in Mitteleuropa. Langfaserulfatzellstoff ist nach wie vor der bedeutendste Rohstoff zur Herstellung von grafischen Papieren.

Standort des Betriebes: A-8761 Pöls, Steiermark

Homepage: <http://www.zellstoff-poels.at>

Jahresproduktion: 280.000 t gebleichter Kraftzellstoff, 12.000 t gebleichtes Kraftpapier

Exportanteil: 60 %

Beschäftigte: rund 350

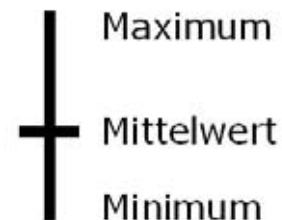
Erzeugungsprogramm:

- Hochgebleichter Langfasersulfatzellstoff in Bogen und Flash, Marke Orion ECF-gebleicht
- E'glatte und maschinenglatte gebleichte Kraftpapiere, Standard und chlorarm, nachgeglättet, weiß und farbig, in Rollen, Marke Starkraft und Ecopack
- Verpackungspapier, Säckepapier, Wachsroh papier, Kaschierpapier, Beschichtungsroh papier, Kassenrollenpapier, Geschenkröh papier, Paraffinroh papier

1.7 Anmerkungen

DIAGRAMME

Die vertikale Linie bei den häufig verwendeten Diagrammen repräsentiert die Schwankungsbreite der jeweiligen Werte, wobei das untere Ende den minimalen und das obere Ende den maximalen erfassten Wert darstellt. Die kleine horizontale Linie indiziert den Mittelwert der Größen.



Weiter ist bei den Diagrammen die Anzahl der untersuchten Pumpen in Form einer kleinen Tabelle (siehe Beispieltabelle rechts) angegeben.

Packung	doppelte GLRD
13	59

PUMPENAUSWAHL

Die Auswahl der Pumpen wurde von den Projektpartnern durchgeführt, wobei bei der Auswahl darauf geachtet wurde, dass einerseits Pumpen aus allen Bereichen und andererseits die Anzahl der Pumpen mit den unterschiedlichen Dichtungssystemen entsprechend der tatsächlichen Anzahl bei den beteiligten Projektpartnern berücksichtigt wurden. Demnach handelt es sich um eine repräsentative Pumpenauswahl bei den betrachteten Unternehmen, mit welcher eine Hochrechnung zulässig ist.

Wie in der Tabelle auf der nächsten Seite ersichtlich ist, sind die Pumpen mit hydrodynamischer Dichtung bei den genannten Projektpartnern kaum im Einsatz, allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass es sehr wohl auch Unternehmen gibt, die viele solcher Pumpen im Einsatz haben bzw. deren Strategie es ist, mit solchen Dichtungssystemen zu arbeiten. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Projektes auch versucht, Daten von NICHT am Projekt beteiligten Firmen zu hydrodynamischen Dichtungssystemen zu bekommen, allerdings wurde uns mehrfach mitgeteilt, dass kaum bzw. keine verwertbaren Instandhaltungsdaten von derartigen Pumpen existieren. Als Grund hierfür wurde angegeben, dass derartige Dichtungssysteme einerseits kaum Instandhaltungskosten verursachen und andererseits diese Dichtungsvariante erst in den letzten Jahren so richtig in Mode gekommen ist, die Pumpen mit diesen Dichtungssystemen also z.T. erst einige Jahre im Einsatz sind. Dies würde auch das kaum bzw. nicht Vorhandensein von Instandhaltungsdaten noch weiter untermauern.

Insgesamt wurden 192 Pumpen zur genauen Analyse ausgewählt, wobei die Aufteilung nach Dichtungssystem in folgender Tabelle dargestellt ist.

Dichtungstyp	Anzahl der untersuchten Pumpen	Sperrwasser
Stopfbuchspackung	13	ja
einfache Gleitringdichtung	117	nein
doppelte Gleitringdichtung	59	ja
hydrodynamische Dichtung	3	nein

PUMPENHERSTELLER

Die analysierten 192 Pumpen stammen von 7 Pumpenherstellern, wobei sich die untersuchten Pumpen wie folgt aufteilen:

Ahlstrom	2
Andritz	179
Chesterton	1
Kamyr	1
Scan	3
Vogel	5
Voith	1

Die Anzahl der untersuchten Pumpen von ANDRITZ überwiegt, da die drei Projektpartner hauptsächlich Stoffpumpen der Firma ANDRITZ installiert haben. Da für diese Pumpen die detailliertesten Informationen vorhanden waren, wurden in einigen Bereichen der Untersuchung nur jene Pumpen herangezogen. Gekennzeichnet sind diese Pumpen mit der Abkürzung MFA (Maschinenfabrik Andritz).

2. Ziele des Projektes

Ziel dieses Projektes ist es, durch eine detaillierte Bestimmung der Sperrwasserkosten (dazu gehören auch Kosten für die Abwasserreinigung, Energiekosten, Investitionskosten, Betriebskosten,...) den Betreibern aufzuzeigen, dass es für sie nicht nur aus ökologischen Motiven, sondern vor allem aus ökonomischen Gründen sinnvoll ist, die herkömmlichen Dichtungssysteme durch Systeme zu ersetzen, die auf Sperrwasser verzichten können.

Neben der Kostenersparnis für die Betreiber würde dies auch zu einer immensen Frischwassereinsparung in der Papier- und Zellstoffindustrie führen, womit ein sehr wertvoller Beitrag für den ressourcenschonenden Einsatz unserer immer knapper werdenden Wasserressourcen geleistet werden könnte.

Wie die Ergebnisse des Projektes zeigen (siehe Kapitel 3), konnte nicht nur ein immenses Einsparungspotential von Frischwasser bei den beteiligten Projektpartnern aufgezeigt werden, sondern auch eine erhebliche Kosteneinsparung beim Betrieb von Stoffpumpen ermittelt werden. Die im Projekt durchgeführte Gesamtkostenanalyse für die vier untersuchten Dichtungssysteme hat weiter gezeigt, dass vor allem die Dichtungssysteme mit Sperrwasser eine sehr ungünstige Variante darstellen. Einerseits werden zum Teil erhebliche Mengen an Frischwasser oft unnötigerweise verunreinigt, andererseits sind diese Dichtungsvarianten auch bei der Anschaffung und im Betrieb erheblich teuer als Systeme ohne Sperrwasser. Daraus folgt, dass vor allem durch den Verzicht bzw. den Umstieg auf sperrwasserfreie Dichtungssysteme ein großes ökologisches und ökonomisches Einsparungspotential vorhanden ist. Es konnte somit eindeutig aufgezeigt werden, dass eine ökologische Wirtschaftsweise bei gleichzeitiger Kosteneinsparung möglich ist, womit die Hauptziele des Projekts erreicht werden konnten.

Ein weiteres Projektziel war es, aus den erhobenen Daten bei den beteiligten Projektpartnern eine Methode bzw. ein Werkzeug für die Selbstanalyse von Pumpen in der Papier- und Zellstofffabriken zu entwickeln, welches es den nichtbeteiligten Betreibern von Stoffpumpen erlaubt, alle anfallenden Kosten für das Sperrwasser bzw. die mögliche Kostenersparnis beim Umstieg auf sperrwasserlose Systeme auf schnelle und effiziente Art und Weise zu bestimmen. Dieses Analysetool wurde aus den erhobenen Daten in Abstimmung und Zusammenarbeit mit den Projektpartnern programmiert und im Rahmen der Firmenworkshops bei den beteiligten Unternehmen vorgestellt. Eine detailliertere Beschreibung erfolgt in Kapitel 3.6.

3. Inhalte und Ergebnisse des Projektes

3.1 Beschreibung der Dichtungssysteme

3.1.1 Dichtungsproblematik¹

Bei der Abdichtung bewegter Maschinenteile ist grundsätzlich folgende Aufgabe zu lösen: Zwischen zwei Räumen, die eine gemeinsame, bewegte Grenzfläche aufweisen, ist der Austausch von Fluid zu verhindern (Abbildung 1).

Eine „dynamische“ Dichtung ist charakterisiert durch eine beträchtliche Bewegung dieser Grenzfläche. Bei „statischen“ Dichtungen fehlt diese Bewegung. Die bewegte Grenzfläche bei dynamischen Abdichtungen ist meist eine zylindrische Oberfläche rotierender oder axialbewegter Maschinenteile, also eine Welle, ein Kolben oder eine Stange. Bei rotierenden Teilen kann die relativ bewegte Wand auch eine Stirnfläche sein. Konstruktive Bedingungen oder Toleranzen erfordern zwischen den bewegten und den ruhenden Wänden einer Maschine in der Regel einen verhältnismäßig weiten Spalt, der als solcher die Abdichtfunktion nicht erfüllen kann. Der notwendige Dichtspalt muss deshalb mittels besonderer Dichtelemente hergestellt werden.

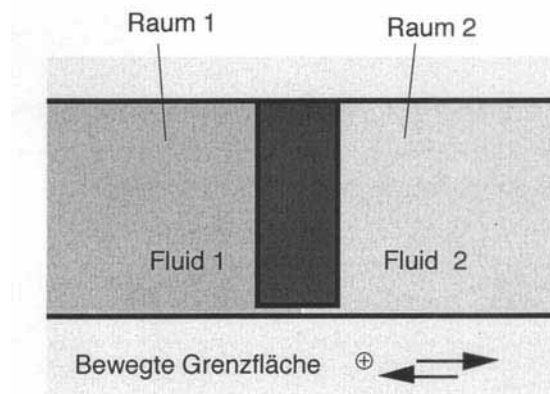


Abbildung 1: Schema des Abdichtproblems

3.1.2 Arten der eingesetzten Dichtungssysteme

Bei Stoffpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie kommen fast ausschließlich vier Dichtungssysteme zum Einsatz: Stopfbuchspackung, einfache Gleitringdichtung, doppelte Gleitringdichtung und hydrodynamische Dichtung.

Eine Unterteilung dieser vier Dichtungssysteme erfolgt in Dichtungssysteme mit, und solche ohne, Sperrwasser.

¹ Fachwissen Dichtungstechnik, Kapitel 1, Seite 2

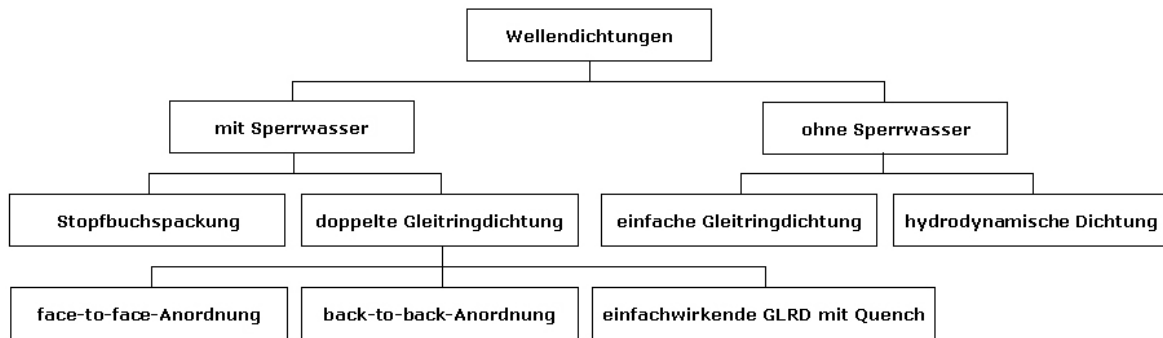


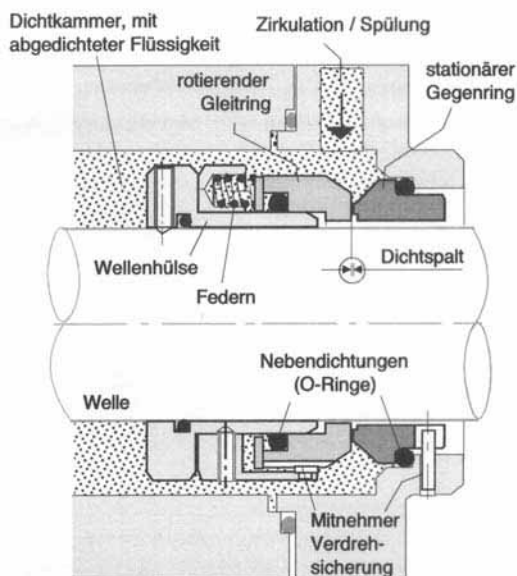
Abbildung 2: Dichtungssysteme bei Stoffpumpen

3.1.3 Dichtungssysteme ohne Sperrwasser

3.1.3.1 Einfache Gleitringdichtung²

Gleitringdichtungen konnten sich im Laufe der Zeit – vor allem wegen ihrer vergleichsweise geringen Leckage und Reibung – als druckbelastbare Wellendichtungen für Flüssigkeiten durchsetzen. Sie bestehen im Wesentlichen aus einem Gleit- und einem Gegenring, die axial durch eine Feder aneinander gepresst werden, zwischen denen sich durch hydrostatische und hydrodynamische Effekte ein Dichtspalt mit einer Höhe unter 1 μm bildet. Der Verschleiß der Gleitflächen wird durch Nachrücken automatisch ausgeglichen.

Abbildung 3 zeigt den Querschnitt einer konventionellen Bauform der Gleitringdichtung.



Der als Gleitring bezeichnete, axial bewegliche, Dichtring wird von einer Feder an den Gegenring gepresst. Zur sekundären Abdichtung sind hier O-Ringe eingebaut. Mitnehmerstifte übertragen das Reibmoment und verhindern das Mitdrehen des Gegenringes. Ebenso greifen Mitnehmer in den Gleitring ein und erzwingen dessen Rotation, ohne jedoch seine axiale Beweglichkeit zu behindern. Der Raum zwischen der Gleitringdichtung und dem sie umgebenden Gehäuse wird als Dichtkammer bezeichnet. Bei der hier gezeigten Anordnung rotiert der Gleitring mit der Welle und der Gegenring ruht relativ zum Gehäuse.

Abbildung 3: Elemente einer Gleitringdichtung

² ABC der Gleitringdichtung

Als einfachwirkende Gleitringdichtungen werden alle Gleitringdichtungen mit einem Dichtspalt bezeichnet. Der Schmierfilm zwischen den Gleitflächen wird durch das abzudichtende Medium gebildet.

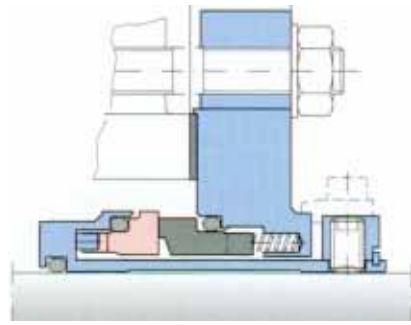


Abbildung 4: einfache Gleitringdichtung

3.1.3.2 Hydrodynamische Dichtung³

Herzstück der hydrodynamischen Dichtung ist ein zusätzliches Laufrad und eine flexible Scheibe. In Abbildung 5 ist eine hydrodynamische Dichtung bei Stillstand sowie bei Anlauf und Betrieb im Querschnitt dargestellt.

Während des Betriebes der Pumpe erzeugt das zusätzliche Laufrad zentrifugale Kräfte, die einen flüssigen Ring im Dichtraum bilden. Dieser flüssige Ring dient zur Wellenabdichtung und verhindert so Leckage. Das Laufrad dreht sich frei im Raum ohne mechanische Reibung und mechanischen Verschleiß. Im Pumpenstillstand füllt die Förderflüssigkeit den Dichtraum und presst die flexible Scheibe als Stillstandsichtung gegen die Hülse auf der Welle und verhindert so eine Leckage. Läuft die Pumpe wieder an, entfernt das Laufrad zuerst die Flüssigkeit aus dem Dichtraum und erzeugt anschließend wieder den flüssigen Ring im Dichtraum. Die flexible Scheibe wird nicht mehr gegen die Hülse gepresst und dreht sich mit der Welle ohne jeglichen Kontakt.

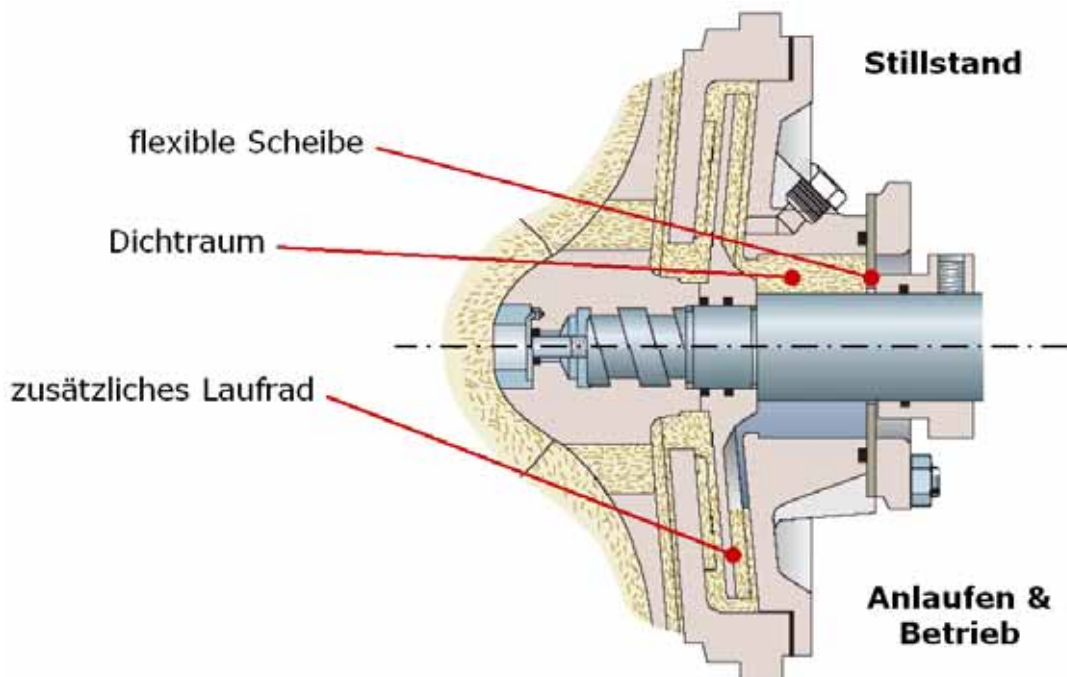


Abbildung 5: hydrodynamische Dichtung

³ SULZER Technial Review, Seite 25-28

3.1.4 Dichtungssysteme mit Sperrwasser

3.1.4.1 Stopfbuchspackung (Stopfbuchsdichtung)⁴

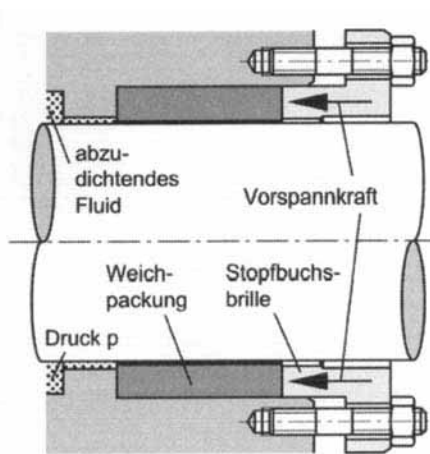


Abbildung 6: Elemente einer Packung

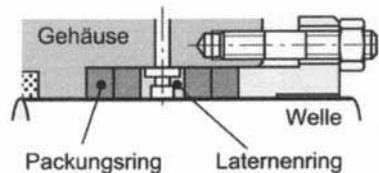


Abbildung 7: Sperrflüssigkeit bei einer Packung

Schon im frühen Maschinenbau war die Stopfbuchsdichtung die klassische Wellendichtung, da sie sehr einfach aufgebaut ist.

In einem Gehäuseringraum wird Packungsmaterial eingelegt und über die Stopfbuchsbrille axial gepresst (Abbildung 6). Durch Querdehnung legt sich das Packungsmaterial an die Ringraumwand und die Welle an. Das verfügbare Packungsmaterial ist äußerst vielfältig und deckt praktisch alle Einsatzbedingungen ab. Durch einen Laternenring (Abbildung 7) kann Sperrflüssigkeit zugeführt werden.

Stopfbuchsdichtungen müssen, sofern sie nicht durch eine Feder vorgespannt sind, von Zeit zu Zeit nachgestellt werden.

3.1.4.2 Doppelte Gleitringdichtung⁵

Doppelte Gleitringdichtungen gelangen zum Einsatz wenn keine Leckage des Fördermediums aus der Maschine austreten darf (z.B. Explosionsgefahr, Umweltschutz). Anwendung finden diese Dichtungssysteme bei gasförmigen Medien und Medien mit hohem Dampfdruck oder schlechten Schmiereigenschaften, bei sehr aggressiven Medien unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen sowie bei vielen polymerisierenden, klebenden und zu Ablagerungen neigenden Medien. Eine externe Sperrflüssigkeit dient zur Trennung von Produkt und Atmosphäre.

Zu den doppelten Gleitringdichtungen zählen die doppelwirkende Gleitringdichtung und die einfachwirkende Gleitringdichtung mit Quench.

Doppelwirkende Gleitringdichtung⁶

Als solche gilt die back-to-back-Anordnung (zwei einfachwirkende Gleitringdichtungen werden rückenseitig gegeneinander angeordnet), sowie die face-to-face-Anordnung (zwei einfachwirkende Gleitringdichtungen, die in ihrer Wirkrichtung hintereinander angeordnet sind).

⁴ Skriptum „Grundlehrgang Dichtungstechnik“, Seite 22

⁵ Skriptum „Grundlehrgang Dichtungstechnik“, Seite 19

⁶ ABC der Gleitringdichtung

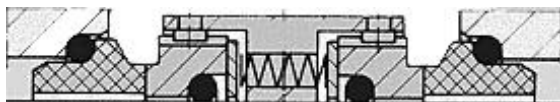


Abbildung 8: doppelwirkende Gleitringdichtung
back-to-back-Anordnung

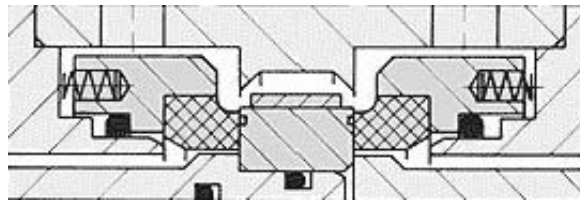


Abbildung 9: doppelwirkende Gleitringdichtung
face-to-face-Anordnung

Durch eine Aneinanderreihung von zwei konventionellen Gleitringdichtungen ergibt sich aufgrund der zwei Dichtspalte auch eine doppelte Sicherheit gegen das Austreten des Fördermediums.

Einfachwirkende Gleitringdichtung mit Quench⁷

Einfachwirkende Gleitringdichtungen mit Quench werden oft anstelle von doppelwirkenden Gleitringdichtungen eingesetzt, wenn es die Betriebsverhältnisse zulassen. Das vereinfacht den Aufwand und den Betrieb, da anstelle des druckbeaufschlagten Sperrmediums nur ein druckloses Medium erforderlich ist.

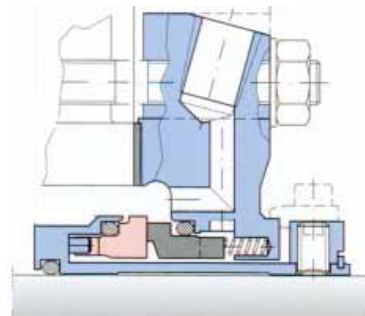


Abbildung 10: einfachwirkende Gleitringdichtung
mit Quench

⁷ ABC der Gleitringdichtung

3.2. Kosten der Dichtungssysteme

3.2.1 Kostenarten

Je nach verwendetem Dichtungssystem fallen unterschiedliche Kosten an, wobei im Fall dieser Untersuchung neun verschiedene Kostenarten erhoben werden konnten (vgl. Abbildung 11). Während bei Dichtungssystemen mit Sperrwasser alle identifizierten Kostenarten anfallen, sind es bei Dichtungssystemen ohne Sperrwasser nur drei (vgl. Abbildung 11).

Nach der Unterscheidung zwischen Kosten für Dichtungssysteme mit und ohne Sperrwasser muss auf der nächsten Ebene jeweils zwischen einmaligen und laufenden Kosten unterschieden werden. Einmalige Kosten (Fixkosten) sind solche Kosten, die nur einmal, also bei Anschaffung und Installation des Dichtungs- bzw. Sperrwassersystems anfallen. Laufende Kosten (variable Kosten) sind solche Kosten, die kontinuierlich durch die Nutzung des Dichtungs- und Sperrwassersystems anfallen und durch betriebliche Maßnahmen in ihrer Höhe beeinflussbar sind.

Bei Dichtungssystemen mit Sperrwasser können die Kostenarten den einzelnen Phasen des „Sperrwasser Wertschöpfungsprozesses“ zugeordnet werden (vgl. Kapitel 3.2.3.2). Bei Dichtungssystemen ohne Sperrwasser fallen nur Kosten für die Dichtung selbst an.



Abbildung 11: Kostenarten der Dichtungssysteme

Da in der Untersuchung nur das Dichtungs- bzw. Sperrwassersystem betrachtet wird, werden Kosten wie z.B. für das Pumpengehäuse oder den Motor nicht in die Analyse einbezogen. Die Erläuterung der Kostenarten folgt in den anschließenden Kapiteln.

3.2.2 Kosten für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser

3.2.2.1 Kostenarten für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser

Beim Einsatz von Dichtungssystemen ohne Sperrwasser entstehen nur Kosten durch den Einsatz der Dichtung. Dies sind Anschaffungs- und Instandhaltungskosten, sowie die Kosten für den elektrischen Leistungsbedarf für die Dichtung.

- Anschaffungskosten der Dichtung

Die Anschaffungskosten für die jeweilige Dichtung sind abhängig vom verwendeten Dichtungssystem, der Pumpengröße, Art der Ausführung (Sonderausführungen) und dem verwendeten Material.

- Instandhaltungskosten der Dichtung

Instandhaltungskosten der Dichtung sind Kosten, die nach einem Schaden des Dichtungssystems zu dessen Behebung anfallen.

- elektrischer Leistungsbedarf der Dichtung

Der Anteil der Pumpenleistung, der dem Dichtungssystem zuzurechnen ist, hängt vom verwendetem Dichtungssystem und der Pumpengröße ab. Somit können der jeweiligen Dichtung entsprechende Energiekosten zugerechnet werden.

3.2.2.2 Ermittlung der Kosten für Dichtungen ohne Sperrwasser

- Anschaffungskosten der Dichtung

Zur Ermittlung der Anschaffungskosten der Dichtung wurden von den drei Projektpartnern deren Einkaufspreise für Dichtungen angegeben und anschließend gemittelt (vgl. Tabelle 1). Da, wie bereits in den eingangs erwähnten Anmerkungen vermerkt, die Pumpen des Herstellers ANDRITZ den Grossteil der untersuchten Pumpen darstellen, wurden bei der Ermittlung der Anschaffungskosten der einfachen Gleitringdichtung nur die Pumpentypen von ANDRITZ herangezogen. Für die Ermittlung der Anschaffungskosten der hydrodynamischen Dichtungen wurden Preise des Herstellers SULZER herangezogen und mittels Vergleich der Kennfelder SULZER/ANDRITZ die Dichtungspreise den äquivalenten Pumpengrößen von ANDRITZ zugeordnet.

Pumpentyp	einfache GLRD Typ 587	hydrodynamische Dichtung
Durchschnitt	€ 308	€ 1.301

Tabelle 1: Anschaffungskosten für Dichtungen ohne Sperrwasser

- Instandhaltungskosten der Dichtung

Aus den Instandhaltungsdaten der betrachteten Pumpen wurden jene Instandhaltungsfälle (und somit deren Kosten) eruiert, die durch das Dichtungssystem hervorgerufen wurden.

Im Fall der einfachen Gleitringdichtung waren dies:

- Gleitringdichtung undicht
- Kontrolle der Gleitringdichtung
- Gleitringdichtung wechseln.

Bei den drei untersuchten Pumpen mit hydrodynamischer Dichtung konnten keine Schadensfälle und somit auch keine Instandhaltungskosten gefunden werden. Die Firmen SAPPI GRATKORN und SCA LAAKIRCHEN, die viele hydrodynamische Dichtungen im Einsatz haben, bestätigten dies, da dieser Dichtungstyp bei ihnen ebenfalls keine Schadensfälle aufweist. Jedoch können auch bei hydrodynamischen Dichtungen Probleme auftreten. UPM hat hydrodynamische Dichtungen eingesetzt, wobei folgende Probleme sind aufgetreten:

- die Stillstandsichtung war nicht dicht und es kam zu erheblichen Leckagen
- es kam zu Anlaufproblemen
- die Pumpe hat aufgrund der Druckdifferenz Luft gezogen, die von dort in den Prozess gelangte

Aufgrund der Instandhaltungsstrategien (vgl. Kapitel 3.4.1) sind nicht nur Kosten für die Instandsetzung des Dichtungssystems, sondern für jegliche Arbeiten an der Pumpe nach einem Schaden der Dichtung zu berücksichtigen. Einige der betrachteten Firmen tauschen bei einem Dichtungsschaden den gesamten Lagereinsatz aus, was zu erheblich höheren Kosten führen kann. Dies zeigt, dass die Instandhaltungsstrategie die Kosten für die Instandhaltung wesentlich beeinflusst. Durch eine Analyse der Strategie können (Kosten-)Einsparungspotentiale gefunden werden.

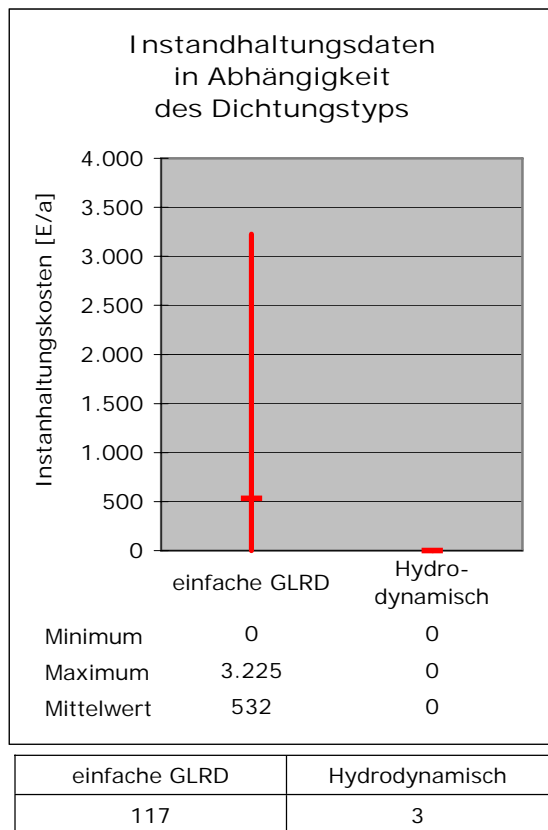


Diagramm 1 : Instandhaltungskosten für Dichtungen ohne Sperrwasser

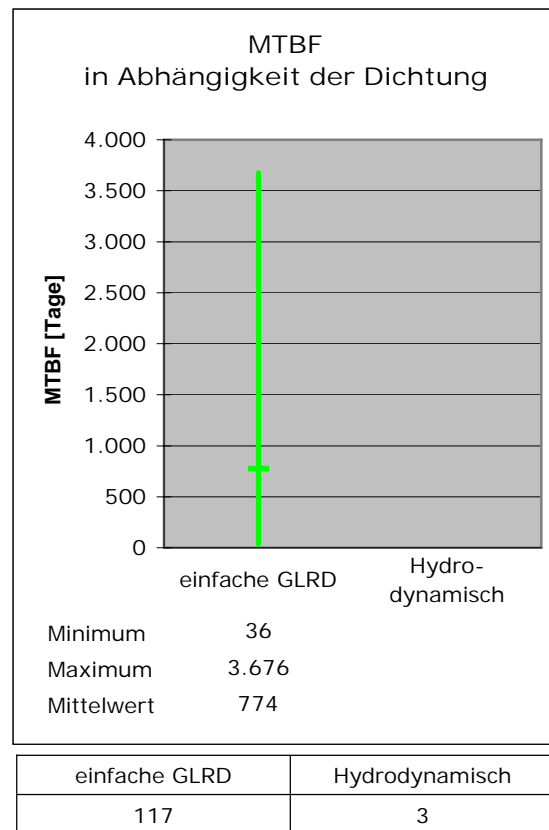


Diagramm 2: MTBF-Wert für Dichtungen ohne Sperrwasser

Wie aus Diagramm 1 ersichtlich ist, ergab die Analyse von 117 einfachen Gleitringdichtungen, dass durchschnittlich Instandhaltungskosten von 532 €/Jahr anfallen. Der MTBF-Wert (MTBF = Meantime between failure) ist in dieser Betrachtung der Zeitraum zwischen zwei Schadensfällen des Dichtungssystems. Die Untersuchung der einfachen Gleitringdichtungen hat ergeben, dass durchschnittlich alle 774 Tage ein Schadensfall der Dichtung auftritt.

In diesem Zusammenhang muss festgehalten werden, dass der MTBF-Wert aufgrund der Instandhaltungsstrategien der Firmen (vgl. Kapitel 3.4.1) nicht als Wert für die Lebensdauer (Standzeit) der Dichtung angenommen werden kann. Einige betrachtete Firmen tauschen nämlich bei einem Lagerschaden die Dichtung ebenfalls aus, ohne zu kontrollieren, ob die Dichtung in Ordnung ist oder nicht. Somit kann es vorkommen, dass zwischen zwei Schadensfällen der Dichtung diese mehrmals getauscht worden ist.

Um die Plausibilität der Instandhaltungsdaten garantieren zu können, soll hier auf die Aufzeichnungsdauer der Instandhaltungsdaten hingewiesen werden. Wie aus dem nebenstehenden Diagramm entnommen werden kann, ist die Schwankungsbreite der Aufzeichnungsdauer der Instandhaltungsdaten recht groß. Der Durchschnitt mit 9 Jahren bei den einfachen Gleitringdichtungen und 6,5 Jahren bei den hydrodynamischen Dichtungen ist aber sehr repräsentativ

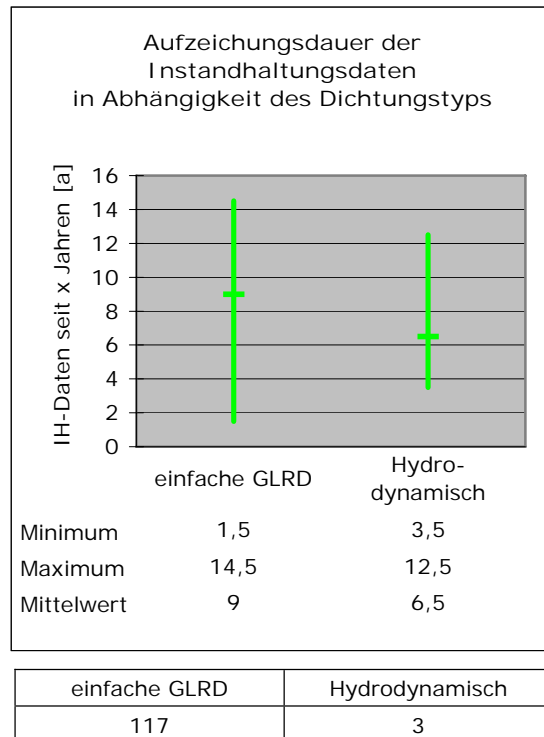


Diagramm 3: Aufzeichnungsdauer der Instandhaltungsdaten für Dichtungen ohne Sperrwasser

- elektrischer Leistungsbedarf der Dichtung

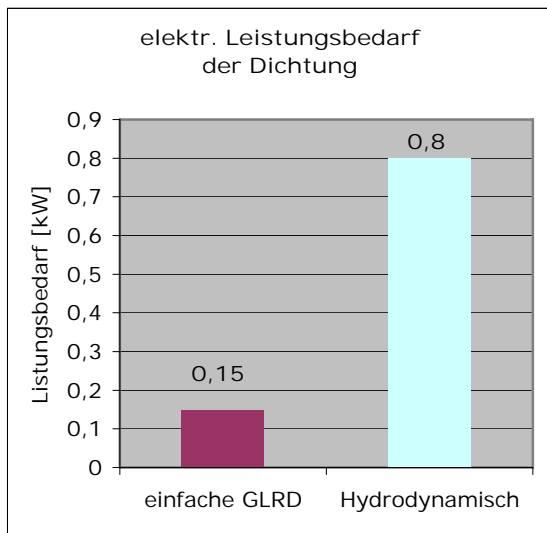


Diagramm 4: elektrischer Leistungsbedarf für Dichtungen ohne Sperrwasser
Quelle: Sulzer Technical Review

Der Anteil der Pumpenleistung, der dem Dichtungssystem zuzurechnen ist, hängt vom verwendeten Dichtungssystem und der Pumpengröße ab. Die Werte für die Berechnung stellen einen Durchschnittswert über alle Pumpengrößen dar. Die Relationen der Werte zwischen den einzelnen Dichtungssystemen sind für alle Pumpengrößen in etwa gleich, was vom Hersteller SULZER bestätigt wurde.

3.2.2.3 Gesamtkosten der Dichtungssysteme ohne Sperrwasser

Die Zusammenfassung der zuvor eruierten Werte für die Kostenarten zu Gesamtkosten (vgl. Kapitel 3.2.1) zeigt, wie in Diagramm 5 zu sehen ist, dass im Fall der Dichtungssysteme ohne Sperrwasser die Anschaffungskosten der einfachen Gleitringdichtung viermal so niedrig sind wie jene der hydrodynamischen Dichtung, was auf die Bauweise der Dichtungen zurückzuführen ist. Bei den laufenden Kosten ist die einfache Gleitringdichtung jedoch doppelt so teuer wie die hydrodynamische Dichtung, wobei der Grund dafür in den höheren Instandhaltungskosten für die einfache Gleitringdichtung zu finden ist (vgl. Diagramm 6).

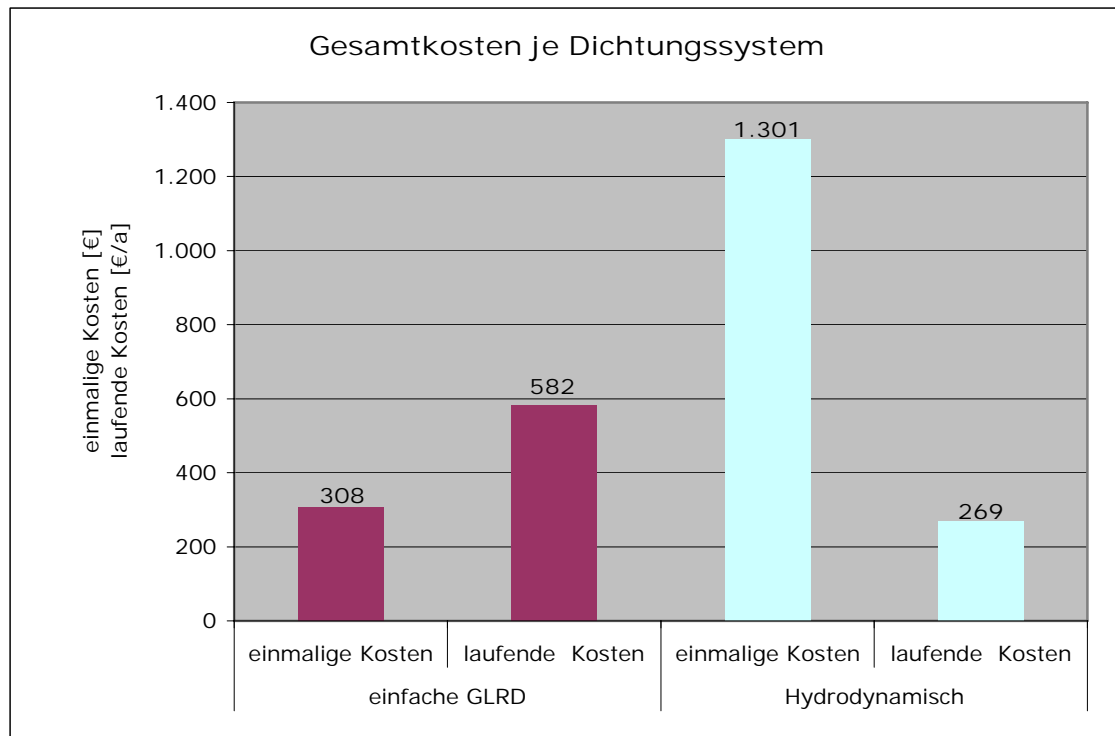


Diagramm 5: Gesamtkosten (Summe) für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser

Die Berechnung der Gesamtkosten erfolgte mit dem Strompreis von UPM (3,8385 Cent/kWh), dem durchschnittlichen Anschaffungspreis der Dichtungen, den durchschnittlichen Instandhaltungskosten sowie dem gemittelten elektrischen Leistungsbedarf über alle Pumpengrößen.

Eine genauere Betrachtung der einzelnen Kostenarten zeigt, wie in Diagramm 6 zu sehen ist, dass bei den laufenden Kosten der einfachen Gleitringdichtung die Instandhaltungskosten mit durchschnittlich 532 €/Jahr der größte Kostentreiber sind. Aufgrund des sechsfachen elektrischen Leistungsbedarfs der hydrodynamischen Dichtung gegenüber der einfachen Gleitringdichtung sind die laufenden Kosten hierfür mit 269 €/Jahr gegenüber 50 €/Jahr bei den einfachen Gleitringdichtungen relativ hoch.

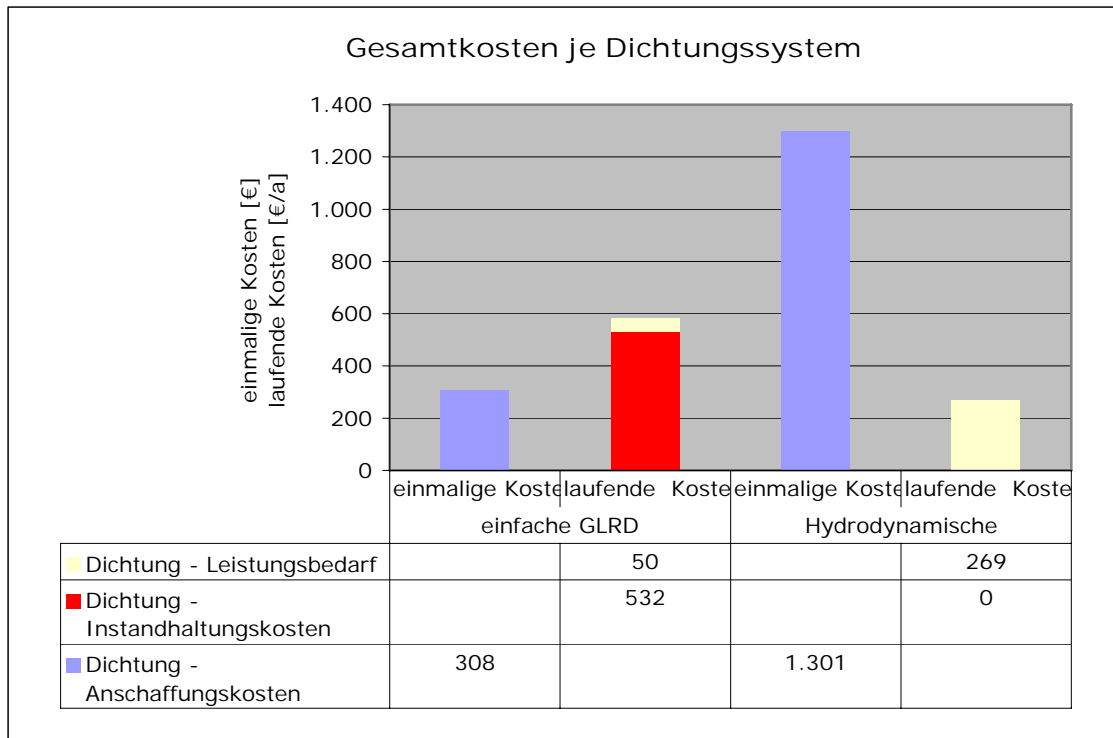


Diagramm 6: Gesamtkosten (Aufteilung) für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser

3.2.3 Kosten für Dichtungssysteme mit Sperrwasser

Für die Ermittlung der Kosten von Dichtungssystemen mit Sperrwasser reicht es nicht aus, die Dichtung und den Einsatz des Sperrwassers an der Dichtung zu betrachten. Um die gesamten anfallenden Kosten für Dichtungssysteme mit Sperrwasser ermitteln zu können, muss der „Wertschöpfungsprozess des Sperrwassers“ analysiert werden.

3.2.3.1 „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“

Der „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“ soll in vier Phasen unterteilt werden:

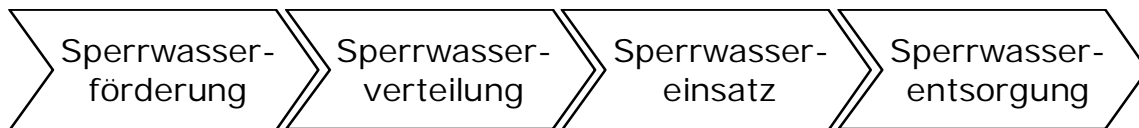


Abbildung 12: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess"

Wie sich im Rahmen des Projektes herausgestellt hat, können vier verschiedene Varianten des „Sperrwasser Wertschöpfungsprozesses“ unterschieden werden, wobei diese nachfolgend kurz beschrieben werden.

Variante 1:



Abbildung 13: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 1

Bei der ersten Variante wird Frischwasser mittels einer Pumpe aus einem Fluss gefördert und durch die Versorgungsleitungen (Ring- und Stichleitungen) an die Dichtungen in den Pumpen verteilt. Nach dem Einsatz des Frischwassers als Sperrwasser erfolgt dessen „Entsorgung“ durch Reinigung in der Kläranlage und der Wiedereinleitung in den Fluss. Diese Variante ist in der Industrie die gängigste.

Variante 2:



Abbildung 14: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 2

Die Variante 2 ist bis zum Einsatz des Frischwassers als Sperrwasser an den Dichtungen der jeweiligen Pumpen identisch mit Variante 1. Der Unterschied liegt in der Entsorgung. Anstelle der Entsorgung über eine Kläranlage wird das Sperrwasser nach dessen Einsatz dem Prozess zugeführt und dort weiterverwendet bzw. durch Verdampfung „entsorgt“. Wird das Sperrwasser weiterverwendet, muss die Sperrwassermenge in der Kostenermittlung für das Dichtungssystem nicht berücksichtigt werden, da dieselbe Wassermenge im Prozess auch ohne Einleiten des Sperrwassers benötigt wird. Wird es dem Prozess aber nur zugeführt um es dort in Form einer Verdampfung zu entsorgen, fallen „Entsorgungskosten“ an.

Variante 3:

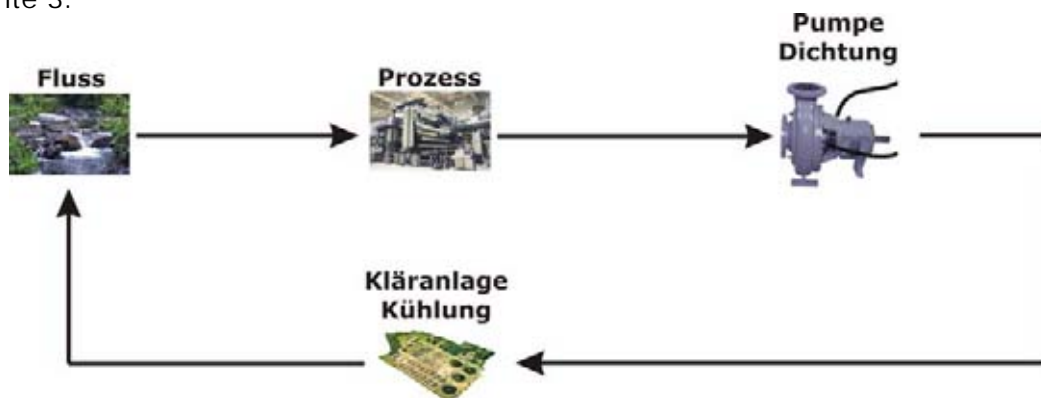


Abbildung 15: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 3

Bei Variante 3 wird nicht Frisch-, sondern Prozesswasser als Sperrflüssigkeit eingesetzt. Auch hier muss die Sperrwassermenge in der Kostenermittlung für das Dichtungssystem nicht berücksichtigt werden, da dieselbe Wassermenge im Prozess auch ohne dessen Nutzung zu Dichtungszwecken als Sperrwasser benötigt wird. Die Entsorgung nach dessen Einsatz erfolgt analog zu Variante 1 über eine Kläranlage. Die Kosten für die Entsorgung können in diesem Fall nicht dem Sperrwassersystem zugerechnet werden, da die Wassermenge auch als Prozesswasser entsorgt werden hätte müssen.

Variante 4:

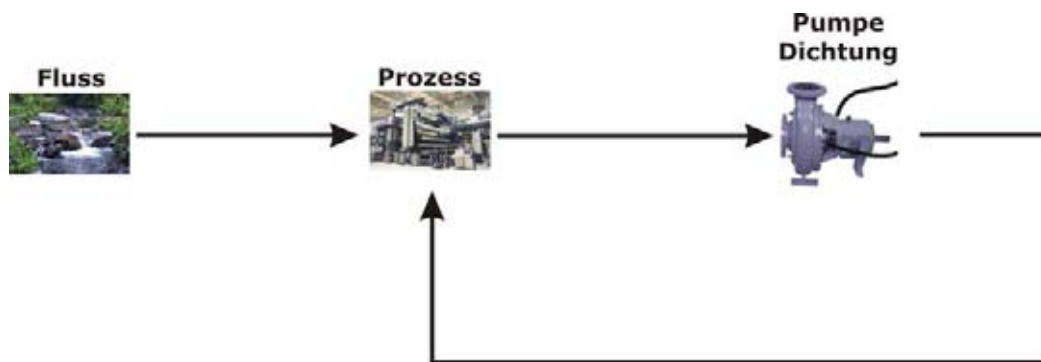


Abbildung 16: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 4

Auch in Variante 4 wird, identisch zu Variante 3, Prozesswasser als Sperrwasser eingesetzt, welches jedoch nach dessen Einsatz erneut dem Prozess zugeführt wird. Durch den Einsatz von Prozesswasser muss die Wassermenge in der Kostenermittlung für das Dichtungssystem nicht berücksichtigt werden. Nach Wiedereinleiten des Sperrwassers in den Prozess kann es weiterverwendet oder nur „entsorgt“ werden. Auch hier können die Kosten für die Entsorgung nicht dem Sperrwassersystem zugerechnet werden, da die Wassermenge auch als Prozesswasser entsorgt werden hätte müssen.

In der weiteren Folge der Projektarbeit wird nur Variante 1 betrachtet, da diese in der Praxis zum Grossteil eingesetzt wird.

Die Varianten 3 und 4 können als mögliche Ansatzpunkte zur Kostenreduktion gesehen werden, allerdings haben sich diese in der Praxis nicht bewährt. Sie werden daher derzeit aufgrund des erheblichen Aufwands zur Erreichung der notwendigen Wasserqualität und weiteren Problemen nicht angewendet (vgl. Kapitel 3.3.2 und 3.3.3).

3.2.3.2 Kostenarten im „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“

Wie bereits zu Beginn von Kapitel 3.2 erwähnt, können die betrachteten Kostenarten den einzelnen Phasen des „Sperrwasser Wertschöpfungsprozesses“ zugeordnet werden:

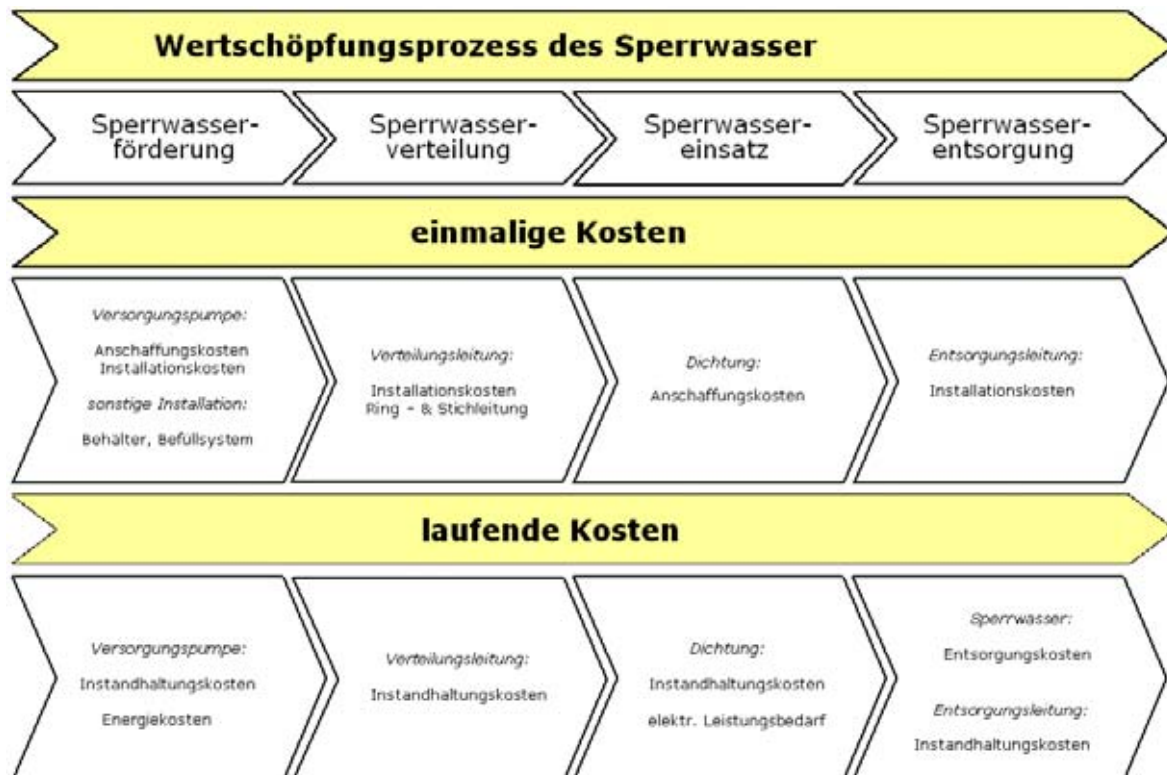
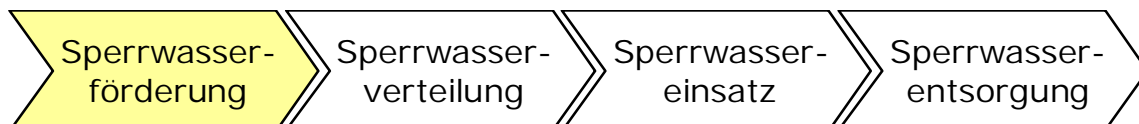


Abbildung 17: Kosten des „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“

- Kosten für die Sperrwasserförderung



Sperrwasser

Die Kosten für das Sperrwasser fallen als Entsorgungskosten an und werden bei der Sperrwasserentsorgung berücksichtigt, da für die Wasserbeschaffung in Form der Entnahme aus einem Fluss bzw. aus dem Prozess keine Kosten zu berechnen sind.

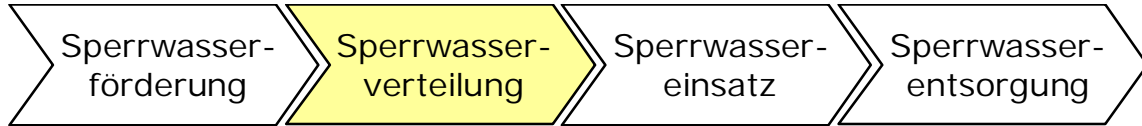
Versorgungspumpen

Zur Förderung und Verteilung des Sperrwassers sind eine oder mehrere Pumpe(n) notwendig. Als Kostenfaktoren bei den Versorgungspumpe(n) ergeben sich die Anschaffungs-, Installations-, Instandhaltungs- und Energiekosten. Die Kosten werden den einzelnen Dichtungen zugerechnet.

Sonstige Installationen

In Sperrwasserversorgungssystemen sind zum Teil Behälter und Befüllsysteme vorhanden. Hier sind die jeweiligen Anschaffungs- und Installationskosten zu berücksichtigen. Diese Kosten werden ebenfalls den einzelnen Dichtungen zugerechnet.

- Kosten für die Sperrwasserverteilung



Sperrwasserverteilungsleitungen

Dienen allgemein dazu, das Sperrwasser vom Fluss bis hin zu den Pumpen zu bringen. Hier muss zwischen der Ringleitung, die zur Versorgung der gesamten Pumpen installiert ist, und den Stichleitungen, die von der Ringleitung zu den einzelnen Pumpen führen, unterschieden werden. Demzufolge muss zwischen Kosten für die Ring- und jener für die Stichleitung der einzelnen Pumpen unterschieden werden. Etwaige Instandhaltungskosten für die Stichleitung werden der jeweiligen Dichtung hinzugerechnet (dies geschieht auch in den Aufzeichnungen der Firmen so). Daten über die Instandhaltung der Ringleitung waren keine zu finden.

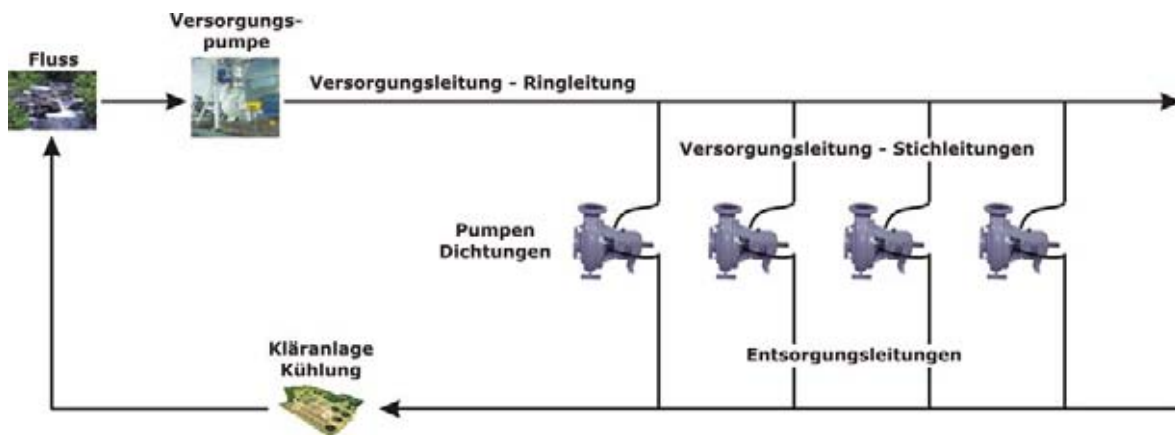
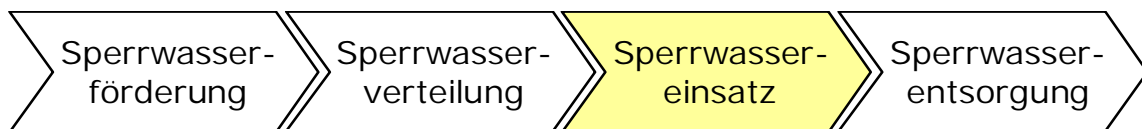


Abbildung 18: Prinzipskizze Sperrwasserversorgungsleitungen

- Kosten für den Sperrwassereinsatz



Dichtung

Bei der Dichtung entstehen Anschaffungs-, Instandhaltungskosten und Kosten aufgrund des elektrischen Leistungsbedarfs der Dichtung.

Die Anschaffungskosten für die jeweilige Dichtung sind abhängig vom verwendeten Dichtungssystem, der Pumpengröße, Art der Ausführung (Sonderausführungen) und dem verwendeten Material.

Als Instandhaltungskosten der Dichtung werden jene Kosten berücksichtigt, die nach einem Schaden des Dichtungs- oder Sperrwassersystems zu dessen Behebung anfallen.

Der Anteil der elektrischen Pumpenleistung, der dem Dichtungssystem zuzurechnen ist, hängt vom verwendeten Dichtungssystem und der Pumpengröße ab. Somit können der jeweiligen Dichtung entsprechende Energiekosten zugerechnet werden.

Regelung

Zum Teil sind die Sperrwassermengen nur durch die Dimension der Stichleitung vorgegeben. In einigen Fällen gibt es Kugelhähne mit denen nur sehr schwer eine bestimmte Sperrwassermenge eingestellt werden kann (Kugelhähne sind keine Regelelemente!). Der Stand der Technik für die Regelung der Sperrwassermenge sind so genannte Rotameter, mit denen die Durchflussmenge genau eingestellt werden kann (vgl. Abbildung 19, die den Aufbau und die Einbauvarianten eines Rotameters zeigt) .

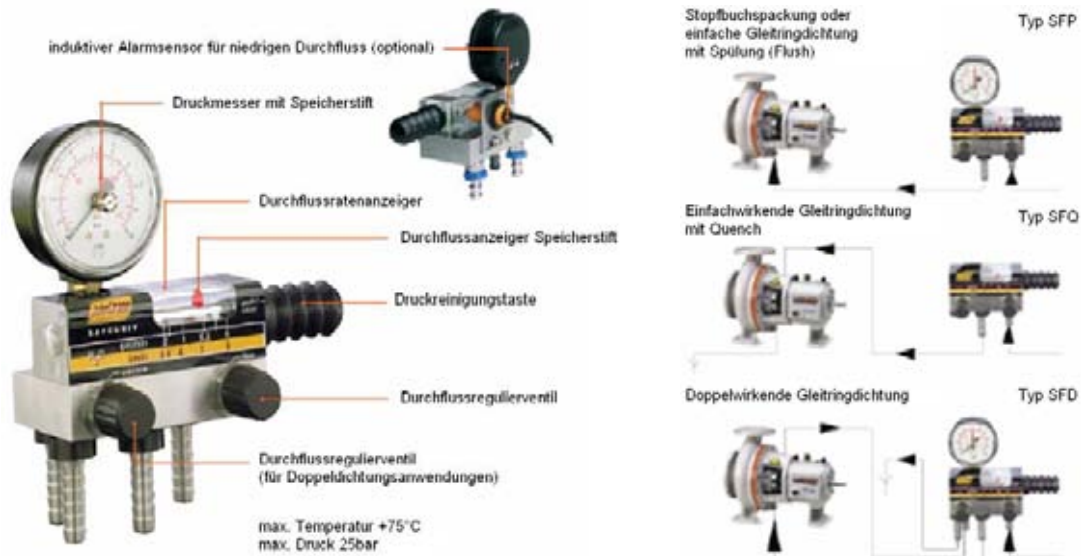
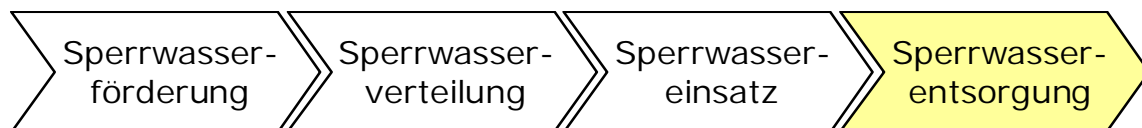


Abbildung 19: Rotameter – Bestandteile und Einbauvarianten

- Kosten für die Sperrwasserentsorgung



Das Sperrwasser kann, wie bei den unterschiedlichen Varianten des Sperrwassersystems erläutert (vgl. Kapitel 3.2.3.1), nach dessen Einsatz entweder dem Prozess zugeführt werden, oder aber über eine Kläranlage in den Abwasserkanal, und somit wieder in den Fluss eingeleitet werden.

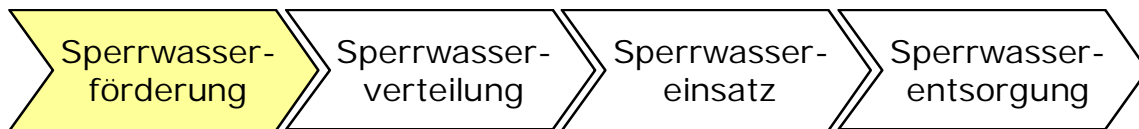
Bei der Verwendung von Frischwasser als Prozesswasser fallen die Entsorgungskosten für das Sperrwasser entweder als Kosten für das Einleiten in den Abwasserkanal, oder als Verdampfungskosten im Prozess an.

Im Falle der Verwendung von Prozessflüssigkeit als Sperrwasser fallen keine Kosten an, da die entsprechende Wassermenge im Prozess auch ohne dessen Verwendung als Sperrwasser benötigt wird bzw. auch dieses entsorgt werden muss. Wie jedoch bereits erwähnt, wird diese Variante in der Praxis aufgrund von Problemen mit der notwendigen Wasserqualität (vgl. Kapitel 3.3.2 und 3.3.3) nicht eingesetzt.

3.2.3.3 Ermittlung der Kosten für Dichtungen mit Sperrwasser

Bei der Ermittlung der Kosten wurde versucht bei allen beteiligten Firmen entsprechende Daten zu eruieren. Im folgenden werden alle erhobenen Daten herangezogen und dort, wo bei mehreren Firmen Daten zur selben Kostenart gefunden wurden, gemittelt.

- Kosten für die Sperrwasserförderung



Kosten der Versorgungspumpe(n)

Für die Sperrwasserversorgungspumpe(n) fallen einmalig Anschaffungs- und Installationskosten sowie laufend Kosten für Instandhaltung und für den elektrischen Energiebedarf an.

Anschaffungs- und Installationskosten

Die Anschaffungs- und Installationskosten der Versorgungspumpe(n) wurden anhand der Pumpen für die Papiermaschine PM4 der Firma UPM eruiert. Es sind dort 2 Pumpen der Type Vogel 40LS250 im Einsatz. Von den beiden Versorgungspumpen werden 14 Pumpen- und 33 Rührwerksperrwasseranschlüsse mit Sperrwasser versorgt.

Pumpen (á €4.000)	€ 8.000
Elektroanschlüsse	€ 8.000
Fundamente	€ 3.000
Mess- und Regelungstechnik	€ 5.000
Filteranlage	€ 3.000
Sonstiges	€ 1.000
Summe	€ 28.000

Tabelle 2: Anschaffungs- und Installationskosten Sperrwasserversorgungspumpen UPM

Die Gesamtkosten müssen den einzelnen Sperrwasseranschlüssen (Dichtungen) zugeordnet werden:

$$\text{Anschaffungskosten pro Anschluss} = \frac{\sum \text{Anschaffungskosten}}{\sum \text{Sperrwasseranschlüsse}}$$

$$\text{Anschaffungskosten pro Anschluss} = \frac{€28.000}{47 \text{ Sperrwasseranschlüsse}}$$

Pro Sperrwasseranschluss ergeben sich somit Anschaffungs- und Installationskosten von € 596.

Instandhaltungs- und Energiekosten

Für die Instandhaltungs- und Energiekosten konnten Daten bei allen drei Projektpartnern gefunden werden.

Instandhaltungskosten

- UPM

Hier waren in den Aufzeichnungen Daten für die Anlagen PM4, PM3, TMP und DIP3 vorhanden. Es sind 6 Versorgungspumpen in Einsatz, die insgesamt 178 Dichtungen mit Sperrwasser versorgen.

Die erfassten Daten wiesen für die sechs Versorgungspumpen Instandhaltungskosten im Gesamtausmaß von durchschnittlich € 2.896 pro Jahr aus.

Die gesamten Instandhaltungskosten müssen auf die Sperrwasseranschlüsse (Dichtungen) umgelegt werden:

$$\text{Instandhaltungskosten pro Anschluss} = \frac{\sum \text{Instandhaltungskosten}}{\sum \text{Sperrwasseranschlüsse}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten pro Anschluss} = \frac{€2.896}{178 \text{ Sperrwasseranschlüsse}}$$

Somit ergeben sich durchschnittliche Kosten von € 16,27 pro Sperrwasseranschluss und Jahr.

- PÖLS

An den beiden Sperrwasserversorgungspumpen (eine im Dauerbetrieb, die andere funktiert als Reserve) der Firma PÖLS hängen insgesamt 209 Sperrwasseranschlüsse.

Die Instandhaltungskosten für die Versorgungspumpen betragen gemittelt über die Aufzeichnungsdauer € 1.032 pro Jahr.

Die gesamten Instandhaltungskosten müssen auf die Sperrwasseranschlüsse (Dichtungen) umgelegt werden:

$$\text{Instandhaltungskosten pro Anschluss} = \frac{\sum \text{Instandhaltungskosten}}{\sum \text{Sperrwasseranschlüsse}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten pro Anschluss} = \frac{€1.032}{209 \text{ Sperrwasseranschlüsse}}$$

Dadurch ergeben sich bei PÖLS pro Sperrwasseranschluss und Jahr durchschnittliche Instandhaltungskosten von € 4,94.

- MONDI

Die Instandhaltungskosten bei MONDI für die Versorgungspumpen für 95 zu versorgende Dichtungen betragen durchschnittlich € 6.663 pro Jahr.

Die gesamten Instandhaltungskosten müssen auf die Sperrwasseranschlüsse (Dichtungen) umgelegt werden:

$$\text{Instandhaltungskosten pro Anschluss} = \frac{\sum \text{Instandhaltungskosten}}{\sum \text{Sperrwasseranschlüsse}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten pro Anschluss} = \frac{€6.663}{95 \text{ Sperrwasseranschlüsse}}$$

Somit ergeben sich pro Sperrwasseranschluss durchschnittliche Instandhaltungskosten von 70,14 €/Jahr.

Energiekosten

- UPM

Wie aus Tabelle 3 zu entnehmen ist, ergibt sich für die Versorgungspumpen der Firma UPM pro Anschluss eine durchschnittliche erforderliche Pumpenleistung von 0,443 kW, was im Fall von UPM (interner Strompreis 0,038385 €/kWh, Betriebsdauer 8760h) Energiekosten von € 148,96 pro Anschluss und Jahr bedeutet.

Anlage	Anzahl Pumpen	Anzahl Rührwerke	Summe Anschlüsse	Pumpenleistungen [kW]	Summe Pumpenleistungen [kW]	durchschn. Leistung [kW] pro Sperrwasseranschluss
PM4	14	33	47	18,5	18,5	0,394
PM3	10	23	33	18	18	0,545
TMP (10% SPW)	22	26	48	75	150	0,313
				75		
DIP3	24	26	50	15	26	0,520
				11		
					Mittelwert	0,443

Tabelle 3: elektr. Leistungen Sperrwasserversorgungspumpen UPM

- PÖLS

Aus der elektrischen Anschlussleistung der Versorgungspumpen der Firma PÖLS (2 Pumpen zu je 132kW, wobei eine Pumpe eine Stand-By-Pumpe darstellt) und der Anzahl der versorgten Dichtungen (209 Sperrwasseranschlüsse) ergibt sich ein Strombedarf von durchschnittlich 0,632 kW pro Sperrwasseranschluss.

- MONDI

Wie aus Tabelle 4 zu entnehmen ist, ergibt sich für die Versorgungspumpen der Firma MONDI pro Sperrwasseranschluss eine durchschnittlich erforderliche Pumpenleistung von 0,317 kW.

Anlage	Pumpenleistung	Anschlüsse	durchschn. Leistung [kW] pro Sperrwasseranschluss
PM 5	15 kW	45	0,333
PM 6	15 kW	50	0,300
Mittelwert			0,317

Tabelle 4: elektr. Leistungen Sperrwasserversorgungspumpen MONDI

Gemittelte Instandhaltungs- und Energiekosten über die 3 Firmen:

In Tabelle 5 finden sich die Auflistung der zuvor eruierten Werte der einzelnen Firmen und deren gemittelter Wert, mit dem im Anschluss die Berechnungen erfolgen.

	UPM	PÖLS	MONDI	Durchschnitt
Instandhaltungskosten [€/Jahr]	16,27	4,94	70,14	30,45
durchschnitt. Leistung pro Anschluss [kW]	0,443	0,632	0,317	0,464

Tabelle 5: Gemittelte Instandhaltungs- und Energiekosten über die 3 Firmen

Kosten für sonstige Installationen

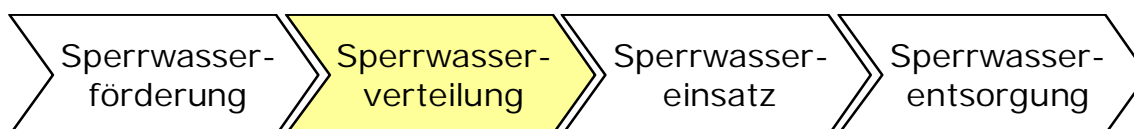
Wie bereits erwähnt, sind für den Betrieb des Sperrwassersystems weitere Installationen wie ein Sperrwasserbehälter und Befüllsystem notwendig. Die Kosten dafür wurden ebenfalls an der Papiermaschine PM4 von UPM erhoben.

Sperrwasserbehälter	€ 16.000
Befüllsystem	€ 4.000
Summe	€ 20.000

Tabelle 6: Kosten für sonstige Installationen

Bezieht man die Anschaffungskosten auf die 47 Sperrwasseranschlüsse, so ergeben sich Kosten von € 426 pro Anschluss.

- Kosten für die Sperrwasserverteilung



Kosten der Versorgungsleitungen

Bei den Kosten der Sperrwasserversorgungsleitung muss zwischen Kosten für die Ringleitung am Betriebsgelände, der Leitung in der Produktionshalle und Kosten für die Stichleitungen zu den einzelnen Pumpen (Dichtungen) unterschieden werden. Hier werden nur die Installationskosten der Leitungen betrachtet, da etwaige Instandhaltungskosten den Dichtungen zugerechnet werden, wobei die Aufzeichnung in den Firmen ebenfalls so erfolgt.

Ringleitung am Betriebsgelände

Zur Ermittlung der Kosten der Ringleitung am Betriebsgelände wurde die Ringleitung der Firma PÖLS herangezogen, da hierfür sämtliche Kosten bekannt waren und welche in Abbildung 20 zu sehen ist.

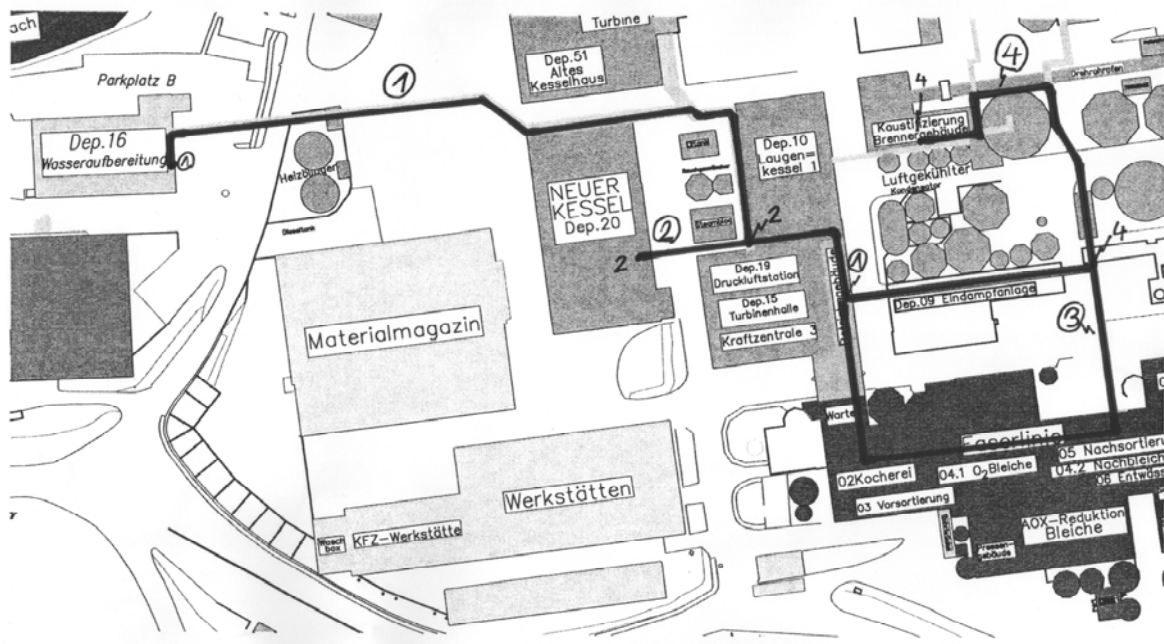


Abbildung 20: Sperrwasserversorgungsleitungen Betriebsgelände PÖLS

Die Sperrwasserversorgungsleitung der Firma PÖLS auf dessen Betriebsgelände besteht aus vier Teilbereichen mit Durchmessern zwischen 80 und 250mm (vgl. Tabelle 7). Die Gesamtlänge der Leitung beträgt 579m. Die Installationskosten beliefen sich auf €223.401,-.

Nr.	Länge	Dimension	Kosten
1	227 m	DN 250 (isoliert)	€ 130.393
2	32 m	DN 100 (isoliert)	€ 6.869
3	230 m	DN 150 (50% isoliert)	€ 70.389
4	90 m	DN 80 (isoliert)	€ 15.750
Summe			€ 223.401

Tabelle 7: Installationskosten für Verteilungsleitung PÖLS

Von der Versorgungsleitung am Betriebsgelände werden insgesamt 209 Dichtungen mit Sperrwasser versorgt.

Damit ergeben sich pro installiertem Meter Versorgungsleitung am Betriebsgelände Installationskosten von € 385,84. Aus der Gesamtlänge der Ringleitung und Summe der Sperrwasseranschlüsse ergibt sich eine durchschnittliche Länge von 2,77 m pro Anschluss. Somit ergeben sich pro versorgter Dichtung Kosten von € 1.069.

Ringleitung in der Produktionshalle

Für die Ermittlung der Installationskosten der Ringleitung in der Produktionshalle wurden die Daten der Teilbereiche 1 und 2 der Verteilungsleitung für die Pumpen der Papiermaschine PM4 bei UPM herangezogen, zumal diese erst vor kurzem gebaut wurde und somit auch sämtliche Kosten vorhanden waren.

Rohrleitung	110 m	21,32 €/m	€ 2.345
Bögen	16#	24,33 €/#	€ 389
Schweißnähte	52 #	29,87 €/#	€ 1.553
Gleitlager	4 #	165 €/#	€ 660
Flanschverbindungen	3 #	25 €/#	€ 75
Summe			€ 4.962

Tabelle 8: Installationskosten Verteilungsleitung UPM

Hochgerechnet auf die Gesamtlänge der Verteilungsleitung von 480m plus der Installation von Kleinteilen im Wert von € 1.000 ergeben sich Gesamtkosten von € 22.917. Bezogen auf einen installierten Meter Ringleitung ergeben sich somit Kosten von € 47,74.

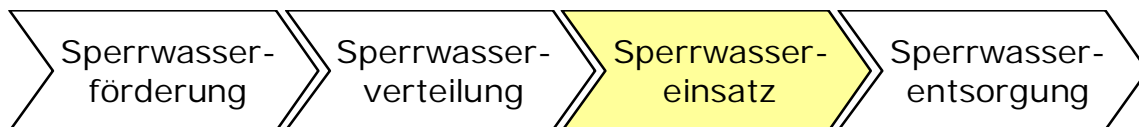
Aus der Gesamtlänge der Ringleitung und Summe der Sperrwasseranschlüsse (14 Pumpen, 33 Rührwerke) ergibt sich eine durchschnittliche Länge von 10,21 m pro Anschluss. Unter Berücksichtigung der versorgten 47 Sperrwasseranschlüsse ergeben sich pro installiertem Sperrwasseranschluss Installationskosten von € 488.

Stichleitungen

Die Installationskosten für Stichleitungen konnten anhand der Anlage DIP4 der Firma UPM ermittelt werden. Die Anlage wurde im Jahr 1999 errichtet und die Installationskosten der einzelnen Stichleitungen waren in den Aufzeichnungen zu finden.

Aus den Gesamtinstallationskosten von € 25.395 ergeben sich pro installiertem Meter Stichleitung durchschnittliche Installationskosten von € 59,22. Die Aufzeichnungsdaten ergeben eine durchschnittliche Länge der Stichleitung von 14,29 m. Unter Berücksichtigung der 31 versorgten Dichtungen ergeben sich pro Dichtung Kosten von € 819.

- Kosten für den Sperrwassereinsatz



Kosten der Dichtung

Um die Kosten der Dichtung erfassen zu können, müssen die Anschaffungs- und Instandhaltungskosten, sowie die Kosten aufgrund des elektrischen Leistungsbedarfs erhoben werden.

Anschaffungskosten der Dichtung

Zur Ermittlung der Anschaffungskosten der Dichtung wurden von den drei Projektpartnern deren Einkaufspreise für Dichtungen angegeben und anschließend gemittelt (vgl.

Tabelle 9). Da, wie bereits in den eingangs erwähnten Anmerkungen vermerkt, die Pumpen des Herstellers ANDRITZ den Grossteil der untersuchten Pumpen darstellen, wurden bei der Ermittlung der Anschaffungskosten für Packungen und doppelten Gleitringdichtungen nur die Pumpentypen von ANDRITZ herangezogen.

Pumpentyp	Packung	doppelte GLRD Typ 587 (innen) Typ 502 (außen)
Durchschnitt	€ 328	€ 507

Tabelle 9: Anschaffungskosten für Dichtungen mit Sperrwasser

Instandhaltungskosten der Dichtung

Aus den Instandhaltungsdaten der betrachteten Pumpen wurden jene Instandhaltungsfälle (und somit deren Kosten) eruiert, die durch das Dichtungs- bzw. Sperrwassersystem hervorgerufen wurden.

Im Fall der doppelten Gleitringdichtung waren dies:

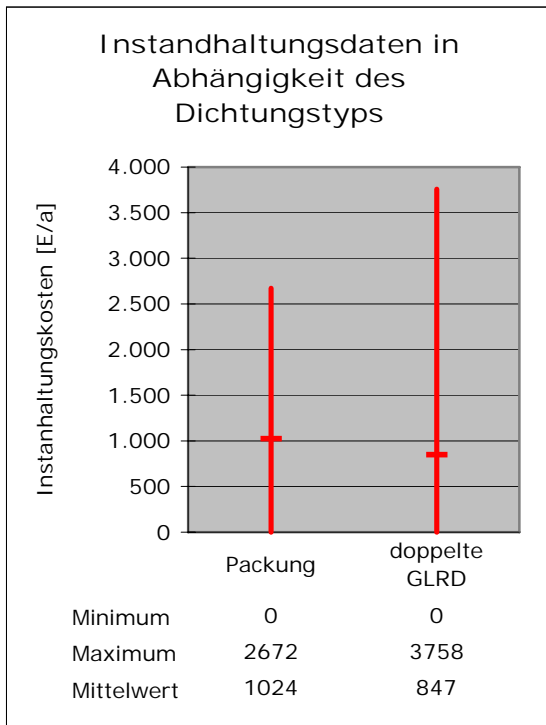
- Gleitringdichtung undicht
- Kontrolle der Gleitringdichtung
- Gleitringdichtung wechseln.

Im Fall der Stopfbuchspackung waren es:

- Packung undicht
- Packung kontrollieren
- Packung nachstellen
- Packungsmaterial nachlegen
- Pumpe neu verpacken

Schadenfälle des Sperrwassersystems waren:

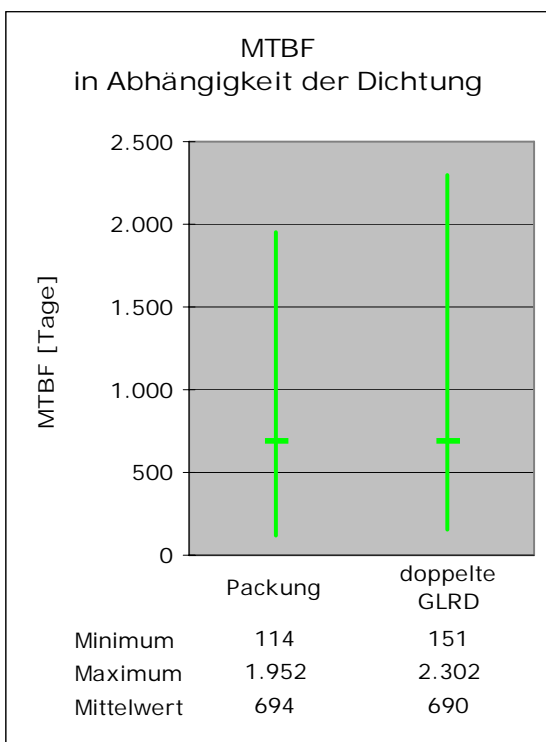
- Sperrwasseranschluss undicht
- Sperrwasserleitung verstopft
- Rotameter defekt



Packung	doppelte GLRD
13	59

Diagramm 7: Instandhaltungskosten für Dichtungen mit Sperrwasser

Die Analyse von 13 Packungen und 59 doppelten Gleitringdichtungen hat gezeigt, wie in Diagramm 7 zu sehen ist, dass die Instandhaltungskosten der doppelten Gleitringdichtung mit durchschnittlich 847 €/Jahr um €177 geringer sind als jene der Stopfbuchspackung mit durchschnittlich 1.024 €/Jahr.



Packung	doppelte GLRD
13	59

Diagramm 8: MTBF-Wert für Dichtungen mit Sperrwasser

Der MTBF-Wert (MTBF = Meantime between failure) ist in dieser Betrachtung der Zeitraum zwischen zwei Schadensfällen des Dichtungssystems.

Bei Dichtungssystemen mit Sperrwasser ist, wie in Diagramm 8 zu sehen, der MTBF-Wert mit durchschnittlich 690 Tagen (doppelte Gleitringdichtung) bzw. 694 Tagen (Stopfbuchspackung) so gut wie identisch.

An dieser Stelle sollte nochmals darauf hingewiesen werden, dass der MTBF-Wert aufgrund der Instandhaltungsstrategien der Firmen (vgl. Kapitel 3.4.1) nicht als Wert für die Lebensdauer (Standzeit) der Dichtung angenommen werden kann, da einige der betrachteten Firmen die Dichtungen bei jeder „Öffnung der Pumpe“ (beispielsweise bei einem Lagerschaden) austauschen, auch wenn diese nicht defekt sind.

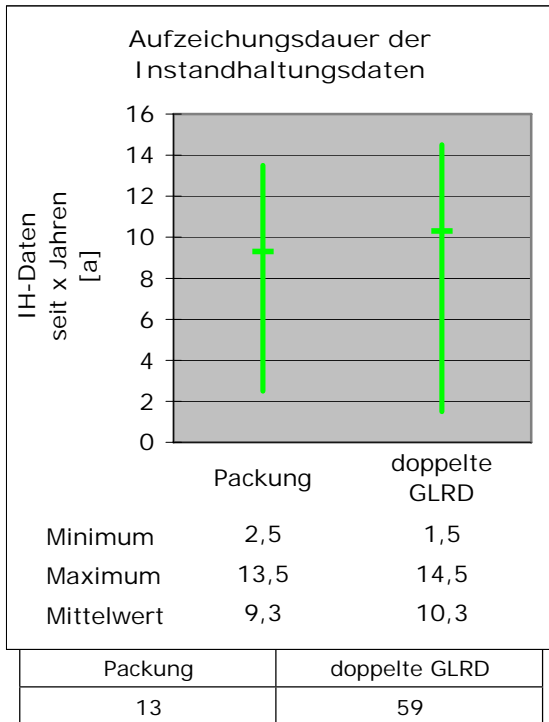


Diagramm 9: Aufzeichnungsdauer der Instandhaltungsdaten für Dichtungen mit Sperrwasser

Um die Plausibilität der Instandhaltungsdaten für Dichtungssystem mit Sperrwasser garantieren zu können, soll hier ebenfalls auf die Aufzeichnungsdauer der Instandhaltungsdaten hingewiesen werden, welche im Durchschnitt 9,3 bzw. 10,3 Jahre beträgt.

Kosten für den elektrischen Leistungsbedarf der Dichtung

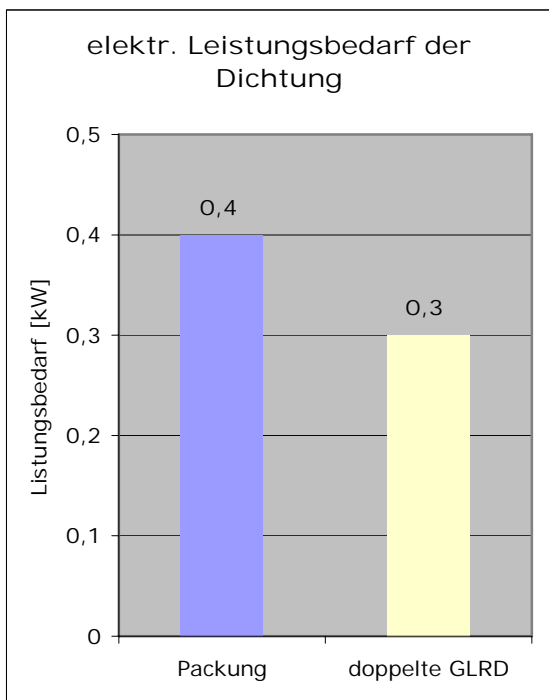
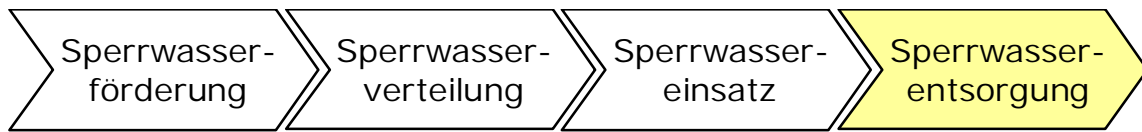


Diagramm 10: elektrischer Leistungsbedarf für Dichtungen mit Sperrwasser
Quelle: Sulzer Technical Review

Der Anteil der Pumpenleistung, der dem Dichtungssystem zuzurechnen ist, hängt, wie bereits mehrfach erwähnt, vom verwendetem Dichtungssystem und der Pumpengröße ab. Die Werte für die Berechnung stellen einen Durchschnittswert über alle Pumpengrößen dar. Die Relationen der Werte zwischen den einzelnen Dichtungssystemen sind für alle Pumpengrößen in etwa gleich, was vom Hersteller SULZER bestätigt wurde

- Kosten für die Sperrwasserentsorgung



Sperrwassermenge

Die Betrachtung des Sperrwasserverbrauches ist hier angeführt, da die Kosten für die jeweilige Wassermenge nach deren Einsatz als Entsorgungskosten zu bezahlen sind.

Die verwendeten Sperrwassermengen sind, wie in Diagramm 11 zu sehen ist, sehr unterschiedlich verteilt. 54% der 13 untersuchten Packungen werden mit 5 Liter pro Minute betrieben. Der Grossteil der analysierten doppelten Gleitringdichtungen wird mit 2 bis 10 Litern pro Minute versorgt.

Der durchschnittliche Sperrwasserverbrauch beträgt, wie in Diagramm 12 ersichtlich ist, bei der doppelten Gleitringdichtung 5,52 l/min bzw. bei der Stopfbuchspackung 4,16 l/min, wobei doppelte Gleitringdichtungen mit Sperrwassermengen von 0,5 bis 15 l/min und Packungen mit Mengen von 1,6 bis 8,5 l/min versorgt werden.

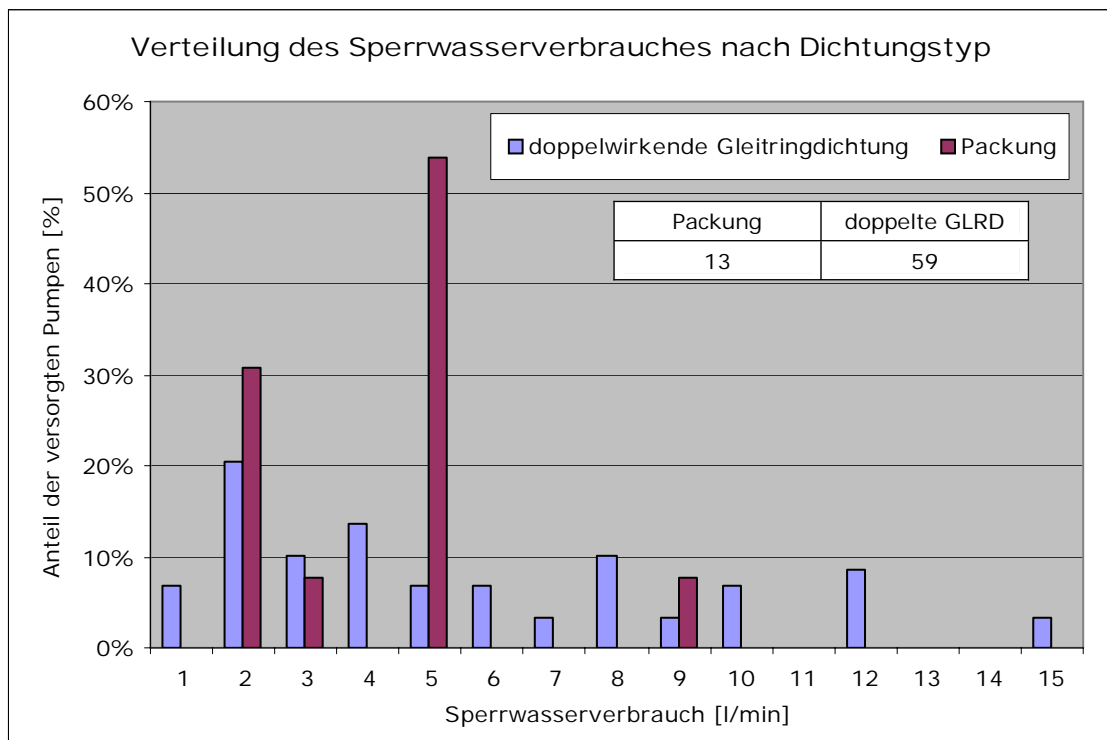


Diagramm 11: Verteilung des Sperrwasserverbrauches nach Dichtungstyp

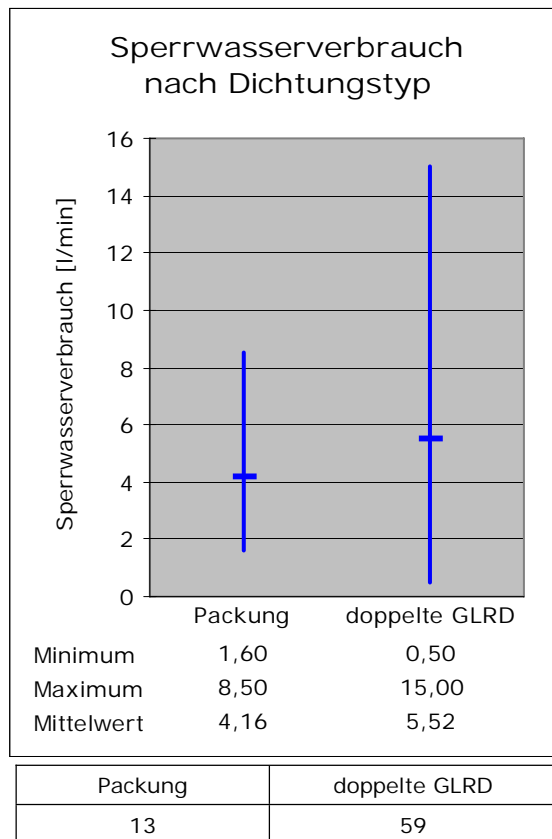


Diagramm 12: Maximum, Minimum & Mittelwert des Sperrwasserverbrauchs je Dichtungstyp

Sperrwassermenge nach Stoffdichte

Obwohl, wie bereits erwähnt, die Sperrwassermenge in den meisten Fällen nur durch die Dimension der Stichleitung bzw. anhand von Herstellervorgaben mittels eines Rotameter vorgegeben wird, wurde auch untersucht, ob die Sperrwassermenge auch mit der Dichte des zu fördernden Mediums zusammenhängt.

Die Analyse der Sperrwassermenge in Abhängigkeit der Stoffdichte des von der Pumpe geförderten Mediums hat gezeigt, dass die eingestellte Sperrwassermenge mit zunehmender Stoffdichte bei doppelter Gleitringdichtung leicht ansteigt, während sie bei Stopfbuchspackungen geringfügig abfällt.

Die Zunahme der Sperrwassermenge mit steigender Stoffdichte kann durch den höheren Zellstoffanteil und der damit verbunden gestiegenen Gefahr der Verstopfung der Dichtung erklärt werden.

Sperrwassermenge nach der Pumpenleistung

Die Gegenüberstellung von Sperrwassermenge und Pumpenleistung hat gezeigt, dass die verwendete Sperrwassermenge bei den doppelten Gleitringdichtungen mit steigender Pumpenleistung im Durchschnitt über alle untersuchten Pumpen konstant bei etwa 5,5 l/min bleibt.

Die Herstellervorgaben der Firma ANDRITZ sind über den Wellendurchmesser und somit über die Pumpenleistung definiert. Ein Vergleich der tatsächlich eingesetzten Sperrwassermenge mit der vorgegebenen Menge (der empfohlene Bereich der Sperrwassermenge wird im Diagramm 13 durch die zwei grünen Linien dargestellt) zeigt eine deutliche Abweichung.

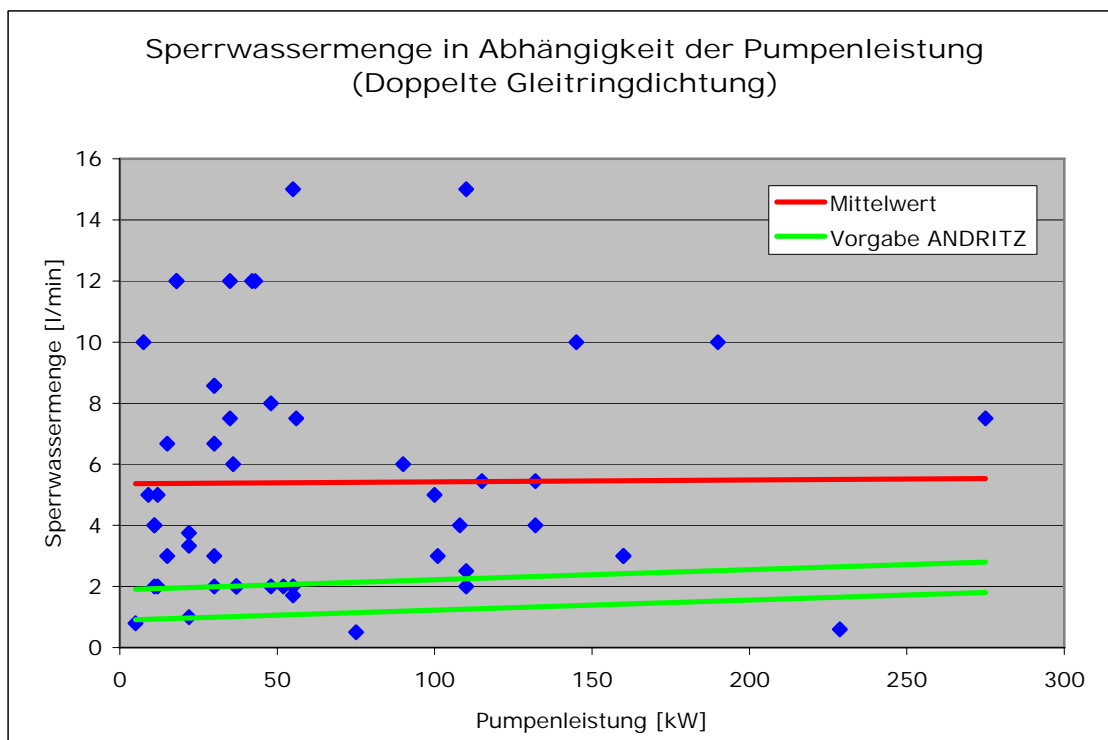


Diagramm 13: Sperrwasserverbrauch in Abhängigkeit der Leistung (doppelte GLRD)

Wie in Diagramm 13 ersichtlich ist, liegen 77% der untersuchten Pumpen über der Herstellervorgabe, wobei die vorgegebene Sperrwassermenge im Durchschnitt bei niedriger Pumpenleistung um 3,5 l/min und bei höheren Pumpenleistungen um 2,5 Liter pro Minute überschritten wird. Daraus kann auf ein erhebliches Einsparungspotential für Wasser geschlossen werden.

Bei den untersuchten Pumpen mit Stopfbuchspackung ergibt sich in bezug auf Sperrwasserverbrauch ein ähnliches Bild (zu hoch eingestellte Werte bzw. keine Regelung). Weiter hat sich gezeigt, dass die Sperrwassermenge bei den untersuchten Pumpen mit diesem Dichtungstyp mit steigender Pumpenleistung um rund 1 l/min pro 100kW abfällt.

Sperrwassermenge mit und ohne Rotameter

Wie bereits erläutert, wird die Sperrwassermenge nach heutigem Stand der Technik mit Rotametern geregelt. Bei den untersuchten 59 Pumpen mit doppelter Gleitringdichtung waren jedoch 71% der Pumpen ohne Rotameter und nur 29% mit Rotameter ausgestattet (siehe Diagramm 14).

Vergleicht man die Sperrwassermengen mit den Herstellervorgaben von ANDRITZ so zeigt sich, dass bei Pumpen mit Rotameter 59% und bei Pumpen ohne Rotameter 85% über der Vorgabe liegen.

Die Trendlinie der Sperrwassermenge zeigt, dass bei Pumpen mit Rotameter die eingestellte Sperrwassermenge mit zunehmender Leistung ebenfalls – um rund 1,5 l/min pro 100kW – ansteigt, während bei Pumpen ohne Rotameter die durchschnittliche Sperrwassermenge konstant bei 6 l/min liegt.

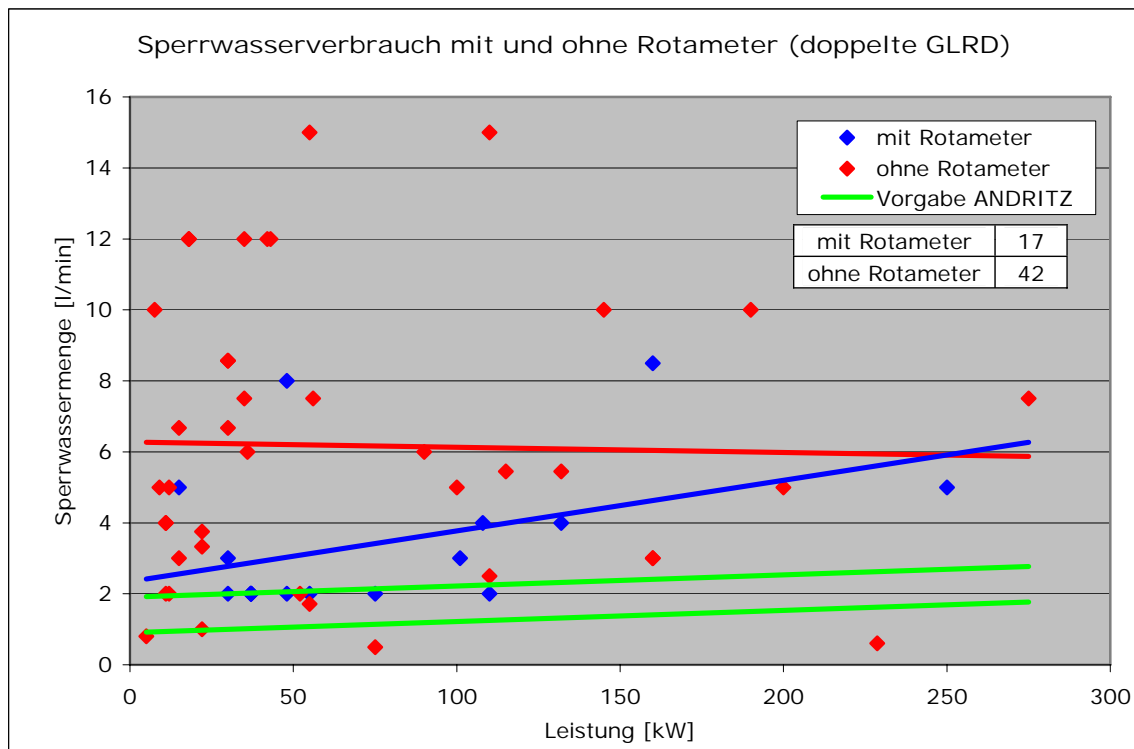


Diagramm 14: Sperrwasserverbrauch mit und ohne Rotameter (doppelte GLRD)

Für die überhöhten Sperrwassermengen mit Rotametern können verschiedene Gründe ausschlaggebend sein, wie aus den Gesprächen mit den Projektpartnern zu dieser Thematik zu erfahren war:

- die Vorgaben sind nicht bekannt
- keine klare Zuständigkeit (Wer stellt die Menge ein? Wer kontrolliert?)
- die eingestellten Werte sind aus „psychologischen“ Gründen zu hoch (keine Probleme mit der Dichtung → keine Probleme mit der Pumpe → keine Probleme mit dem Vorgesetzten)
- zum Teil sind ältere Rotameter eingebaut, bei denen der notwendige niedrige Wert nicht eingestellt werden kann.

Sperrwasserentsorgungskosten

Die Kosten für die Sperrwassermenge fallen bei der Entsorgung des verunreinigten Wassers an, da die Firmen erst an dieser Stelle für die Wassermenge bezahlen.

UPM leitet das Sperrwasser nach dessen Einsatz in die Kläranlage ein, wo es gereinigt, unter 35°C (maximale Einleitungstemperatur) gekühlt (Gegenstrom mit Prozesswasser aus Fluss) wird und anschließend wieder in die Ybbs gelangt. Als Einleitungskosten fallen 0,45 €/m³ an.

3.2.3.4 Gesamtkosten der Dichtungssysteme mit Sperrwasser

Die Zusammenfassung der zuvor eruierten Werte der Kostenarten zu Gesamtkosten (vgl. Kapitel 3.2.1) zeigt im Fall der Dichtungssysteme mit Sperrwasser, wie in Diagramm 15 dargestellt, dass sowohl die einmaligen als auch die laufenden Kosten der Stopfbuchspackung geringfügig niedriger sind als die der doppelten Gleitringdichtung.

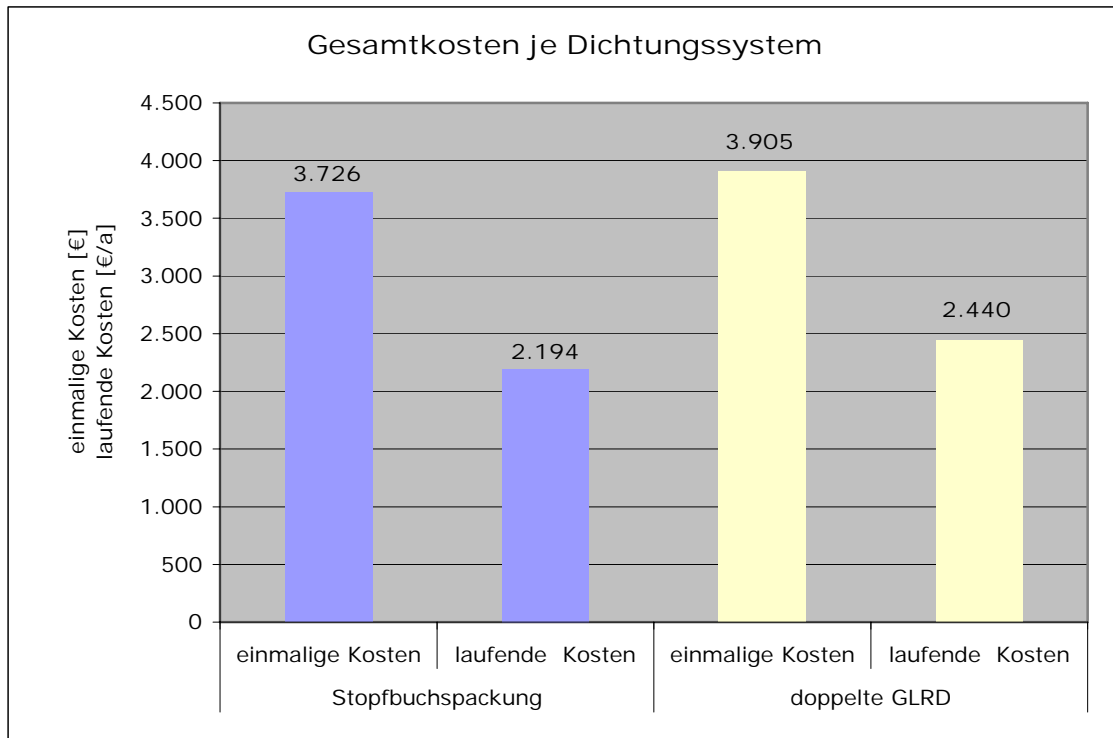
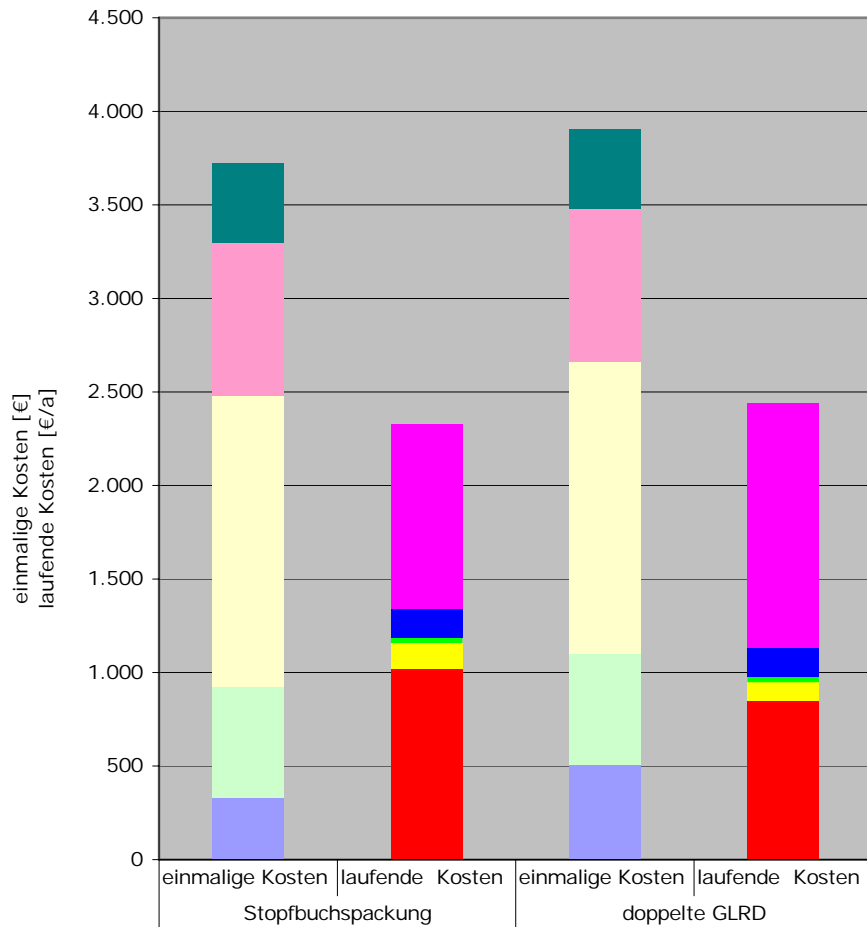


Diagramm 15: Gesamtkosten (Summe) für Dichtungssysteme mit Sperrwasser

Die Berechnung der Gesamtkosten erfolgte mit dem Strompreis von UPM (3,8385 Cent/kWh), dem durchschnittlichen Anschaffungspreis der Dichtung, den durchschnittlichen Instandhaltungskosten der Dichtung, dem gemittelten elektrischen Leistungsbedarf über alle Pumpengrößen, dem Entsorgungspreis von UPM (0,45 €/m³), sowie den in den vorhergehenden Kapiteln ermittelten Kosten für Versorgungspumpen und -leitungen.

Betrachtet man die einzelnen Kostenarten (Diagramme 16 und 17) genauer, so zeigt sich, dass bei Dichtungssystemen mit Sperrwasser die Ringleitung, die Instandhaltungskosten der Dichtung und die Entsorgungskosten des Wassers als wesentliche Kostentreiber identifiziert werden können (siehe Vergleich Kostentreiber aller Dichtungssysteme im Kapitel 3.2.4.5).

Gesamtkosten je Dichtungssystem



	einmalige Kosten	laufende Kosten	einmalige Kosten	laufende Kosten
	Stopfbuchspackung		doppelte GLRD	
Entsorgungskosten		984		1.306
Versorgungspumpe - Energiekosten		156		156
Versorgungspumpe - Instandhaltungskosten		30		30
Dichtung - Leistungsbedarf		135		101
Dichtung - Instandhaltungskosten		1.024		847
Sonstige Installationen	426		426	
Versorgungsleitung - Stichelung	819		819	
Versorgungsleitung - Ringleitung	1.557		1.557	
Versorgungspumpe - Anschaffungs-, Installationskosten	596		596	
Dichtung - Anschaffungskosten	328		507	

Diagramm 16: Gesamtkosten (Aufteilung) für Dichtungssysteme mit Sperrwasser

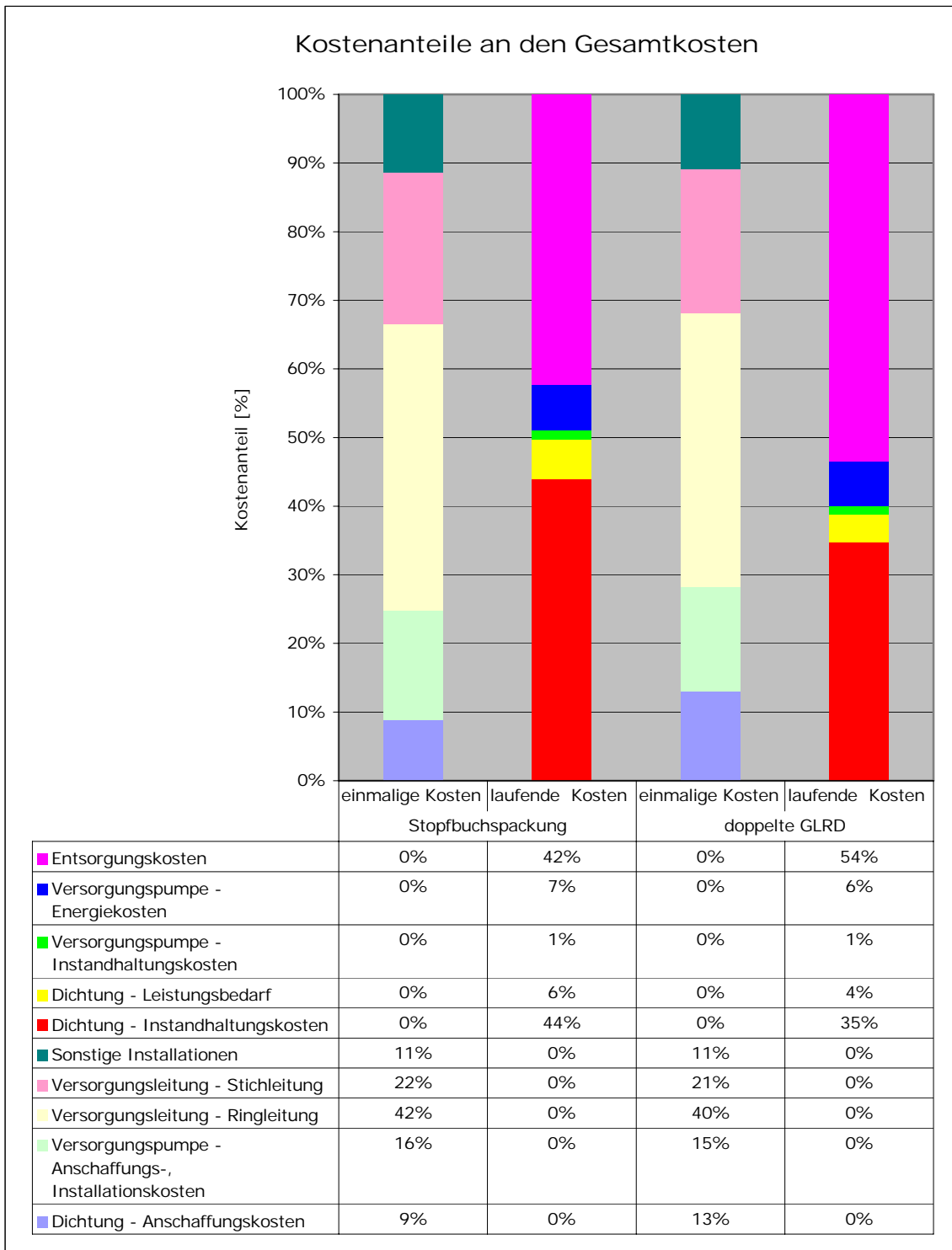


Diagramm 17: Gesamtkosten (Prozentanteile) für Dichtungssysteme mit Sperrwasser

Sensibilitätsanalyse

Wie sich die laufenden Kosten von Dichtungssystemen mit Sperrwasser ändern, wenn einzelne Kostenarten gesenkt werden, kann einer Sensibilitätsanalyse (Diagrammen 18 und 19) entnommen werden.

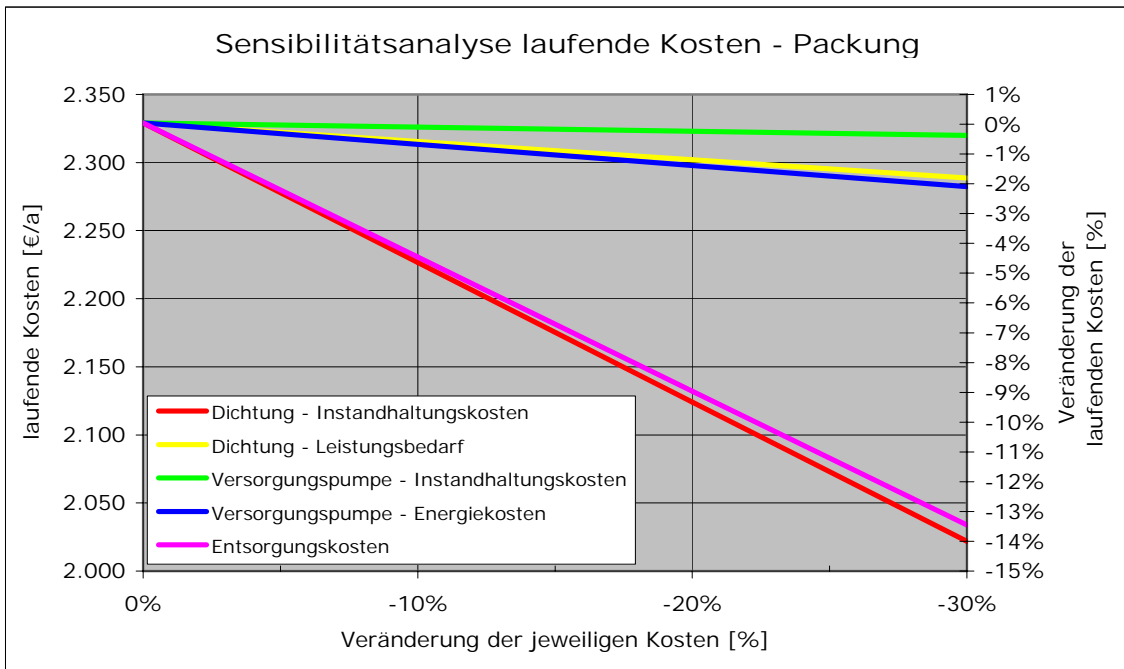


Diagramm 18: Sensibilitätsanalyse laufende Kosten – Packung

Werden bei einer Packung die Entsorgungskosten des Wassers (z.B. über die Sperrwassermenge) oder die Instandhaltungskosten der Dichtung um 10% gesenkt, so werden, wie Diagramm 18 entnommen werden kann, die gesamten laufenden Kosten um 5% gesenkt. Wird einer der beiden Kostenfaktoren um 20% gesenkt, so sinken die laufenden Kosten um 9,5%. Das Absenken der drei anderen Kostenfaktoren (Instandhaltungskosten der Versorgungspumpe, Energiekosten der Versorgungspumpe und elektrischer Leistungsbedarf der Dichtung) führt nur zu sehr geringen Veränderungen der laufenden Kosten.

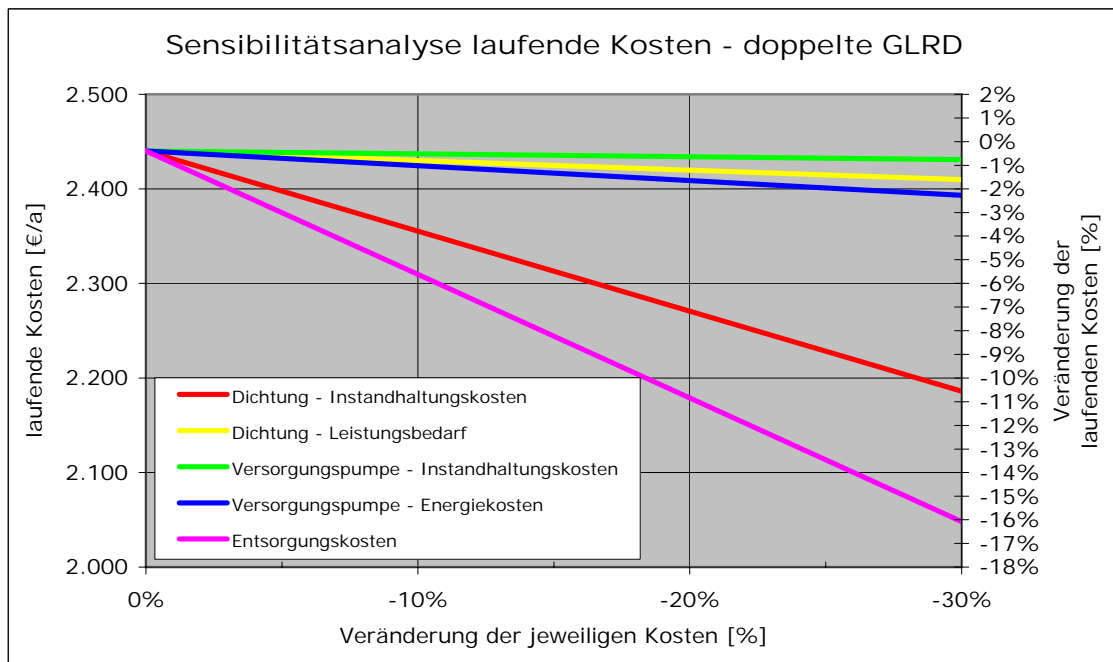


Diagramm 19: Sensibilitätsanalyse laufende Kosten – doppelte Gleitringdichtung

Bei der doppelten Gleitringdichtung sind die Entsorgungskosten des Sperrwassers der „einflussreichste“ Kostenfaktor: während ein Senken der Instandhaltungskosten der

Dichtung um 10% die laufenden Kosten um 4% senkt, nehmen diese bei der Reduktion der Entsorgungskosten um 10% um 6% ab (vgl. Diagramm 19). Dieser Unterschied nimmt mit steigenden Werten der Veränderung der Kostenfaktoren zu. Erfolgt ein Absenken der beiden Kostenfaktoren Entsorgungskosten und Instandhaltungskosten der Dichtung um 30%, so werden die laufenden Kosten der doppelten Gleitringdichtung um 10,5% (Instandhaltungskosten) bzw. 16% (Entsorgungskosten) gesenkt. Wie schon bei der Packung führt das Absenken der drei anderen Kostenfaktoren nur zu sehr geringen Veränderungen der laufenden Kosten.

3.2.4 Gegenüberstellung der Dichtungssysteme

Um die Dichtungssysteme mit Sperrwasser mit jenen ohne Sperrwasser vergleichen zu können, sollen die in den Kapiteln 3.2.2 und 3.2.3 ermittelten Werte zusammengeführt und gegenübergestellt werden.

3.2.4.1 Anschaffungskosten der Dichtung

In Tabelle 10 befindet sich nochmals eine Zusammenstellung der Anschaffungskosten der Dichtungen, wobei es sich um einen Mittelwert der Einkaufspreise von den Projektpartnern handelt.

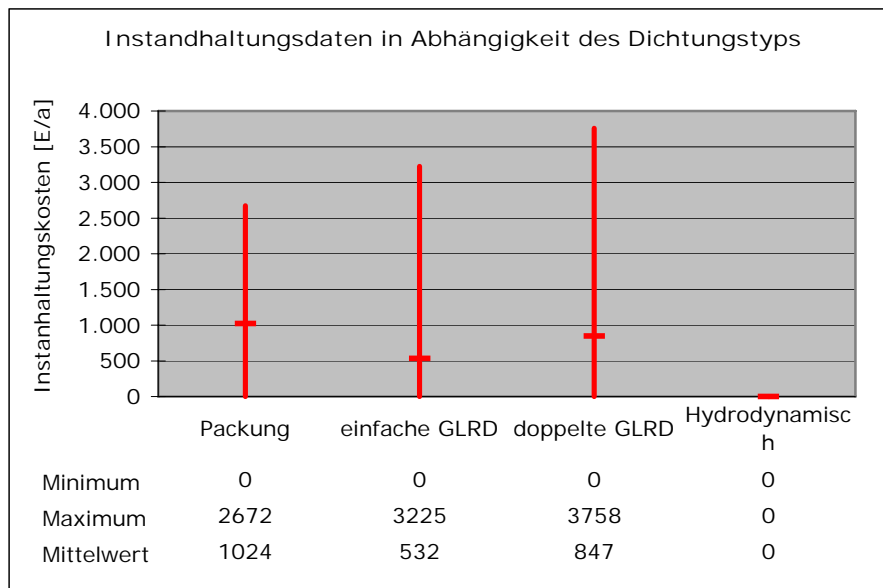
Pumpentyp	Packung	einfache GLRD Typ 587	doppelte GLRD Typ 587 (innen) Typ 502 (außen)	hydro- dynamische Dichtung
Durchschnitt	€ 328	€ 308	€ 507	€ 1.301

Tabelle 10: Anschaffungskosten für alle vier Dichtungen

3.2.4.2 Instandhaltungskosten der Dichtung

Wie in Diagramm 20 zu sehen ist, zeigt sich bei den Instandhaltungskosten, dass neben der hydrodynamischen Dichtung die einfache Gleitringdichtung die niedrigsten Instandhaltungskosten aufweist.

Nimmt man die einfache Gleitringdichtung als 100% Basis, so hat die Packung 192% und die doppelte Gleitringdichtung 159% der Instandhaltungskosten der einfachen Gleitringdichtung.

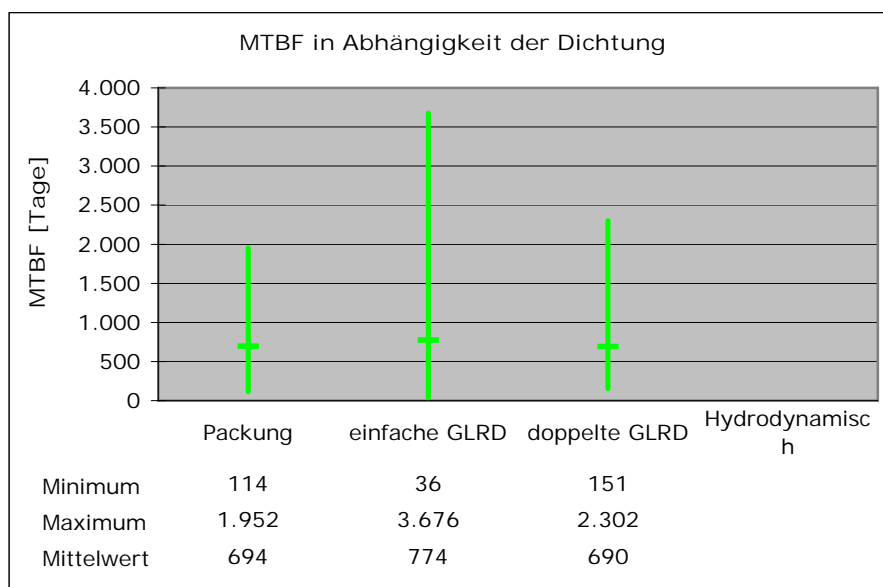


Packung	einfache GLRD	doppelte GLRD	Hydrodynamisch
13	117	59	3

Diagramm 20: Instandhaltungskosten aller Dichtungssysteme

3.2.4.3 MTBF-Wert

Beim MTBF-Wert (Meantime between failure = Zeit zwischen zwei Schadensfällen des Dichtungssystems) liegen die Durchschnittswerte der Packung, der einfachen sowie der doppelten Gleitringdichtung, wie in Diagramm 21 ersichtlich ist, zwischen 690 und 774 Tagen, also sehr nahe aneinander. Wie in Kapitel 3.2.2.2 erwähnt, konnten für hydrodynamische Dichtungen keine Aufzeichnungen über Schadensfälle gefunden werden, wodurch auch kein MTBF-Wert bestimmt werden konnte.



Packung	einfache GLRD	doppelte GLRD	Hydrodynamisch
13	117	59	3

Diagramm 21: MTBF-Wert aller Dichtungssysteme

An dieser Stelle sollte nochmals festgehalten werden, dass der MTBF-Wert aufgrund der Instandhaltungsstrategien der Firmen, wie bereits mehrfach erwähnt, (vgl. Kapitel 3.4.1) nicht als Wert für die Lebensdauer (Standzeit) der Dichtung angenommen werden kann.

3.2.4.4 Elektrischer Leistungsbedarf

Der Anteil der Pumpenleistung, der dem Dichtungssystem zuzurechnen ist, hängt, wie bereits mehrfach erwähnt, vom verwendeten Dichtungssystem und der Pumpengröße ab. Die Werte, welche für die Berechnung herangezogen wurden, stellen einen Durchschnittswert über alle Pumpengrößen dar.

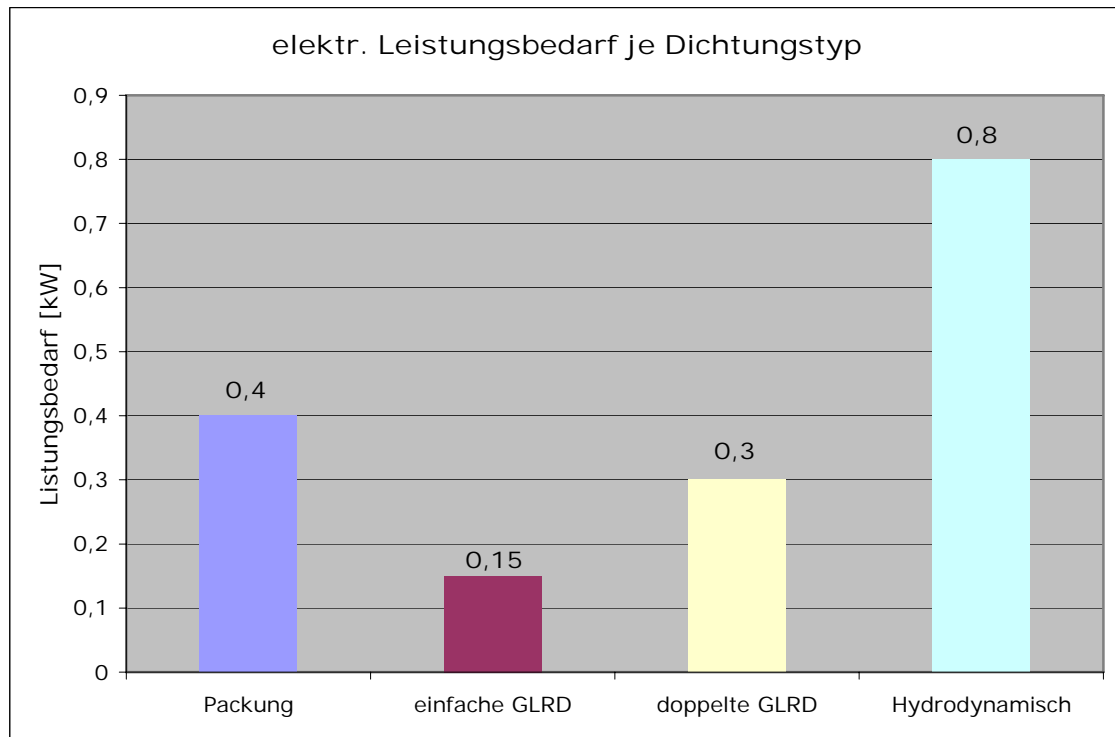


Diagramm 22: elektrischer Leistungsbedarf aller Dichtungssysteme (Quelle: SULZER)

3.2.4.5 Vergleich der Gesamtkosten

Werden die zuvor erhobenen Werte der Gesamtkosten für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser (siehe Kapitel 3.2.2.3) und für solche mit Sperrwassereinsatz (siehe Kapitel 3.2.3.4) zusammengefasst bzw. gegenübergestellt so ist zu erkennen, dass die Dichtungssysteme ohne Sperrwasser sowohl bei den einmaligen als auch bei den laufenden Kosten wesentlich niedriger sind als jene mit Sperrwasser (siehe Diagramm 23).

Eine längerfristige Nutzung der Dichtungssysteme führt, wie in Diagramm 24 dargestellt, zu erheblich unterschiedlichen Kosten. Es zeigt sich, dass die Kosten für Dichtungssysteme mit Sperrwasser weit über den Kosten für Dichtungssysteme ohne Sperrwasser liegen. Bei den sperrwasserfreien Systemen ist die einfachwirkende Gleitringdichtung in den ersten drei Einsatzjahren kostengünstiger. Ab dem vierten Einsatzjahr stellt die hydrodynamische Dichtung die preiswerteste Dichtungsvariante dar.

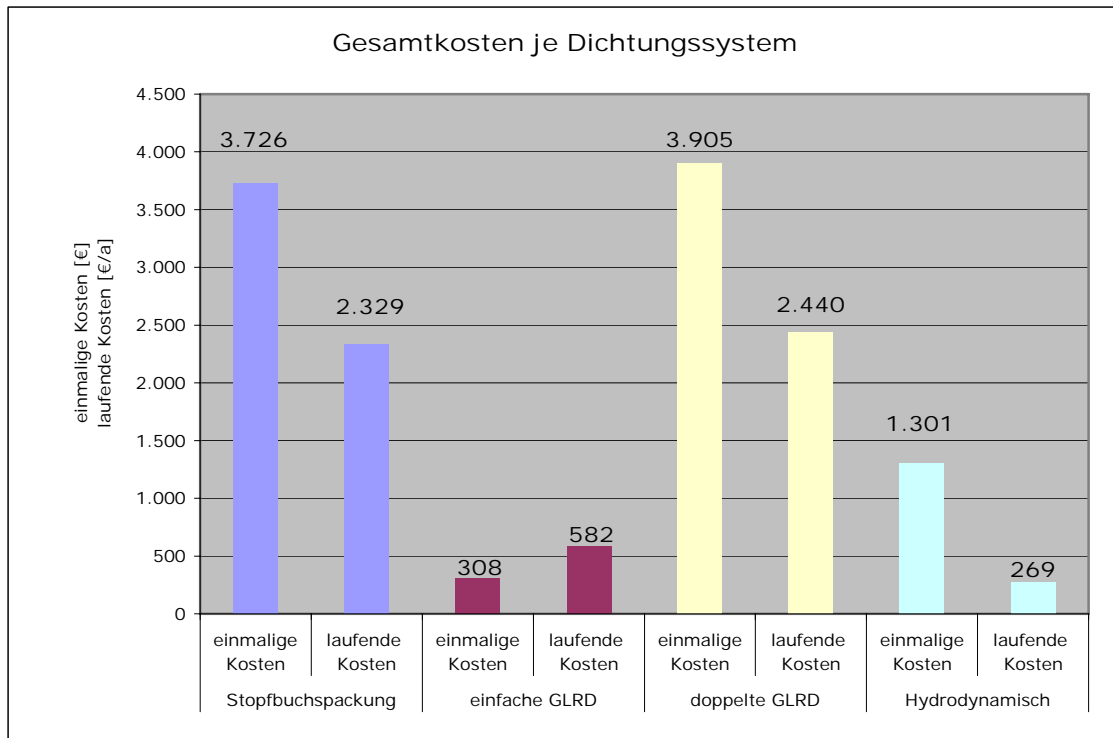


Diagramm 23: Gesamtkosten (Summe) aller Dichtungssysteme

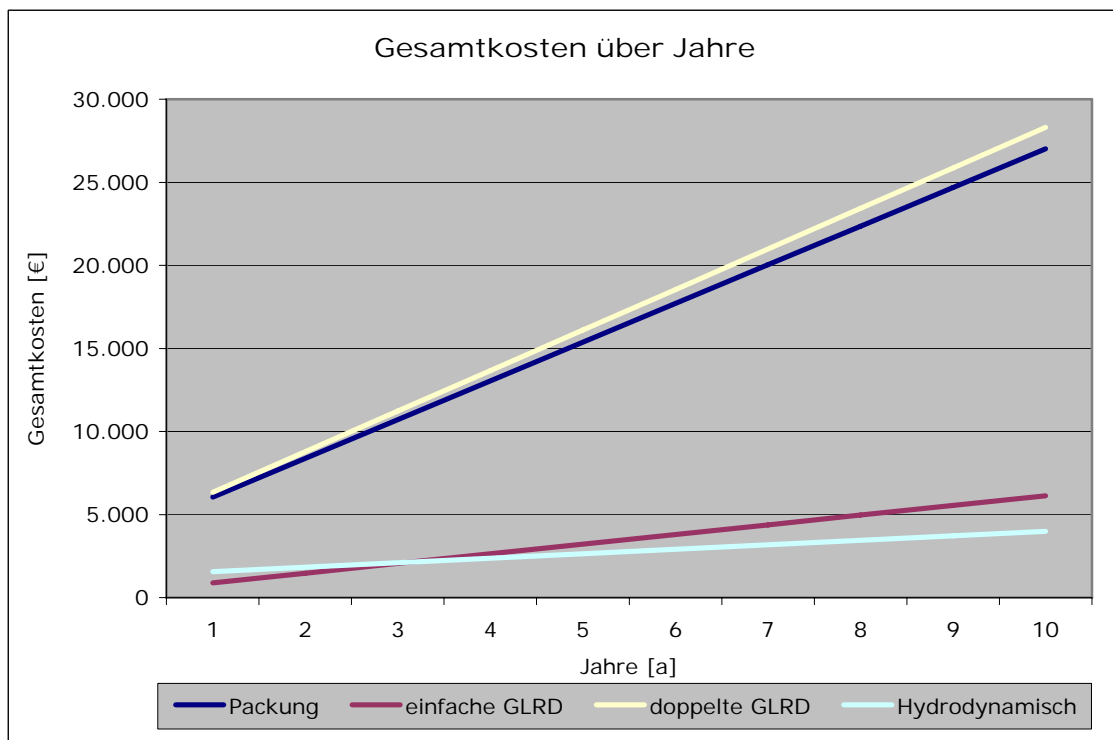


Diagramm 24: Gesamtkostenentwicklung über Jahre für alle Dichtungssysteme

In Diagrammen 25 ist die Aufteilung der Gesamtkosten auf die einzelnen Kostenfaktoren zu sehen.

Es zeigt sich, dass bei den Dichtungssystemen mit Sperrwasser die Installationskosten für die Versorgungsleitung am Betriebsgelände, die Instandhaltungskosten der Dichtung sowie die Entsorgungskosten für das Sperrwasser die größten Kostenanteile aufweisen.

Da bei den Dichtungssystemen ohne Sperrwasser nur drei Kostenarten auftreten, sind diese natürlich die wesentlichen Kostentreiber. Bei den einmaligen Kosten fallen nur Anschaffungskosten für die Dichtung an. Bei den laufenden Kosten sind die Instandhaltungskosten der Dichtung der wesentliche Einflussfaktor.

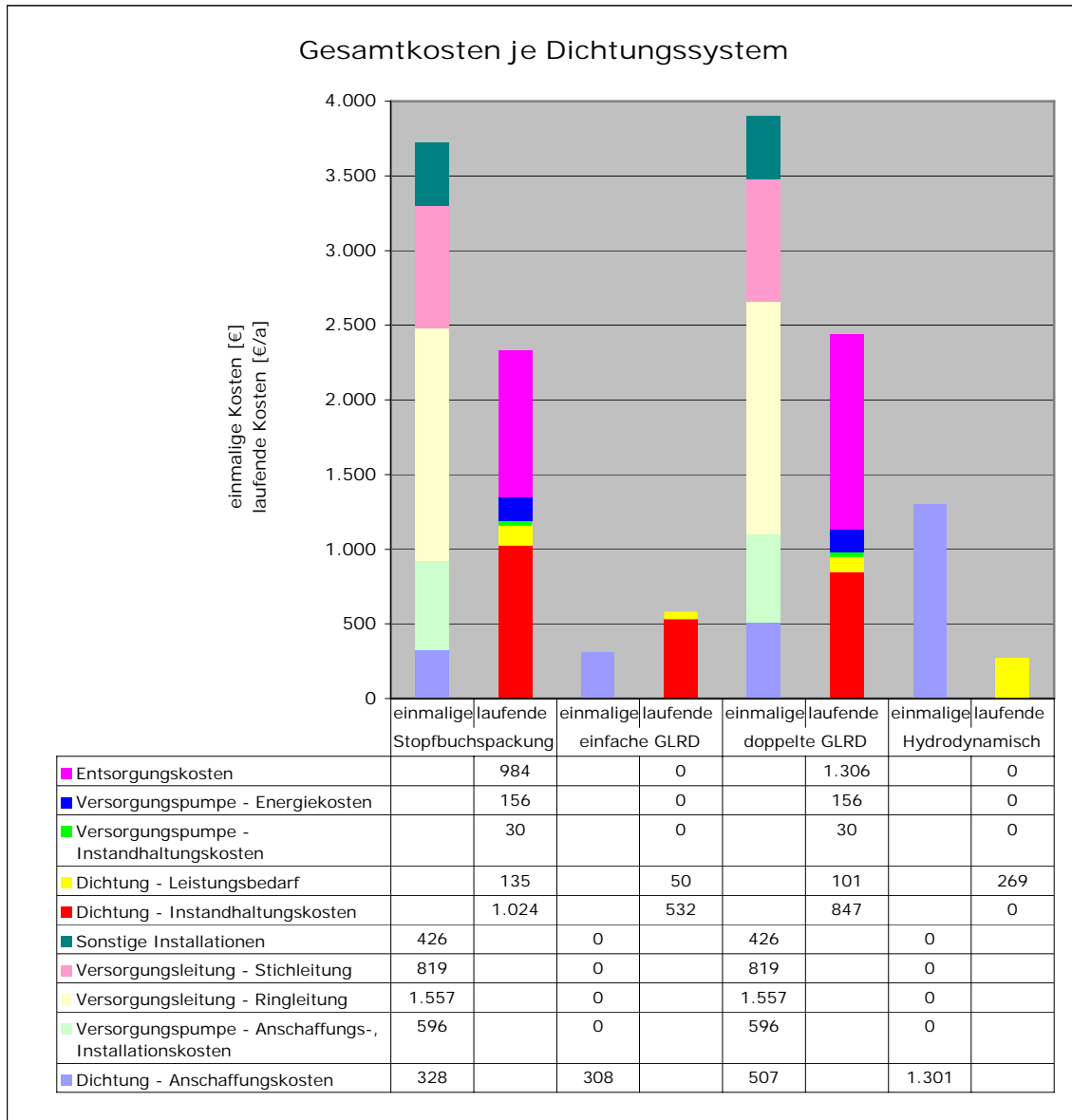


Diagramm 25: Gesamtkosten (Aufteilung) aller Dichtungssysteme

Diagramm 26 stellt den Anteil der einzelnen Kostenfaktoren an den Gesamtkosten in Prozent dar.

Die Instandhaltungskosten der Dichtung stellen bei allen Dichtungssystemen, mit Ausnahme der hydrodynamischen Dichtung, einen wesentlichen Kostenfaktor dar. Bei der einfachen Gleitringdichtung machen diese 91%, bei der Stopfbuchspackung 44% und bei der doppelten Gleitringdichtung 35% der laufenden Kosten aus.

Daneben stellen die Entsorgungskosten des Sperrwassers bei der Stopfbuchspackung mit 42% und der doppelten Gleitringdichtung mit 54% den größten Kostenblock bei den laufenden Kosten dar.

Während die Anschaffungskosten der Dichtung bei Dichtungssystemen ohne Sperrwasser bei den einmaligen Kosten 100% darstellen, spielen diese bei den Dichtungssystemen mit Sperrwasser nur eine untergeordnete Rolle, da diese bei Stopfbuchspackungen lediglich 9% und bei doppelten Gleitringdichtungen nur etwa 13% der einmaligen Kosten ausmachen.

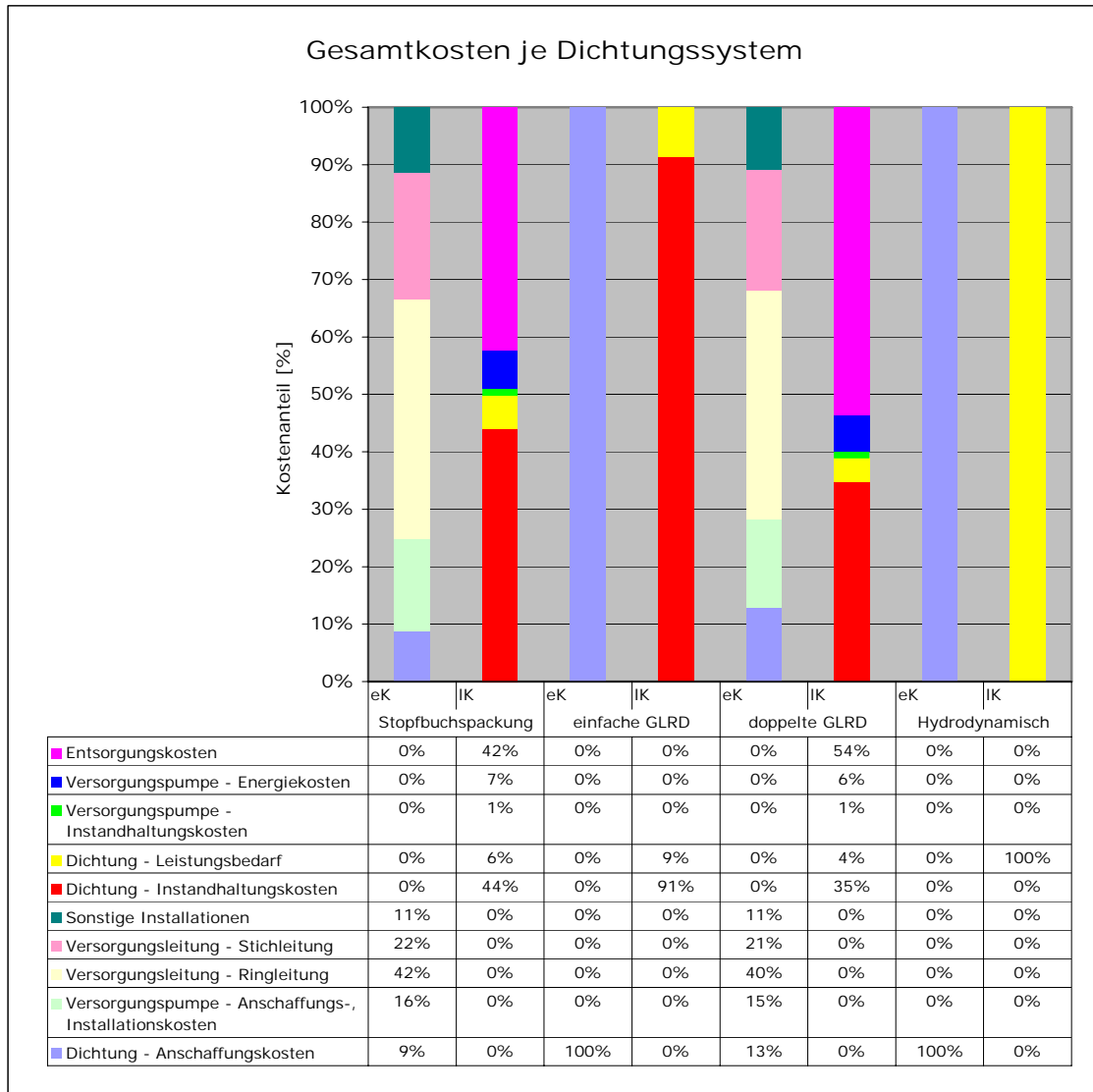


Diagramm 26: Gesamtkosten (Prozentanteile) aller Dichtungssysteme

3.3. Handlungsfelder zur Kosten- und Wasserreduktion beim Betrieb von Stoffpumpen

Wie in den vorhergehenden Kapiteln zu sehen ist, stellt der Sperrwassereinsatz zum einen einen erheblichen Kostentreiber dar, zum anderen weichen die in der Praxis verwendeten Sperrwassermengen erheblich von den Vorgaben, und somit von der ausreichenden Menge ab. Im Folgenden sollen daher Wege zur Reduktion des Sperrwassereinsatzes aufgezeigt werden, wodurch einerseits Kosten eingespart werden können, was andererseits dazu führen soll, dass wertvolle Ressourcen nicht unnötig verschwendet werden.

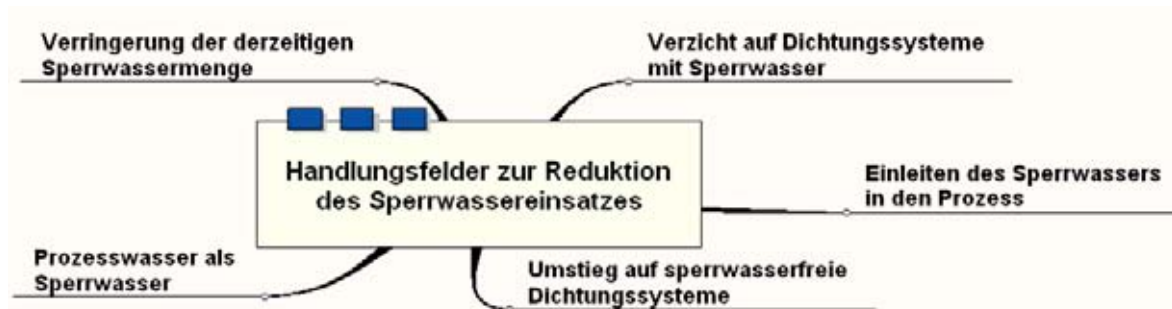


Abbildung 21: Maßnahmen (Handlungsfelder) zur Sperrwasserreduktion

3.3.1 Verringerung der derzeitigen Sperrwassermenge

Die erste Möglichkeit zur Reduzierung des Sperrwassereinsatzes und somit zum Senken der Sperrwasserkosten ist die Verringerung der derzeit eingesetzten Sperrwassermenge.

Bei den meisten Pumpen (vor allem bei alten Anlagen) wird der Sperrwasserdurchsatz nur durch die Dimension der Zuleitung bzw. durch Erfahrungswerte vorgegeben. Da dieser hohe Durchsatz aber nicht notwendig ist, kann durch den Einbau eines Rotameters und durch Einstellen des vom Hersteller der Dichtung vorgegebenen Wasserdurchsatzes die Wassermenge auf die minimal notwendige reduziert werden. Die Amortisation der Anschaffungskosten des Rotameters wird durch die Kostenersparnis aufgrund des geringeren Wassereinsatzes erreicht.

Sollte bereits ein Rotameter eingebaut sein, so könnte (bei den Pumpen, die über der Vorgabe liegen muss sie erfolgen) eine Neuadjustierung der Sperrwassermenge auf die Herstellervorgaben erfolgen.

Bereits eine Reduktion um 1 Liter pro Minute (bei einer Pumpe) und einem Sperrwasserentsorgungspreis von 0,1 €/m³ ergibt bei 8.760 Betriebsstunden eine Kosteneinsparung von € 52,56 pro Jahr. Sind die Entsorgungskosten höher, ergeben sich natürlich höhere Kostensenkungen. Pro weiterem eingesparten Liter senken sich die Kosten linear, wie in Diagramm 27 dargestellt ist.

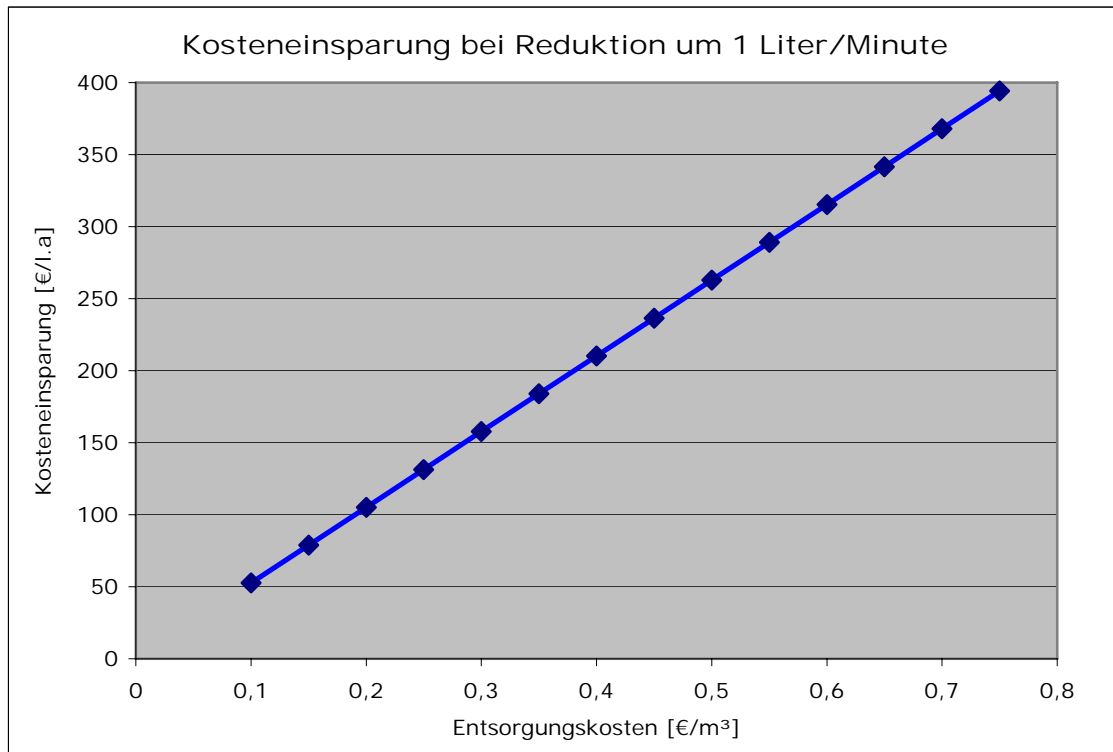


Diagramm 27: Kostenersparnis bei Reduktion des Sperrwassers um 1 Liter pro Minute

Neben der Kostensenkung für den Betreiber ist das Senken des Wassereinsatzes natürlich auch aus ökologischer Sicht sinnvoll. Bereits eine Reduktion um 1 Liter pro Minute (bei einer Pumpe) führt zu einer Jahreseinsparung von 525,6 m³ Sperrwasser und somit zu einer Einsparung bzw. Schonung von Frischwasser.

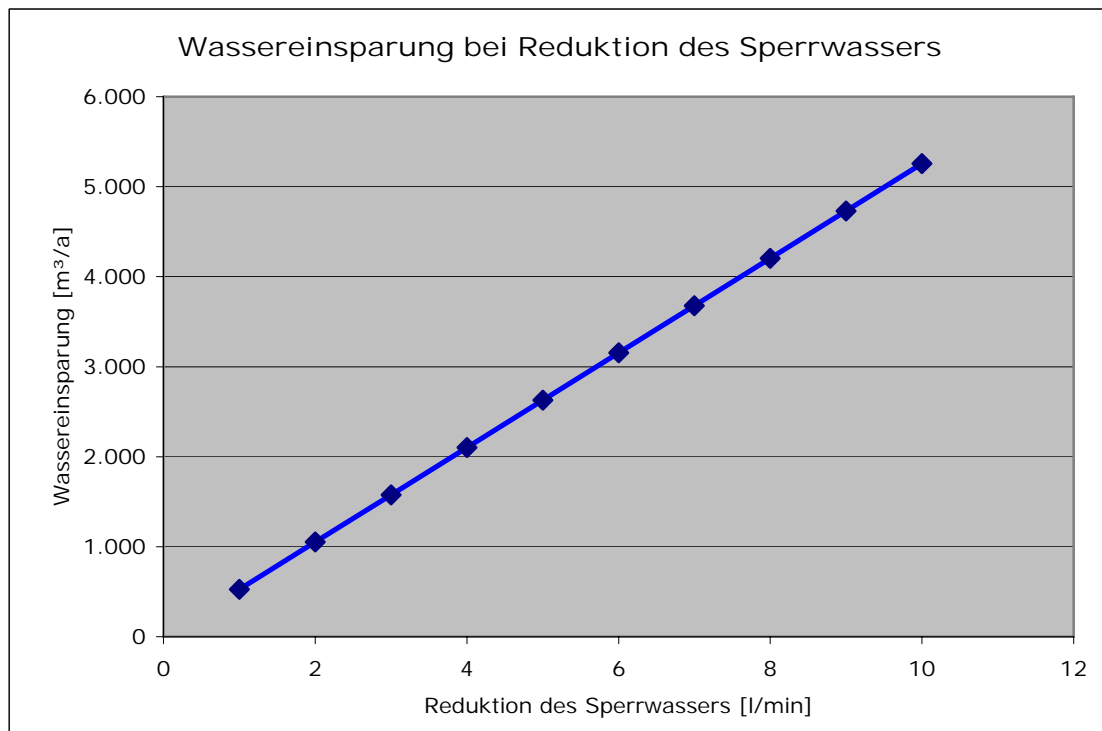


Diagramm 28: Wassereinsparung bei Reduktion des Sperrwassers um 1l/min

Bei jenen Pumpen in der Untersuchung, die über der Herstellervorgabe liegen (doppelte Gleitringdichtung: 41 von 59 Pumpen), könnten bei Reduktion auf die Vorgabe insgesamt 196 l/min eingespart werden. Dies würde eine Frischwassersparnis von 103.018 m³ pro Jahr bedeuten.

Da aber wesentlich mehr Pumpen als die Anzahl der untersuchten Pumpen im Einsatz ist, und aufgrund der Untersuchung darauf geschlossen werden kann, dass auch diese Pumpen zum Teil mit Sperrwassermengen, die über den Vorgaben liegen, betrieben werden, ist ein noch größeres Einsparungspotential bei den Projektpartnern vorhanden. Es ist anzunehmen, dass selbiges Einsparungspotential in der gesamten Papier- und Zellstoffindustrie vorhanden ist.

Würde die Sperrwassermenge bei den doppelten Gleitringdichtungen vom derzeitigen Durchschnittswert von 5,52 l/min auf die Herstellervorgabe von 2 l/min gesenkt werden, so reduzieren sich die laufenden Kosten um 34%.

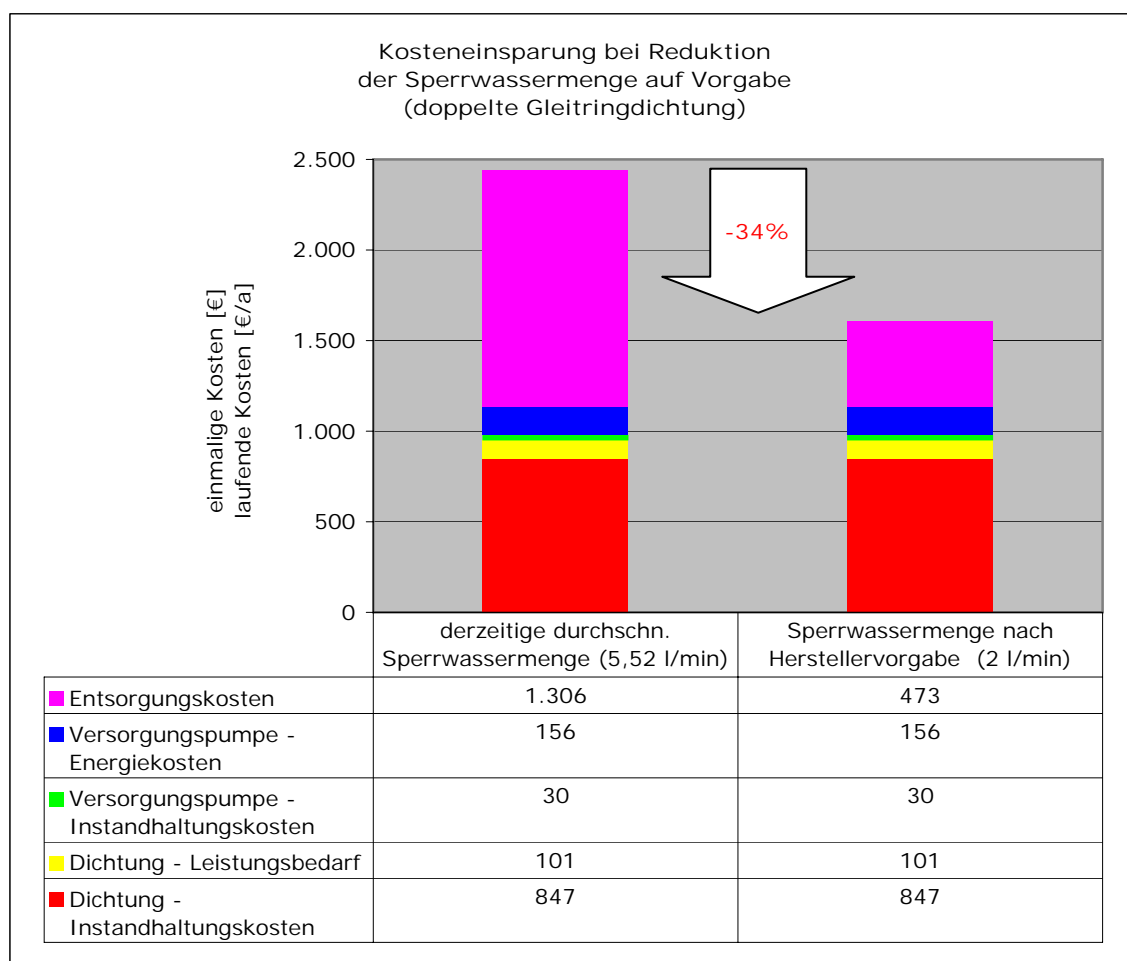


Diagramm 29: Kosteneinsparung bei Reduktion der Sperrwassermenge auf Vorgabe

Im Falle einer Produktionserweiterung könnte die geringere Sperrwassermenge auch mögliche Probleme mit der Kläranlage verhindern, da viele bestehende Kläranlagen der Projektpartner für eine Erweiterung nicht mehr ausreichen würden. Durch diese Maßnahme könnten Kapazitäten für etwaige Neuanlagen geschaffen werden.

Bei der Einsparung von Sperrwasser in bestehenden Anlagen muss auch darauf geachtet werden, dass die Sperrwasserversorgungspumpen auf die reduzierte Menge eingestellt

werden. Durch den Betrieb im optimalen Betriebspunkt kann möglicherweise auch zusätzlich Energie und somit Kosten eingespart werden.

Weiter sollte die Zuständigkeit für das Sperrwasser in den Betrieben klar zugeteilt sein. Das Einstellen und Kontrollieren der Sperrwassermenge muss im Aufgabenbereich einer oder mehrerer Personen liegen. Ist dies nicht der Fall, so fühlt sich vielleicht niemand zuständig für das Sperrwasser und es kommt zu erheblichen Abweichungen von den Vorgaben, wie jene, die im vorhergehenden Kapitel dargestellt wurden.

3.3.2 Prozesswasser als Sperrwasser

Eine weitere Einsparung in ökonomischer und ökologischer Sicht würde sich bei der Umstellung von Frisch- auf Prozesswasser als Sperrwasser ergeben.

Finanziell könnten die laufenden Kosten des Sperrwassers eingespart werden, da im Falle von Prozesswasser als Sperrwasser die Wassermenge sowieso im Prozess benötigt wird und auch bei sperrwasserfreien Dichtungssystemen anfallen würde. Weiter könnten die einmaligen Kosten durch kürzere Sperrwasser Versorgungsleitungen reduziert werden.

Ökologisch könnte die Sperrwassermenge als Frischwasser eingespart werden.

Im Falle einer Produktionserweiterung könnte die geringere Sperrwassermenge auch mögliche Probleme mit der Kläranlage verhindern, da viele bestehende Kläranlagen der Projektpartner für eine Erweiterung nicht mehr ausreichen würden. Durch diese Maßnahme können Kapazitäten für etwaige Neuanlagen geschaffen werden.

Diese Möglichkeit wurde bei den Firmen bereits ausprobiert. Jedoch kann es zu einem erheblichen Arbeitsaufwand und somit zu Kosten kommen, da das Prozesswasser vor dem Einsatz als Sperrflüssigkeit aufbereitet (z.B. gereinigt) werden muss.

3.3.3 Einleiten des Sperrwassers in den Prozess

Sollte jedoch weiterhin Frischwasser als Sperrwasser eingesetzt werden müssen, so könnte es nach dem Durchsatz durch die Dichtung in den Prozess eingeleitet werden.

Finanziell können auch hier die laufenden Kosten des Sperrwassers eingespart werden, wenn das eingeleitete Sperrwasser im Prozess weiterverwendet wird, da es auch bei sperrwasserfreien Dichtungssystemen anfallen würde.

Ökologisch würde somit wieder die Sperrwassermenge als Frischwasser eingespart werden.

Zu Problemen könnte es bei dieser Variante kommen, wenn das Sperrwasser vor dem Einsatz im Prozess aufbereitet werden muss.

3.3.4 Verzicht auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser bzw. Umstieg auf sperrwasserfreie Dichtungssysteme

Eine weitere Möglichkeit zur Senkung der Sperrwasserkosten ist der generelle Verzicht auf Dichtungssysteme die Sperrwasser benötigen bei der Errichtung von neuen Anlagen bzw. der Umstieg auf sperrwasserfreie Dichtungssysteme bei bestehenden Anlagen.

Bei der Errichtung von neuen Anlagen könnte auf Dichtungssysteme, die Sperrwasser benötigen verzichtet werden. Dadurch könnten Kosten für Versorgungspumpen, -leitungen, sonstige Installationen und Wasserentsorgung eingespart werden. Beim Um-

bau alter Anlagen (bei Modulbauweise der Pumpe ist dies problemlos möglich) kann der Umstieg auf sperrwasserfreie Dichtungssysteme erfolgen. Dadurch könnten Kosten durch das nicht mehr notwendige Sperrwasser eingespart werden.

Beim Einsatz von Dichtungssystemen ohne Sperrwasser können ebenfalls Probleme auftreten: UPM versucht bereits heute wo es möglich ist einfache Gleitringdichtungen einzubauen. Bei Betriebszuständen, die eine einfache Gleitringdichtung nicht zulassen, muss weiterhin auf eine doppelte Gleitringdichtung zurückgegriffen werden. Einfache Gleitringdichtungen können vorwiegend nur bei Dauerlauf eingesetzt werden, da bei Pumpenstillstand die Gefahr des Trockenlaufens gegeben ist. Bei zyklischem Betrieb ist eine doppelte Gleitringdichtung besser, da diese gegenüber der einfachen Gleitringdichtung ein besseres Anlaufverhalten aufweist. Auch etwaige Probleme der Dichtung merkt man bei doppelten Gleitringdichtungen nicht gleich. UPM hat bereits hydrodynamische Dichtungen ausprobiert und zum Teil schlechte Erfahrungen damit gemacht. Beispielsweise gab es:

- Probleme mit der Stillstandsichtung, da sie nicht dicht war und es zu erheblichen Leckagen kam
- Anlaufprobleme
- Probleme, da die Pumpe aufgrund der Druckdifferenz Luft gezogen hat, die von dort in den Prozess gelangte

Wie die beiden folgenden Diagramme zeigen, ist der Umbau auf Dichtungssysteme ohne Sperrwasser bzw. der Verzicht auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser wesentlich kostengünstiger als der Einbau bzw. Weiterbetrieb von Dichtungssystemen mit Sperrwasser.

In Diagramm 30 sind die Gesamtkosten über mehrere Jahre für eine Neuinstallation einer Pumpe dargestellt, wobei die Sperrwasserringleitung bereits vorhanden ist und die Sperrwassermenge den Vorgaben der Hersteller entspricht.

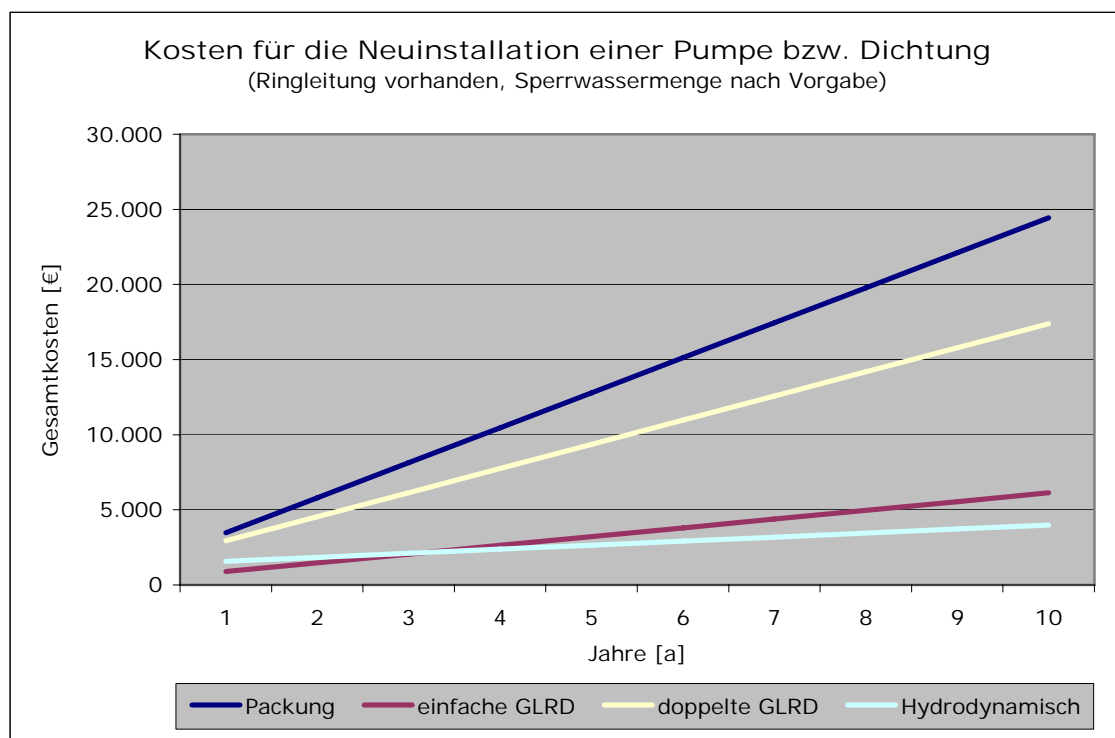


Diagramm 30: Kosten für Neuinstallation einer Pumpe bzw. Dichtung (Ringleitung vorhanden, Sperrwassermenge nach Vorgabe)

Diagramm 31 zeigt ebenfalls die Gesamtkosten über mehrere Jahre für eine Neuinstallation einer Pumpe, wobei hier sowohl die Sperrwasserringleitung, als auch die Stichleitung, bereits vorhanden ist und die Sperrwassermenge den Vorgaben der Hersteller entspricht.

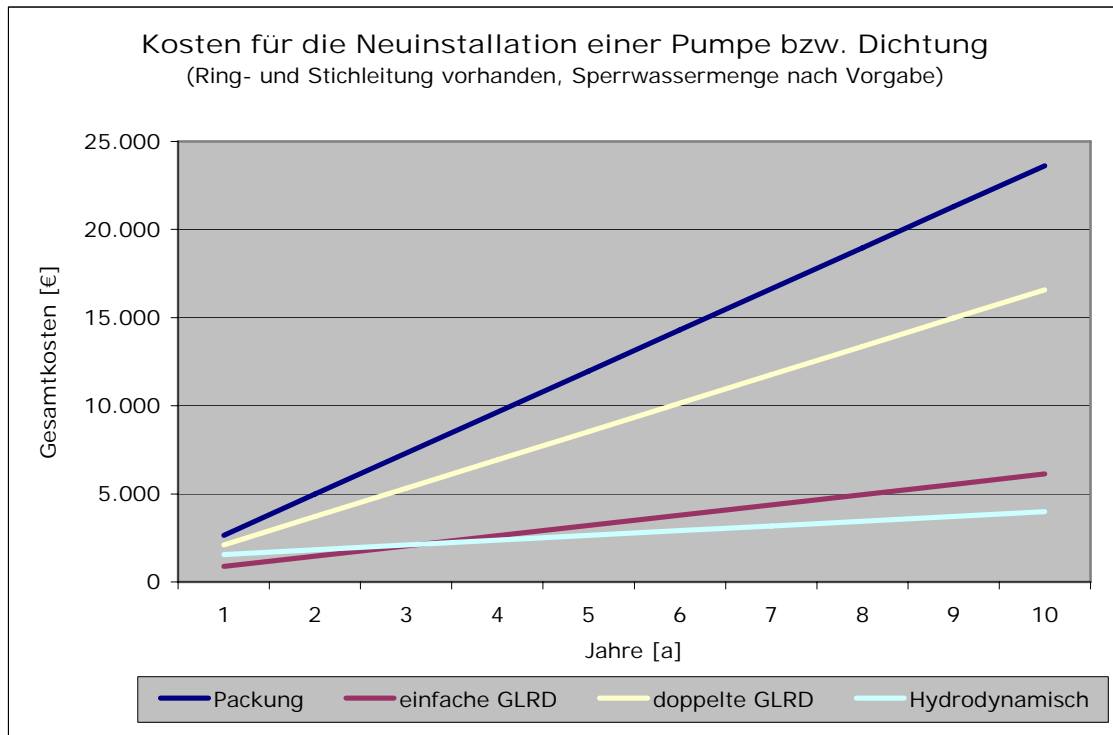


Diagramm 31: Kosten für Neuinstallation einer Pumpe bzw. Dichtung (Ringleitung vorhanden, Sperrwassermenge nach Vorgabe)

Bei dieser Variante muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass die Sperrwasserversorgungspumpen auf die reduzierte Menge eingestellt werden. Durch den Betrieb im optimalen Betriebspunkt kann möglicherweise auch hier zusätzlich Energie und somit Kosten eingespart werden.

Natürlich gibt es Anwendungsfälle, bei denen man ohne Dichtungssysteme mit Sperrwasser nicht auskommt (z.B. unbedingtes Verhindern von Leckage, zu hohe Gefahr der Verstopfung), so müssen oben angeführte Einsparungspotentiale berücksichtigt werden. Es muss auf jeden Fall darauf geachtet werden, dass die geringst mögliche Sperrwassermenge verwendet wird.

3.4. Gegenüberstellung der Firmendaten

Eine Liste der analysierten Pumpen bei den Projektpartnern findet sich in Tabelle 11, wobei die Pumpenauswahl von den Projektpartnern durchgeführt wurde. Zur genauen Analyse im Rahmen des Projektes wurden jene Pumpen gewählt, die repräsentativ für das jeweilige Unternehmen sind und somit eine Hochrechnung zulassen.

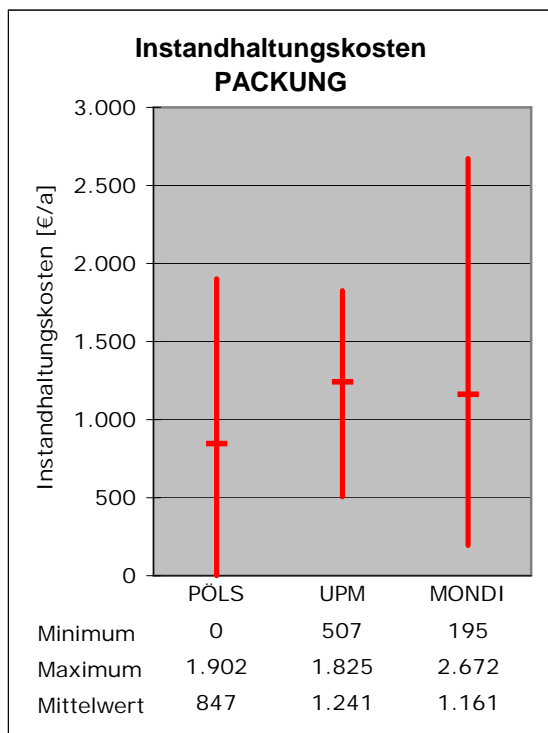
Firma	Stopfbuchs- packung	einfache GLRD	doppelte GLRD	Hydro- dynamisch	Summe
PÖLS	6	58	11	0	75
2UPM	3	38	44	2	87
MONDI	4	21	4	1	30

Tabelle 11: Anzahl der analysierten Pumpen nach Betrieb und Dichtungstyp

3.4.1 Instandhaltungskosten / MTBF-Wert

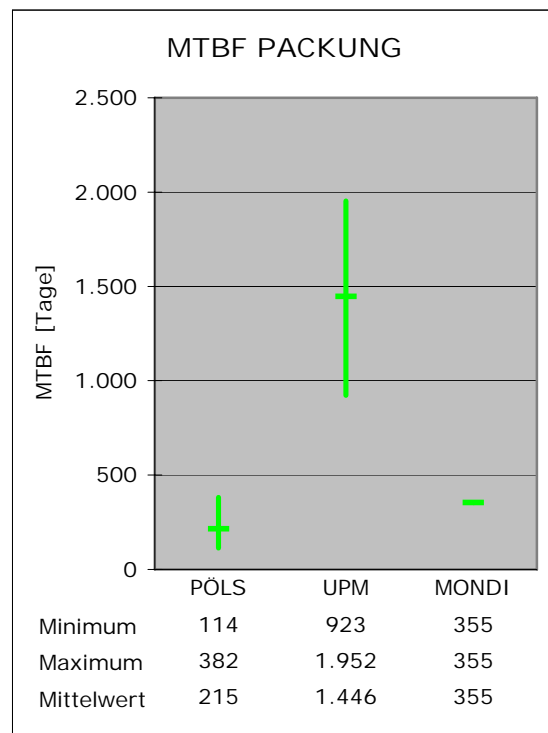
Betrachtet man die Instandhaltungskosten in den einzelnen Betrieben, so ergeben sich große Unterschiede. Dies könnte an den verschiedenen Instandhaltungs- bzw. Optimierungsstrategien der Projektpartner liegen.

Instandhaltungskosten nach Dichtungstyp und Betrieb



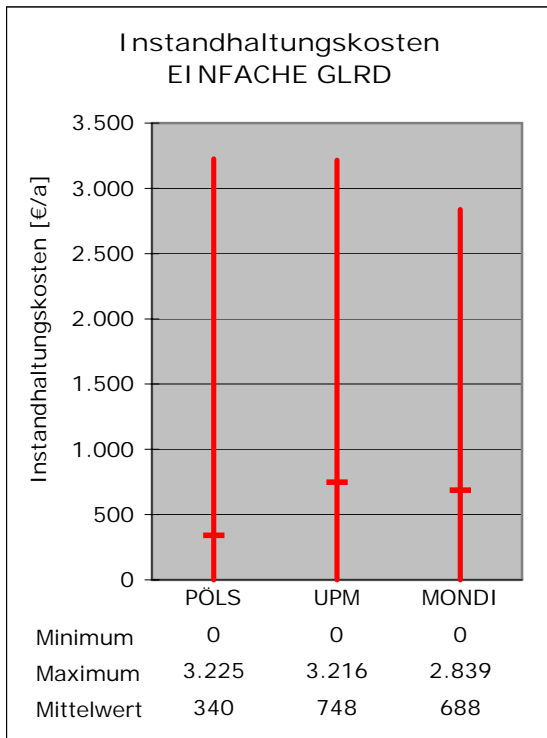
PÖLS	UPM	MONDI
6	3	4

Diagramm 32:
IH-Kosten (Packung) nach Betrieb



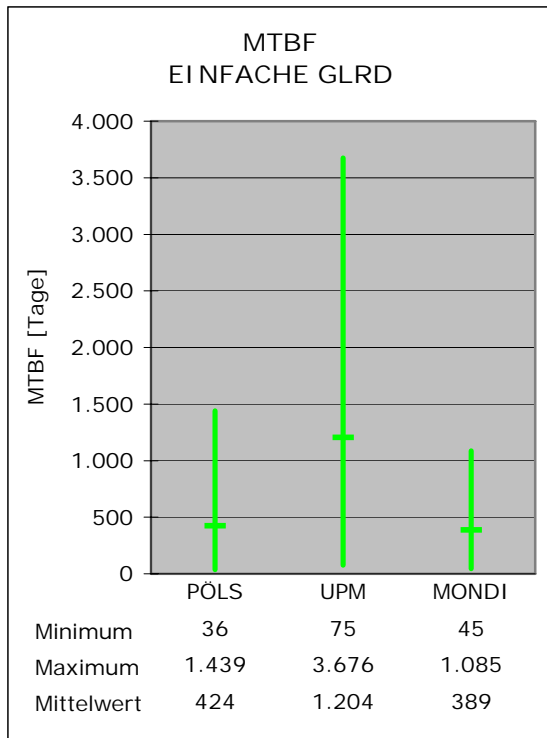
PÖLS	UPM	MONDI
6	3	4

Diagramm 33:
MTBF-Wert (Packung) nach Betrieb



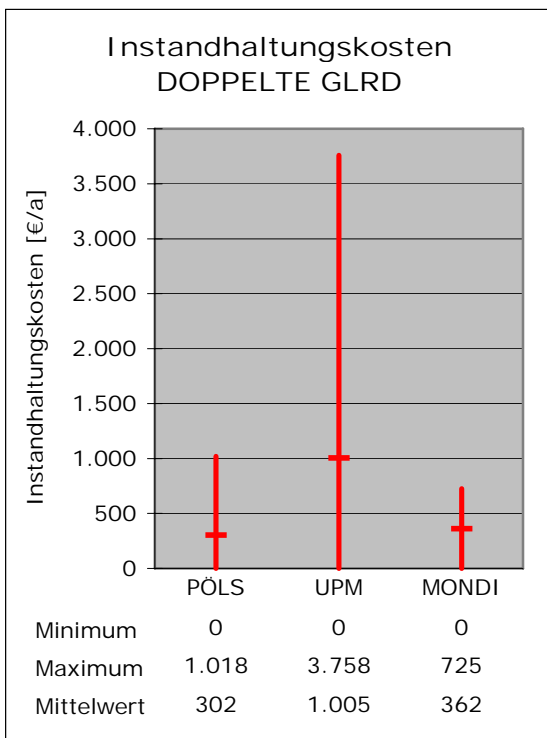
PÖLS	UPM	MONDI
58	38	21

Diagramm 34:
IH-Kosten (einfache GLRD) nach Betrieb



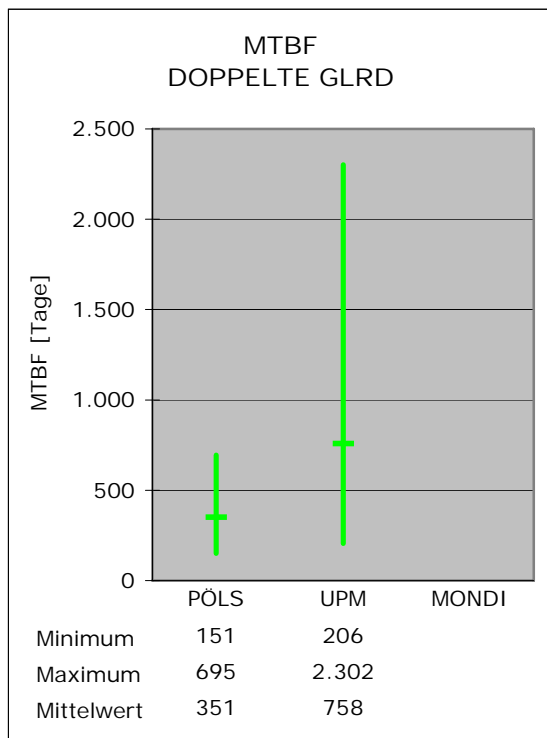
PÖLS	UPM	MONDI
58	38	21

Diagramm 35:
MTBF-Wert (einfache GLRD) nach Betrieb



PÖLS	UPM	MONDI
11	44	4

Diagramm 36:
IH-Kosten (doppelte GLRD) nach Betrieb



PÖLS	UPM	MONDI
11	44	4

Diagramm 37:
MTBF-Wert (doppelte GLRD) nach Betrieb

Für den MTBF-Wert muss festgehalten werden, dass dieser aufgrund der Instandhaltungsstrategien der Firmen (siehe unten) nicht als Wert für die Lebensdauer (Standzeit) der Dichtung angenommen werden kann.

Instandhaltungsstrategien:

Um die zuvor dargestellten und zum Teil sehr unterschiedlichen bzw. schwankenden Werte für Instandhaltungskosten und MTBF erklären zu können, sollen hier die Instandhaltungsstrategien der Firmen dargestellt werden.

- PÖLS

Bei Schäden, die durch Dichtungen hervorgerufen werden, tauscht PÖLS die Lager in der Regel nicht mit aus, was die niedrigen Instandhaltungskosten erklärt. Die Lager werden nur dann mit ausgetauscht, wenn deren Lebensdauer (3 Jahre) annähernd bzw. vollständig erreicht ist.

PÖLS tauscht die Lager nach einem Lagerschaden, wobei der Lagerzustand mit einer Schwingungsmessung überwacht wird, und nach der geplanten Lagerlebensdauer von 3 Jahren aus, wobei dann auch die Dichtung gewechselt wird.

Ein Vorteil von PÖLS gegenüber den anderen beiden Firmen liegt darin, dass sie sehr viele Stand-By-Pumpen haben.

- UPM

Dass UPM die höchsten MTBF-Werte hat ist durch die hohen Instandhaltungskosten und umgekehrt zu erklären.

UPM hat für sich als Instandhaltungsstrategie festgelegt, dass bei einem Schaden eines Bauteiles in der Pumpe der gesamte Lagerträger ausgewechselt wird. Der schadhafte Träger wird generalüberholt und anschließend auf Lager gelegt. Der Vorteil dieser Instandhaltungsstrategie und den damit verbunden hohen MTBF-Werten könnte darin liegen, dass es auf der einen Seite zwar zu höheren Instandhaltungskosten für die Dichtung kommt, andererseits jedoch durch die daraus resultierenden größeren Standzeiten der Pumpen möglicherweise weit aus höhere Ausfallkosten durch weniger Stillstände des gesamten Prozesses verhindert werden können (welche in der Untersuchung allerdings nicht ermittelt wurden).

Ein negativer Aspekt in der Instandhaltungsstrategie von UPM ist, dass bei Problemen mit einer einfachen Gleitringdichtung das Problem nicht analysiert und behoben, sondern sofort auf eine doppelte Gleitringdichtung umgebaut wird, welche aber, wie auch diese Untersuchung zeigt, höhere Kosten verursacht. Der Grund dafür liegt im sehr hohen Sicherheitsdenken, da es in der Vergangenheit immer wieder zu Anlaufschäden bei einfachen Gleitringdichtungen gekommen ist.

- MONDI

Die Instandhaltungsstrategie von MONDI ist ebenfalls, bei einem Dichtungsschaden den gesamten Pumpeneinsatz zu tauschen.

MONDI hat vor jeder Sperrwasserversorgungspumpe einen Filter installiert, um zu verhindern, dass zu den Dichtungen mit Sperrwasser so wenig wie möglich Kleinteile(-stoffe) gelangen, welche die Dichtung beschädigen können.

Weiters versucht die Firma die Instandhaltung zu optimieren, in dem sie im Falle von mehr als einem Dichtungsschaden bei einer Pumpe im Jahr den Grund für die häufigen

Ausfälle hinterfragt. Häufig wird danach auf einen für den betreffenden Anwendungsfall geeigneteren Werkstoff für die Dichtung umgestiegen. Dies ist zwar mit höheren Anschaffungskosten verbunden, jedoch erwartet MONDI dadurch eine höhere Standzeit und niedrigeren Instandhaltungskosten, was zu niedrigeren Gesamtkosten des Prozesses aufgrund geringerer Prozessstillstände führen soll.

3.4.1.1 Aufteilung der IH-Kosten auf Personal und Material

Aufgrund der genauen Aufzeichnung der Instandhaltungskosten und deren Aufteilung auf Materialkosten sowie auf eigene und fremde Personalkosten kann an dieser Stelle auf die Unterschiede in den Instandhaltungskosten zwischen UPM und MONDI eingegangen werden (bei PÖLS war diese Aufschlüsselung nicht gegeben). Die Betrachtung ist auch aufgrund der gleichen Instandhaltungsstrategien der beiden Firmen sehr interessant und aussagekräftig.

Betrachtet man alle untersuchten Pumpen der beiden Firmen, so zeigt sich, dass UPM im Durchschnitt 882 €/Jahr und Pumpe und MONDI im Durchschnitt 725 €/Jahr und Pumpe für die Instandhaltung ihrer Dichtungssysteme ausgeben. Diese Kosten lassen sich aufgrund der Aufzeichnungen eindeutig Material, eigenen Personalkosten und fremden Personalkosten zurechnen. Hier zeigt sich, wie in Diagramm 40 ersichtlich, dass der Anteil der Materialkosten bei beiden Firmen mit etwa 42% gleich ist. Während UPM nur einen Anteil von 26% für eigene Personalkosten hat, liegt dieser bei MONDI bei 50%. Dieser Unterschied spiegelt sich aber genau umgekehrt im Anteil der fremden Personalkosten wieder, der bei UPM mit 32% und bei MONDI mit nur 8% ins Gewicht fällt. Da Fremdpersonal in der Regel teurer ist als Eigenpersonal, können aufgrund des hohen Anteils von Fremdpersonal bei UPM deren zum Teil hohe Instandhaltungskosten erklärt werden.

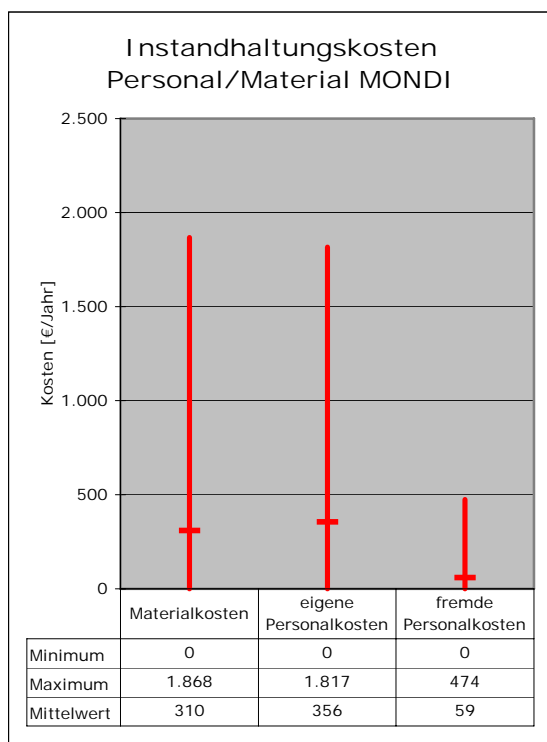


Diagramm 38: Aufteilung der IH-Kosten auf Personal und Material MONDI

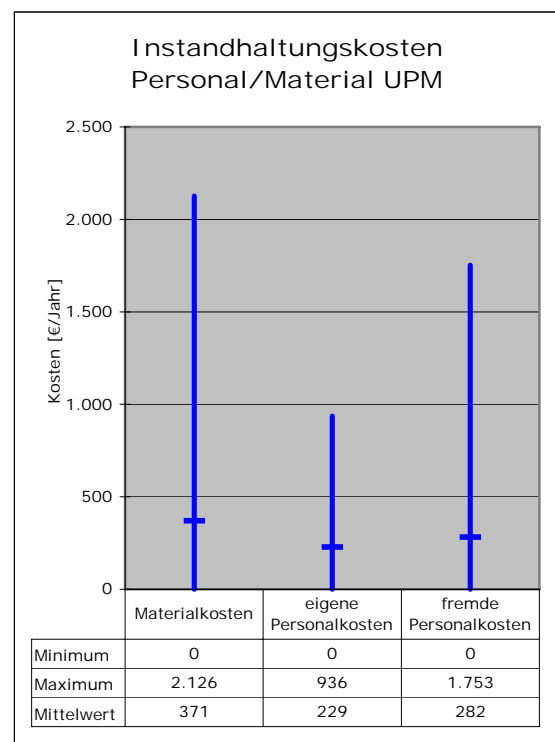


Diagramm 39: Aufteilung der IH-Kosten auf Personal und Material UPM

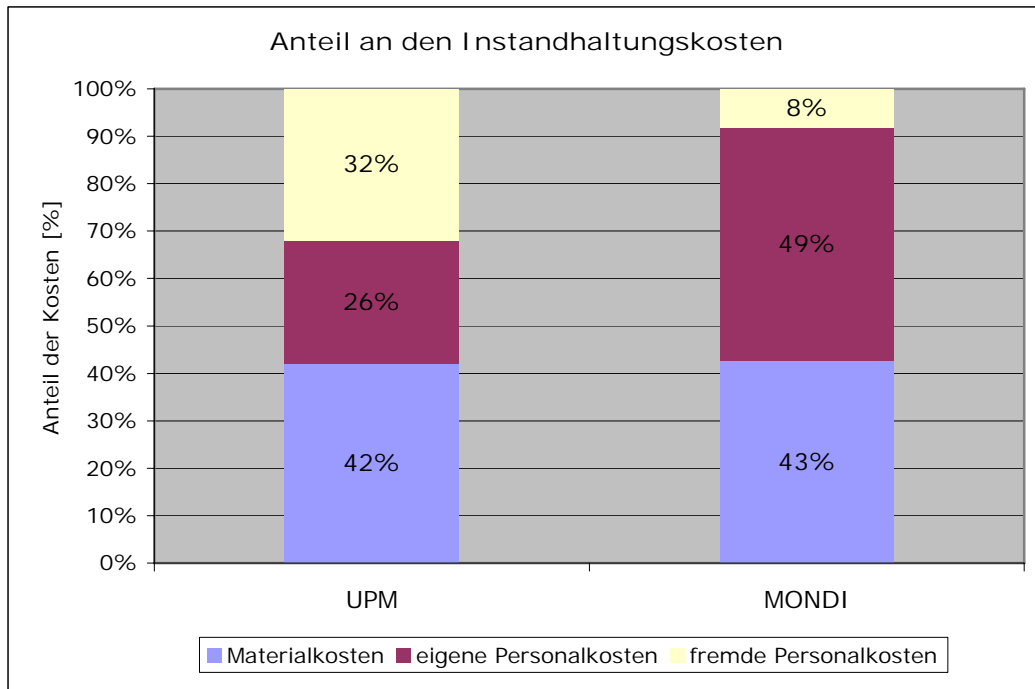
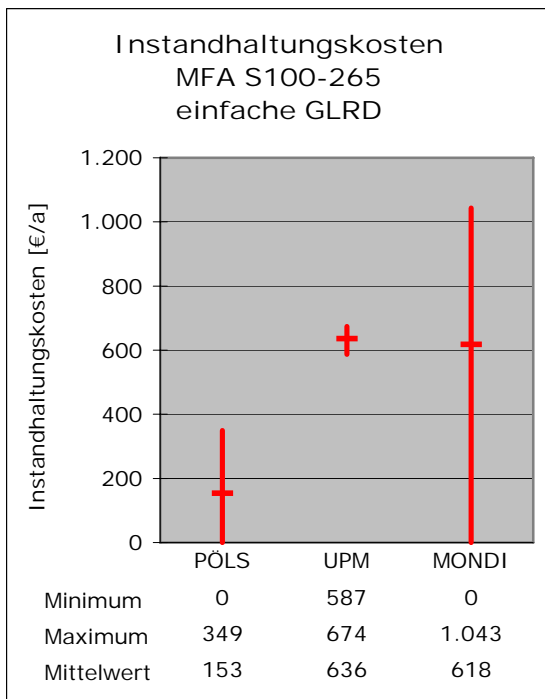


Diagramm 40: Anteil der Material-, fremde Personal- und eigenen Personalkosten an den Instandhaltungskosten

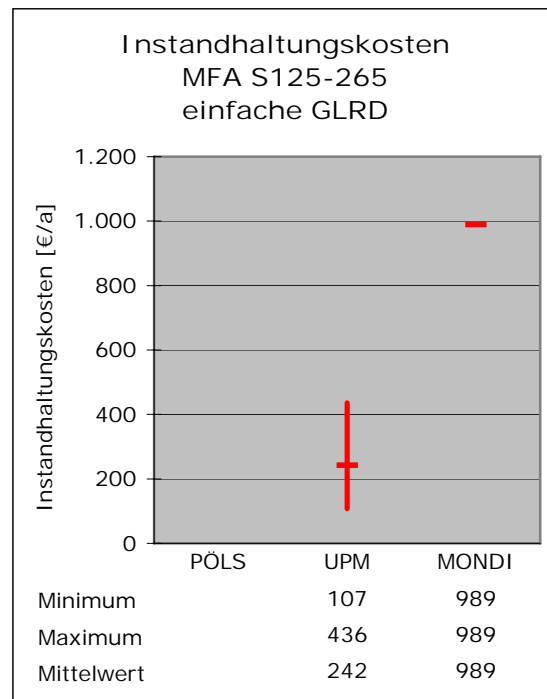
3.4.1.2 Instandhaltungskosten nach Pumpen- und Dichtungstyp

Nachfolgend folgt eine Auflistung der Instandhaltungskosten, ausgewertet nach Pumpentyp, wobei diese vor allem auf Wunsch unserer Projektpartner durchgeführt wurde.



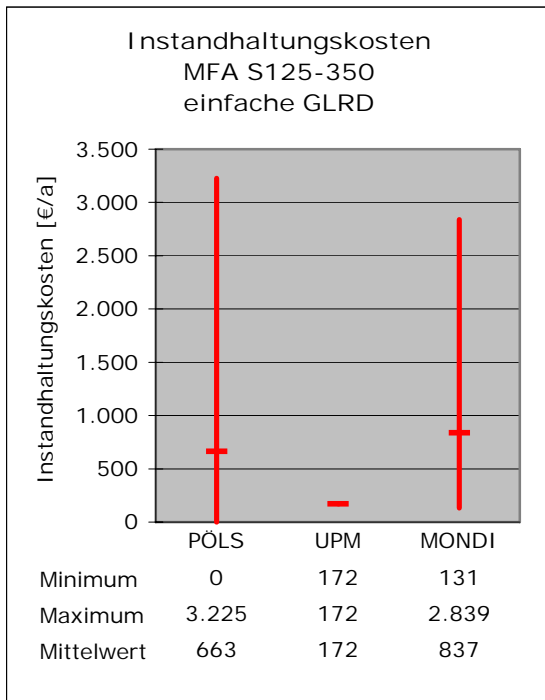
	PÖLS	UPM	MONDI
	4	3	3

Diagramm 41: IH-Kosten nach Betrieb MFA S100-265 (einfache GLRD)



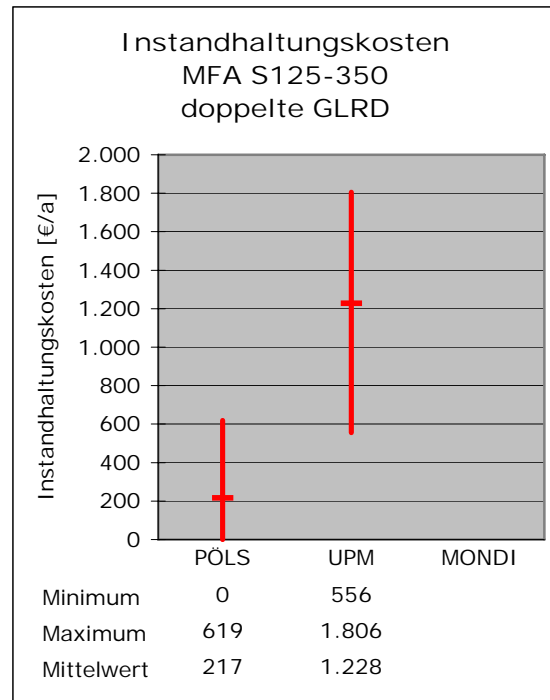
	PÖLS	UPM	MONDI
	0	5	1

Diagramm 42: IH-Kosten nach Betrieb MFA S125-265 (einfache GLRD)



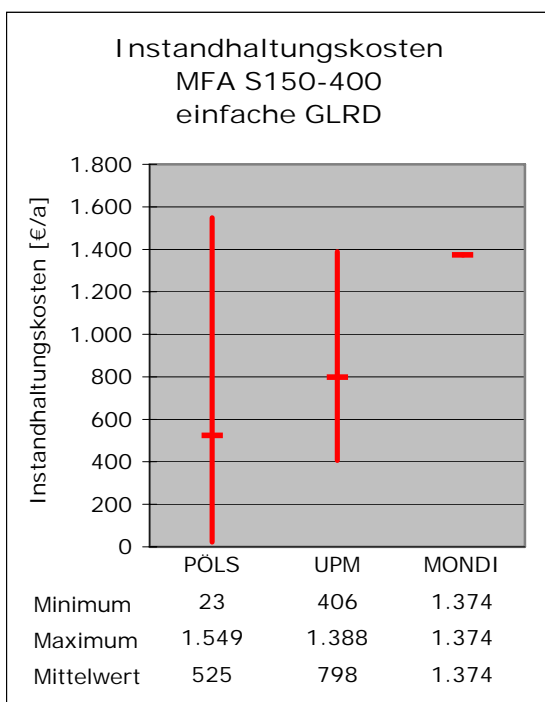
PÖLS	UPM	MONDI
11	1	5

Diagramm 43: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S125-350 (einfache GLRD)



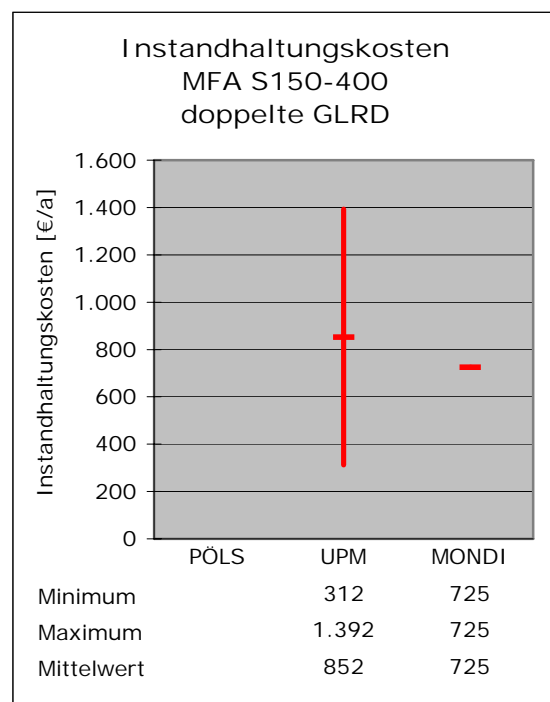
PÖLS	UPM	MONDI
3	7	0

Diagramm 44: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S125-350 (doppelte GLRD)



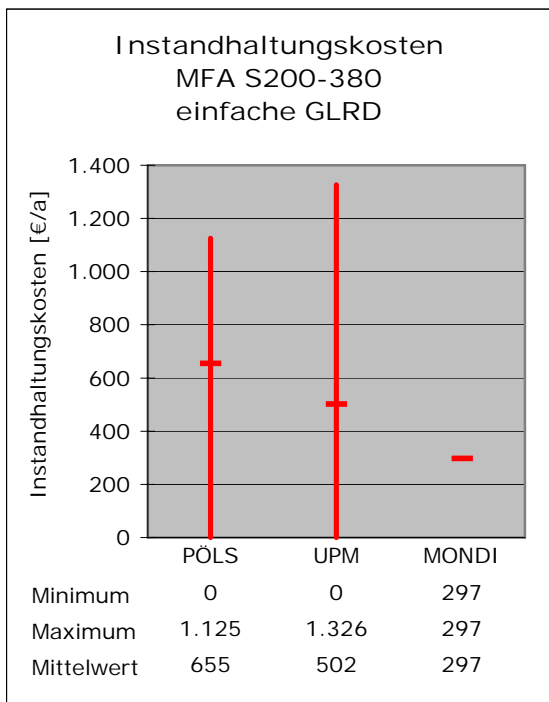
PÖLS	UPM	MONDI
4	5	1

Diagramm 45: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S150-400 (einfache GLRD)



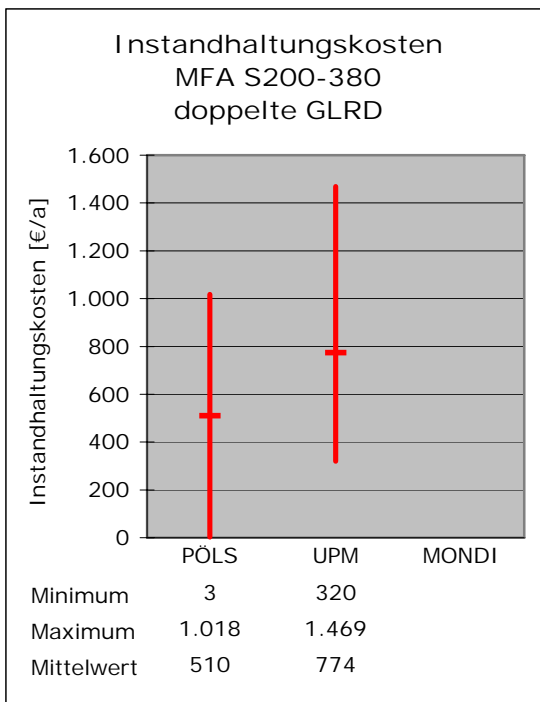
PÖLS	UPM	MONDI
0	5	1

Diagramm 46: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S150-400 (doppelte GLRD)



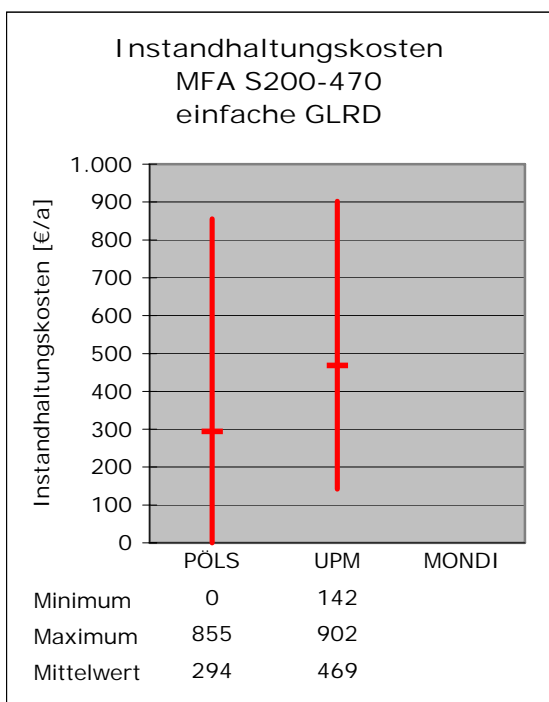
PÖLS	UPM	MONDI
7	5	2

Diagramm 47: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S200-380 (einfache GLRD)



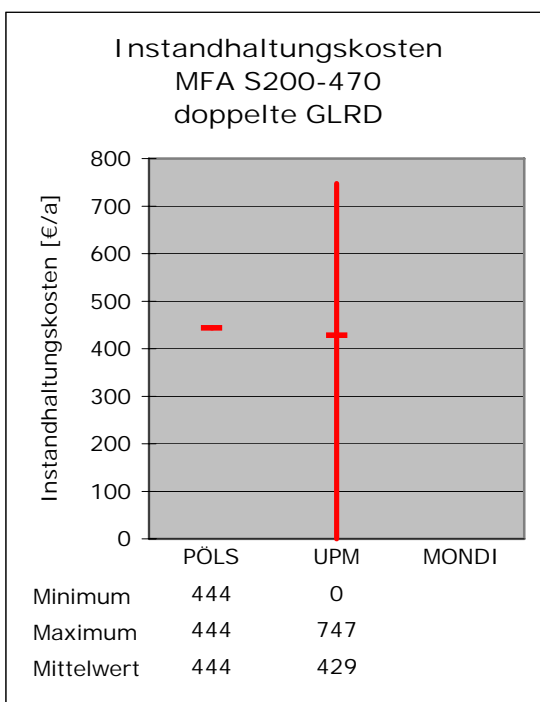
PÖLS	UPM	MONDI
2	4	0

Diagramm 48: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S200-380 (doppelte GLRD)



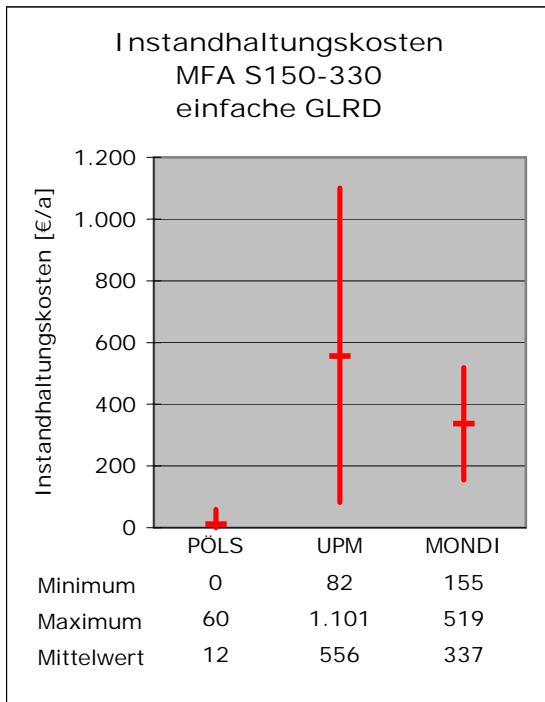
PÖLS	UPM	MONDI
7	5	0

Diagramm 49: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S200-470 (einfache GLRD)



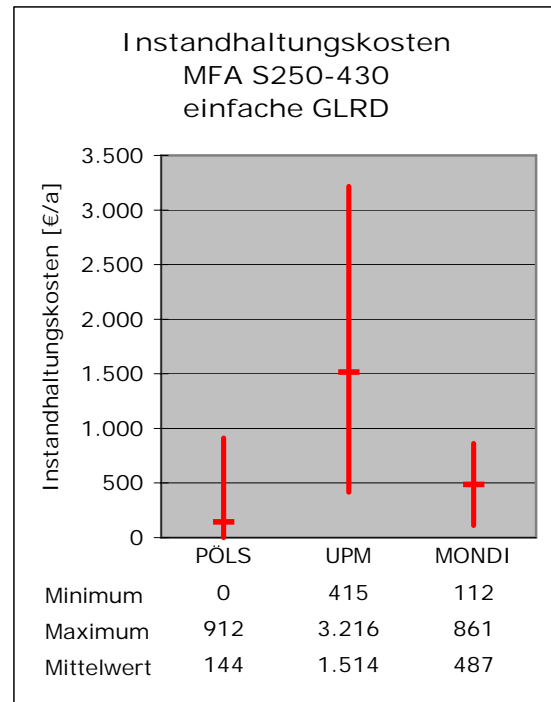
PÖLS	UPM	MONDI
1	6	0

Diagramm 50: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S200-470 (doppelte GLRD)



PÖLS	UPM	MONDI
5	4	3

Diagramm 51: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S150-330 (einfache GLRD)



PÖLS	UPM	MONDI
11	7	2

Diagramm 52: IH-Kosten nach Betrieb
MFA S250-430 (einfache GLRD)

Um die Plausibilität der Instandhaltungsdaten garantieren zu können, soll hier nochmals auf die Aufzeichnungsdauer der Instandhaltungsdaten hingewiesen werden. Die durchschnittliche Aufzeichnungsdauer bei PÖLS für 75 untersuchte Pumpen betrug 8,5 Jahre, bei UPM für 87 Pumpen nahezu 11 Jahre und bei MONDI konnte eine Aufzeichnungsdauer von 6,2 Jahren, bei 30 analysierten Pumpen erzielt werden.

3.4.2 Sperrwassermenge

3.4.2.1 Sperrwassermenge nach Dichtungstyp

Die Untersuchung des Sperrwassereinsatzes nach Betrieb zeigt, dass auch hier sehr unterschiedliche Wassermengen zum Einsatz gelangen.

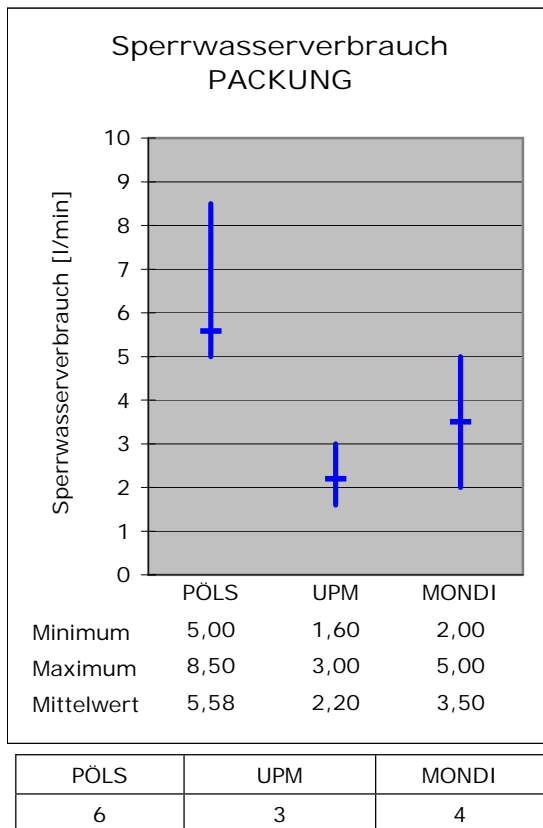


Diagramm 53:
Sperrwassermenge (Packung) nach Betrieb

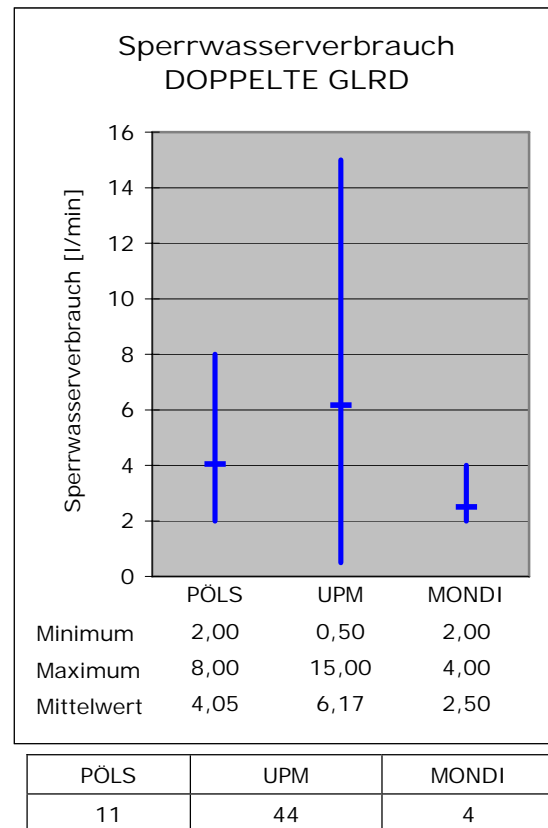


Diagramm 54:
Sperrwassermenge (doppelte GLRD) nach Betrieb

Bei den Packungen liegt PÖLS mit durchschnittlich 5,58 l/min und einer großen Schwankungsbreite von 3,5 Litern (5 bis 8,5 l/min) am schlechtesten der drei Firmen. Die niedrigste durchschnittliche Sperrwassermenge bei den Packungen hat UPM mit 2,2 l/min. Dass alle untersuchten Packungen von UPM sehr ähnlich eingestellt sind, beweist die geringe Schwankungsbreite der Sperrwassermenge von nur 1,4 Litern (1,6 bis 3 l/min). MONDI hat ebenfalls eine beträchtliche Schwankungsbreite von 3 Litern (2 bis 5 l/min), jedoch liegen sie mit dem Durchschnittswert von 3,5 l/min im Mittelfeld.

Bei den doppelten Gleitringdichtungen zeigt sich ein anderes Bild: hier liegt PÖLS mit einem Durchschnittswert von 4,05 l/min und einer Schwankungsbreite von 6 Litern (2 bis 8 l/min) im Mittelfeld. Während UPM bei den Packungen am besten abgeschnitten hat, schneiden sie bei den doppelten Gleitringdichtungen am schlechtesten ab. Sie haben eine durchschnittliche Sperrwassermenge von 6,17 l/min und eine sehr große Schwankungsbreite von 14,5 Litern (0,5 bis 15 l/min). Bei den doppelten Gleitringdichtungen schneidet mit einer durchschnittlichen Sperrwassermenge von 2,5 l/min MONDI am besten ab. Sie weisen mit 2 Litern auch die geringste Schwankungsbreite (2 bis 4 l/min) auf.

3.4.2.2 Sperrwassermenge nach Pumpenleistung

Die Gegenüberstellung von Sperrwassermenge und Pumpenleistung erlaubt den Vergleich der einzelnen Firmen mit den Vorgaben des Pumpenherstellers ANDRITZ. Wie in Diagramm 55 zu sehen ist, streuen die einzelnen Sperrwassermengen der Firmen sehr. Es zeigte sich, dass bei PÖLS 85% der Pumpen über der Sperrwasservorgabe liegen, wobei PÖLS bei Pumpen im unteren Leistungsbedarf im Mittel 1,5 und im oberen 3,5 l/min über der Vorgabe liegt.

80% der untersuchten Pumpen von UPM liegen über der Vorgabe, wobei die Abweichung im Mittel von 4 l/min im unteren Leistungsbedarf zum oberen auf 2,5 l/min abnimmt.

MONDI liegt im Mittel mit 1 l/min über der Vorgabe von ANDRITZ, wobei insgesamt 50% der untersuchten Pumpen über der Vorgabe liegen.

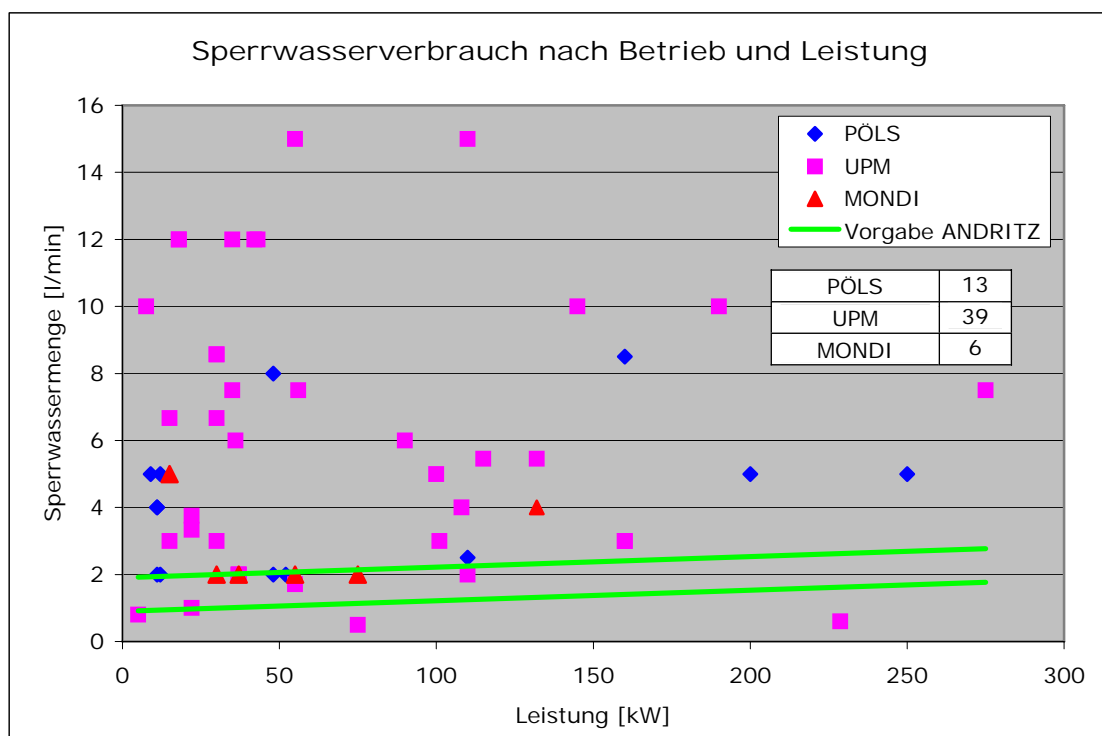


Diagramm 55: Sperrwasserverbrauch in Abhängigkeit der Leistung nach Betrieb

3.4.2.3 Sperrwassermenge mit und ohne Rotameter

In den meisten untersuchten Einbaufällen (71%) wird der Sperrwasserdurchsatz nur durch die Dimension der Zuleitung vorgegeben. In den restlichen 29% wird die Sperrwassermenge mit einem so genannten Rotameter eingestellt.

Betrachtet man die einzelnen Firmen, so zeigt sich, dass PÖLS 31%, UPM 18% und MONDI 100% der untersuchten Pumpen mit Rotametern ausgestattet hat.

Wie das Diagramm 56 zeigt, wird auch mit Rotameter die Vorgabe von ANDRITZ nicht eingehalten bzw. kann diese nicht eingestellt werden: von den Pumpen mit Rotametern liegen bei PÖLS 75%, bei UPM 57% und bei MONDI 50% über der Vorgabe. Gründe dafür können sein:

- die Vorgaben sind nicht bekannt
- keine klare Zuständigkeit (Wer stellt die Menge ein? Wer kontrolliert?)

- die eingestellten Werte sind aus „psychologischen“ Gründen zu hoch (keine Probleme mit der Dichtung und somit der Pumpe bei großen Mengen → keine Probleme mit dem Vorgesetzten)
- zum Teil sind ältere Rotameter eingebaut, bei denen der notwendige niedrige Wert nicht eingestellt werden kann.

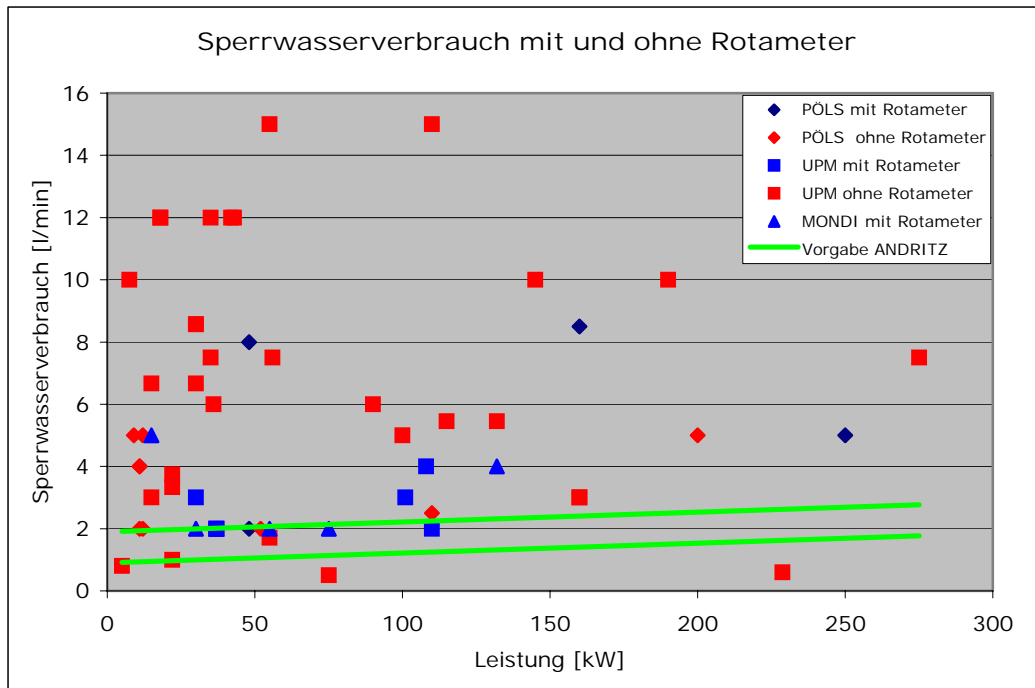


Diagramm 56: Sperrwasserverbrauch mit und ohne Rotameter nach Betrieb (einzelne Pumpen)

Während bei UPM und MONDI der Verlauf des Mittelwertes über der Pumpenleistung, wie zu erwarten, mit Rotameter niedriger ist als der ohne Rotameter, ist dies, wie in Diagramm 57 zu sehen, bei PÖLS umgekehrt.

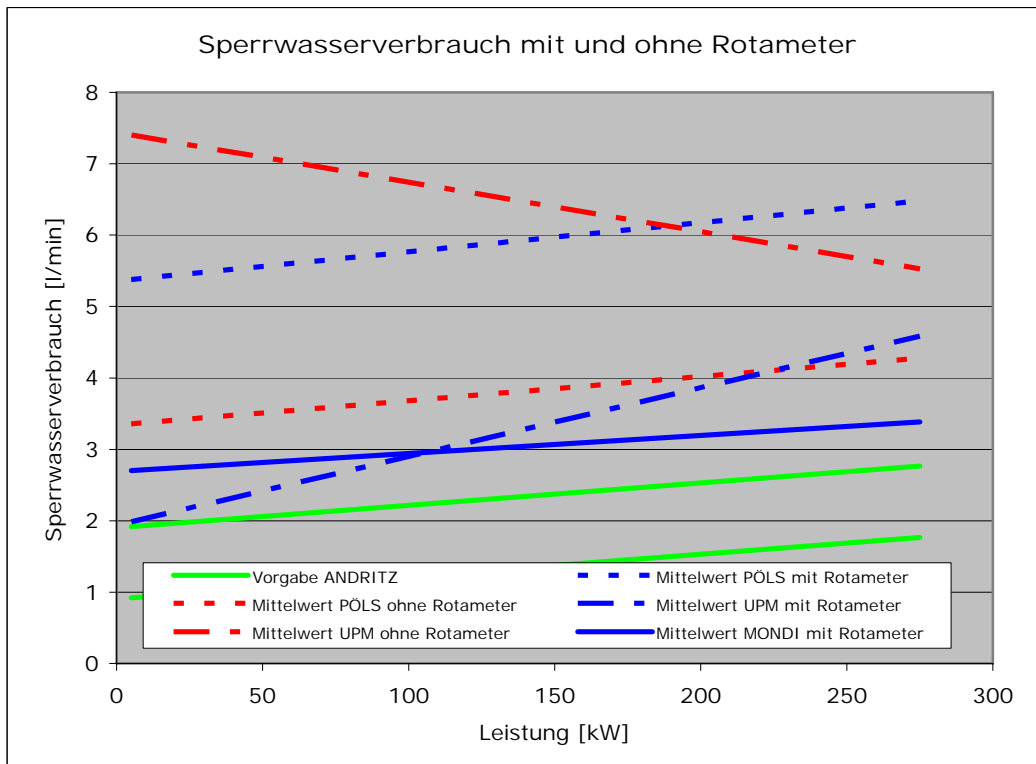


Diagramm 57: Sperrwasserverbrauch mit und ohne Rotameter nach Betrieb (Mittelwerte)

3.5. Handlungsfenster für die einzelnen Firmen

Nachdem die Kostenfaktoren für die einzelnen Projektpartner, wie im vorigen Kapitel dargestellt, ermittelt wurden, können auch Verbesserungspotentiale für die einzelnen Firmen aufgezeigt werden. Im folgenden werden für jede Firma die Einsparungspotentiale beim Sperrwasserverbrauch und bei der Instandhaltung aufgezeigt.

3.5.1 PÖLS

Sperrwasserreduktion

Eine Reduktion der Sperrwassermengen bei den 13 analysierten Pumpen auf die Vorgabe der Herstellerfirma würde zu einer Einsparung von 28,4 l/min führen. Jährlich können dadurch 14.627 m³ Frischwasser eingespart werden.

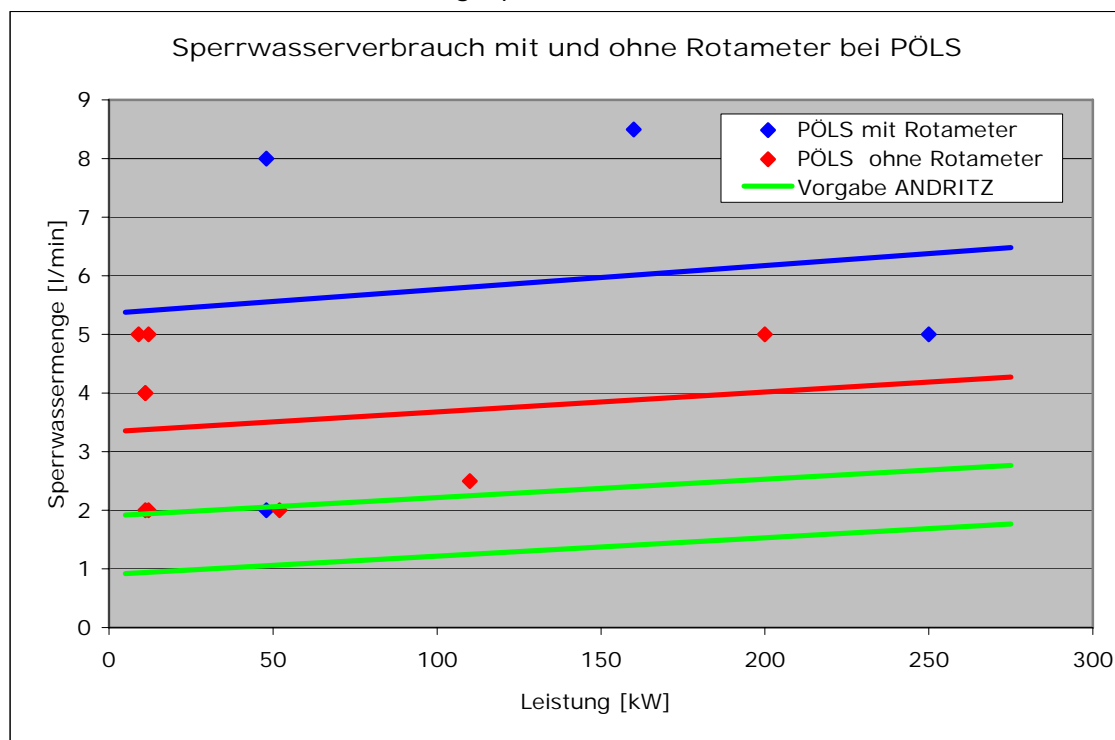


Diagramm 58: Sperrwasserverbrauch mit und ohne Rotameter (PÖLS)

Senken der Instandhaltungskosten

Betrachtet man die Instandhaltungskosten von PÖLS, so zeigt sich, dass die durchschnittlichen Werte der vier Dichtungssysteme von PÖLS unter dem jeweiligen Gesamtmittelwert liegen (Diagramm 59).

Würde PÖLS die Instandhaltungskosten der analysierten Pumpen, welche über dem allgemeinen Durchschnitt liegen, auf diesen senken, könnten € 9.511 pro Jahr eingespart werden. Wenn alle betrachteten Pumpen auf den derzeitigen eigenen Mittelwert gesenkt würden, könnte sich PÖLS Kosten von € 14.332 pro Jahr sparen.

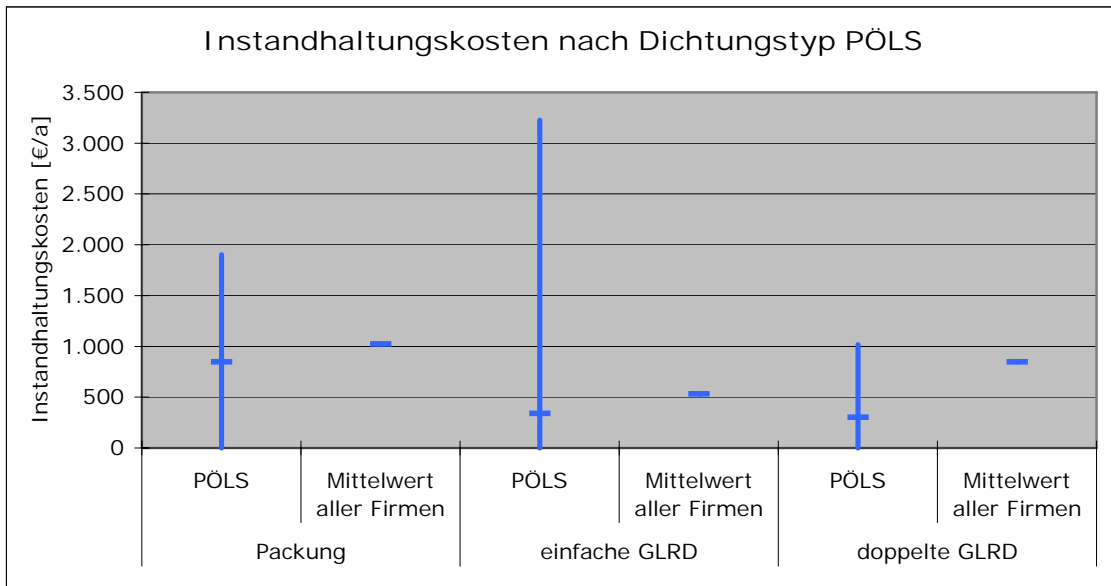


Diagramm 59: Vergleich der Instandhaltungskosten PÖLS / Mittelwert aller Firmen

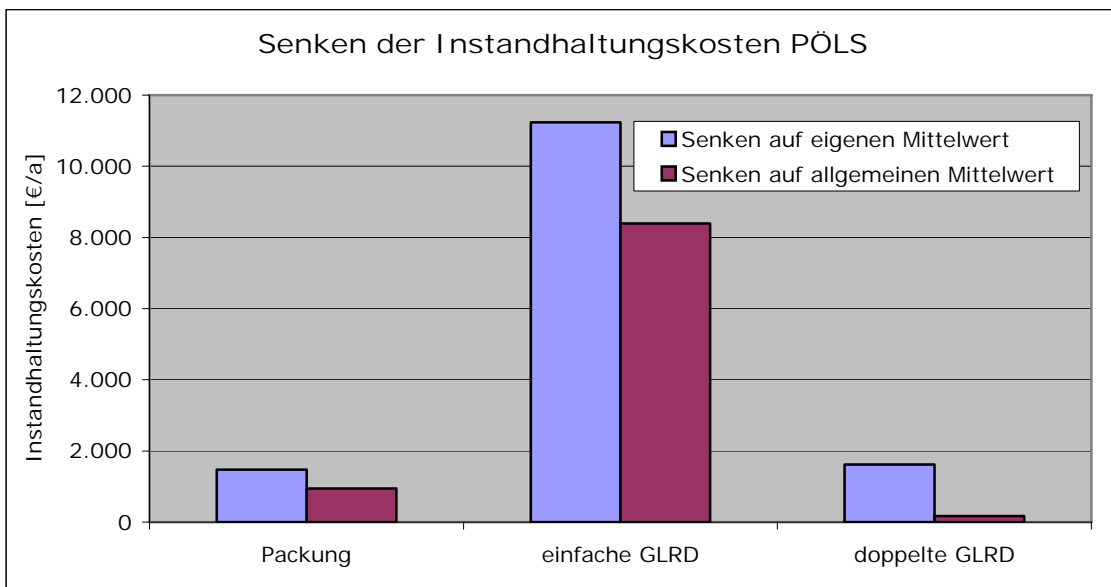


Diagramm 60: Senken der Instandhaltungskosten MONDI

Da bei PÖLS aber wesentlich mehr Pumpen als die Anzahl der untersuchten Pumpen im Einsatz sind, und aufgrund der Untersuchung darauf geschlossen werden kann, dass auch diese Pumpen zum Teil mit Sperrwassermengen, die über den Vorgaben liegen, betrieben werden, ist ein noch viel größeres Einsparungspotential (10-30 mal so hoch) vorhanden.

3.5.2 UPM

Sperrwasserreduktion

Eine Reduktion der Sperrwassermengen bei den 39 analysierten Pumpen auf die Vorgabe der Herstellerfirma würde zu einer Einsparung von 162,26 l/min führen. Jährlich können dadurch 85.284 m³ Frischwasser eingespart werden.

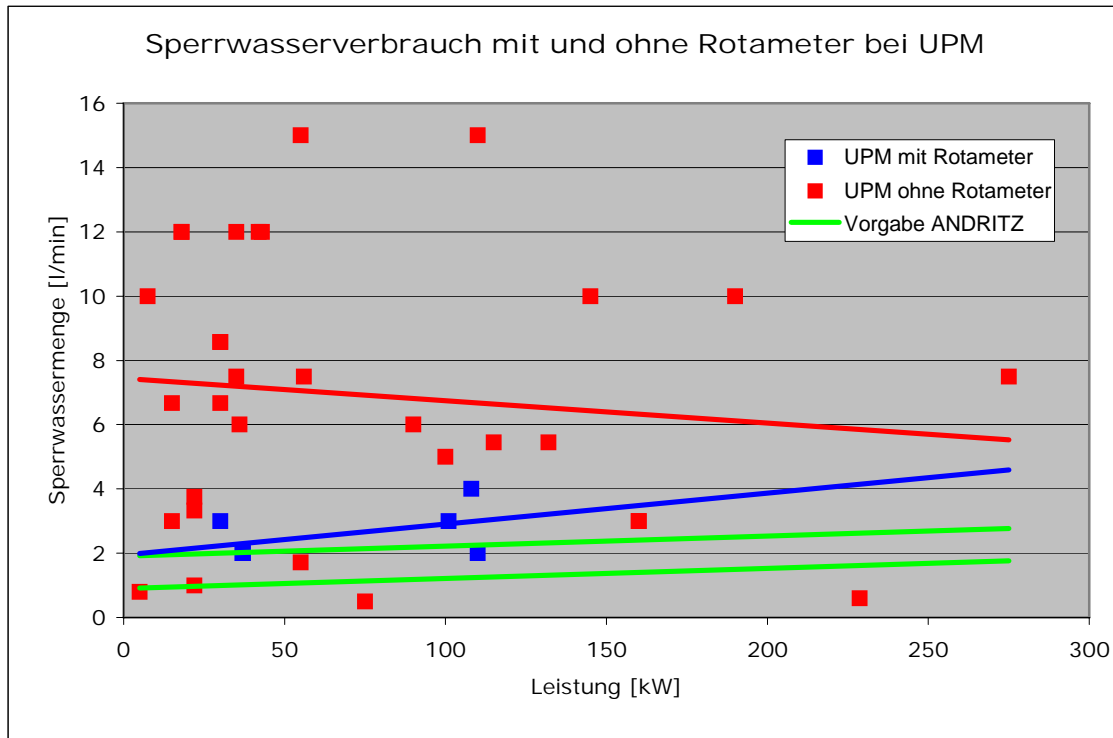


Diagramm 61: Sperrwasserverbrauch mit und ohne Rotameter (UPM)

Senken der Instandhaltungskosten

Betrachtet man die Instandhaltungskosten von UPM, so zeigt sich, dass die durchschnittlichen Werte der vier Dichtungssysteme von UPM über dem jeweiligen Gesamtmittelwert liegen (Diagramm 62).

Würde UPM die Instandhaltungskosten der analysierten Pumpen, welche über dem allgemeinen Durchschnittswert liegen, auf diesen senken, könnten € 29.953 pro Jahr eingespart werden. Würde UPM alle betrachteten Pumpen auf den derzeitigen eigenen Mittelwert senken, würde sich UPM Kosten von € 22.303 pro Jahr sparen.

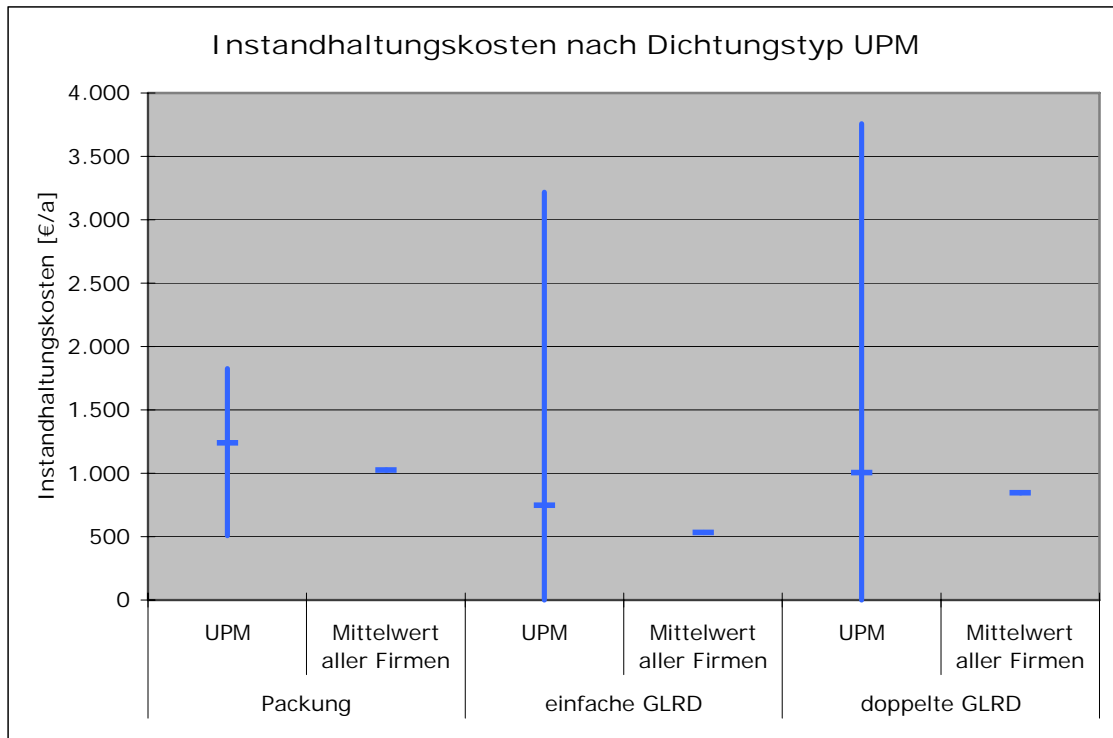


Diagramm 62: Vergleich der Instandhaltungskosten PÖLS / Mittelwert aller Firmen

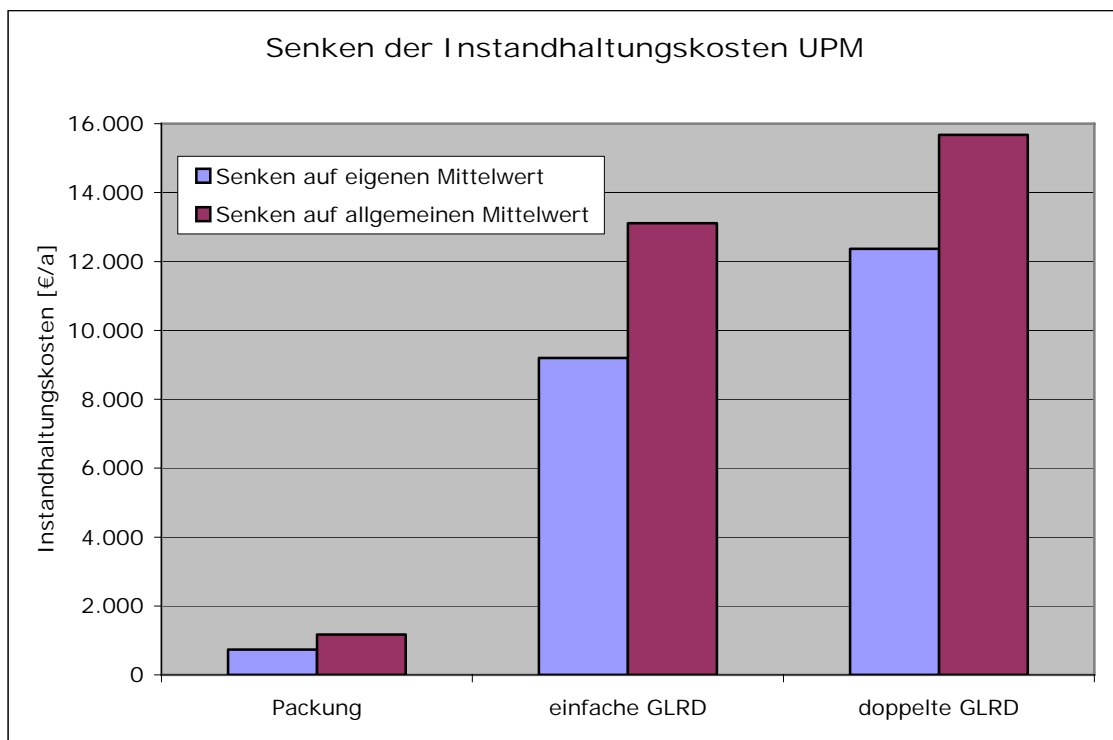


Diagramm 63: Senken der Instandhaltungskosten UPM

Da auch bei UPM wesentlich mehr Pumpen als die Anzahl der untersuchten Pumpen im Einsatz sind und aufgrund der Untersuchung darauf geschlossen werden kann, dass auch diese Pumpen zum Teil mit Sperrwassermengen, die über den Vorgaben liegen, betrieben werden, ist ein noch viel größeres Einsparungspotential (10-30 mal so hoch) vorhanden.

3.5.3 MONDI

Sperrwasserreduktion

Eine Reduktion der Sperrwassermengen bei den 6 analysierten Pumpen auf die Vorgabe der Herstellerfirma würde zu einer Einsparung von 5 l/min führen. Jährlich können dadurch 2.628 m³ Frischwasser eingespart werden.

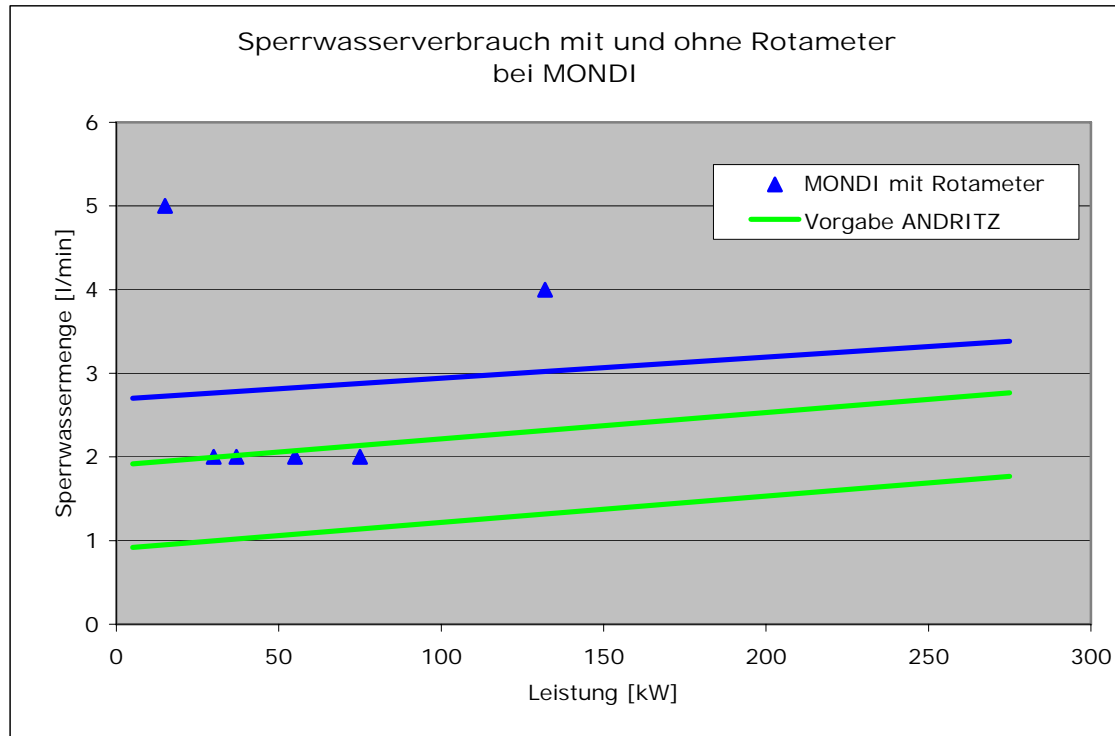


Diagramm 64: Sperrwasserverbrauch mit und ohne Rotameter (MONDI)

Senken der Instandhaltungskosten

Betrachtet man die Instandhaltungskosten bei MONDI so zeigt sich, dass die durchschnittlichen Werte von MONDI für Packungen und einfache Gleitringdichtungen über dem jeweiligen Gesamtmittelwert liegen, während die durchschnittlichen Instandhaltungskosten der doppelten Gleitringdichtung bei MONDI unter dem Gesamtmittelwert liegen (Diagramm 65).

Würde MONDI die Instandhaltungskosten der analysierten Pumpen, die über dem allgemeinen Durchschnittswert liegen, auf diesen senken, könnten € 8.078 pro Jahr eingespart werden. Eine Absenkung aller betrachteten Pumpen auf den derzeitigen eigenen Mittelwert führt zu einer Kosteneinsparung von € 7.179 pro Jahr.

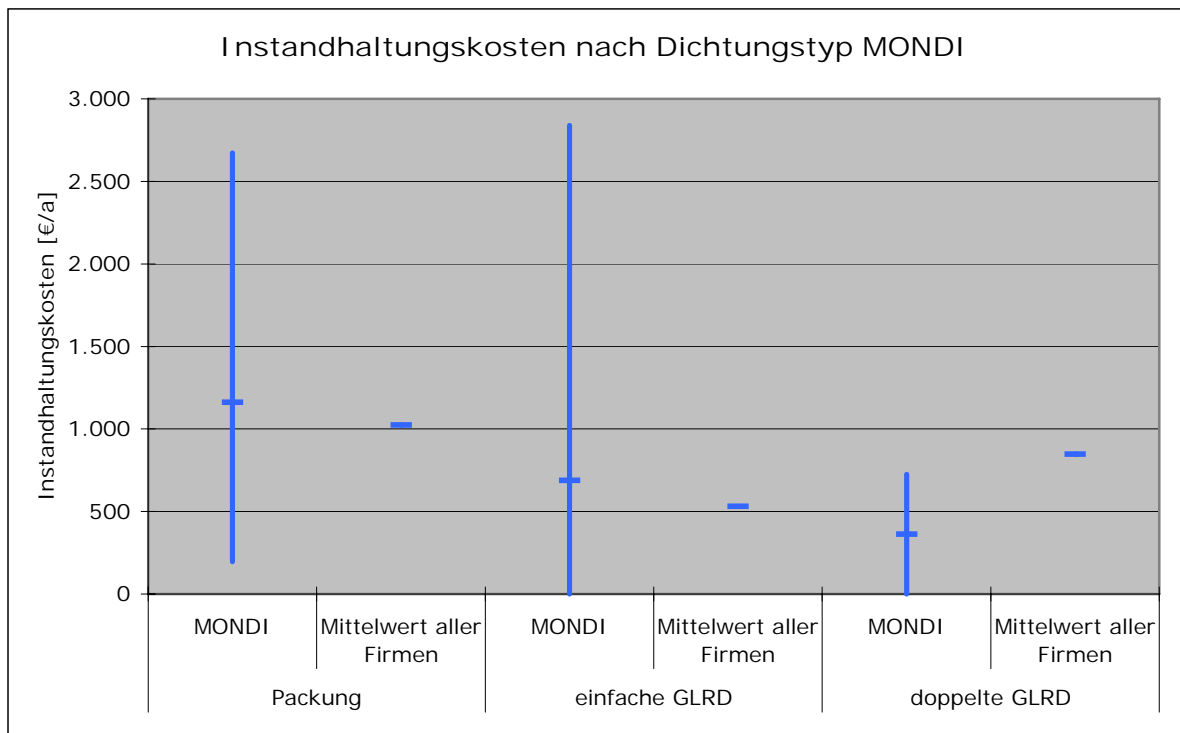


Diagramm 65: Vergleich der Instandhaltungskosten MONDI / Mittelwert aller Firmen

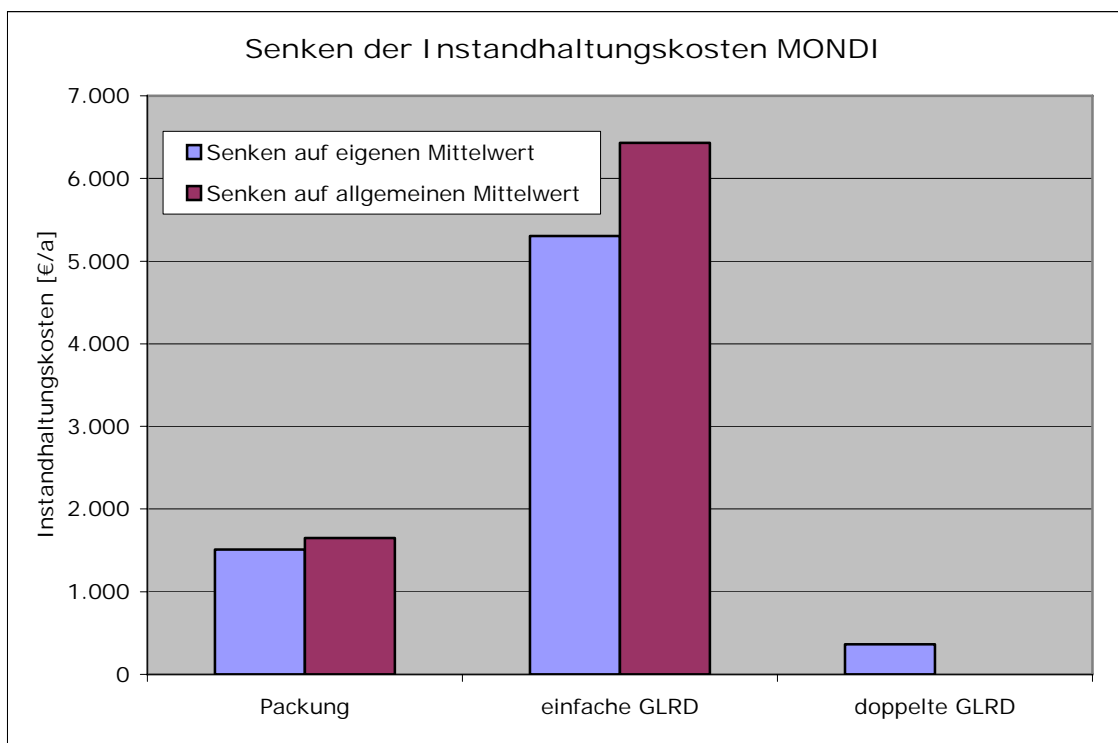


Diagramm 66: Senken der Instandhaltungskosten MONDI

Da auch bei MONDI wesentlich mehr Pumpen als die Anzahl der untersuchten Pumpen im Einsatz sind, und aufgrund der Untersuchung darauf geschlossen werden kann, dass auch diese Pumpen zum Teil mit Sperrwassermengen, die über den Vorgaben liegen, betrieben werden, ist ein noch größeres Einsparungspotential (10-20 mal so hoch) vorhanden.

3.6 Programm zur Selbstanalyse von Stoffpumpen

Als weiteres Ergebnis ist das im Rahmen des Projektes entwickelte Tool zur Selbstanalyse von Stoffpumpen zu sehen (vgl. auch Kap. 1.3 – Arbeitspaket 4: Programmentwicklung zur Kostenanalyse). Mit Hilfe der erhobenen Daten bei den Projektpartnern und mit Daten von Pumpenherstellern zu den eingesetzten Pumpen wurde ein Werkzeug zur Selbstanalyse entwickelt. Mit Hilfe dieses Tools ist es auf einfache und schnelle Art möglich, durch die Eingabe firmenspezifischer Pumpendaten (z.B. Dichtungssystem, Wasserpreis, Strompreis, Dauer und Häufigkeit eines Dichtungswechsels, benötigte Sperrwassermenge,...) einen Vergleich zu den erhobenen Durchschnittswerten für einen gewählten Pumpen- bzw. Dichtungstyp zu bekommen.

Wenn Daten nicht oder nur zum Teil bekannt sind, so greift das Programm automatisch auf die erhobenen Durchschnittswerte zurück, womit schon durch die Eingabe einiger wichtiger Daten überprüft werden kann, wie die zu analysierende Pumpe im Vergleich zu den untersuchten Pumpen liegt. Damit wird der Anwender in die Lage versetzt, durch das „Ausfüllen der Eingabemaske“ seine Kosten für das jeweilige Dichtungssystem bzw. das mögliche Einsparungspotential durch den Einsatz von sperrwasserlosen Systemen quasi per Mausklick ausreichend genau zu bestimmen - Werkzeug zur Selbstanalyse.

Folgende Werkzeuge wurden im Rahmen des Projektes erstellt bzw. programmiert:

- o Analysetool-Vergleich einer Dichtung mit Projektwerten
- o Analysetool-(Kosten)-Vergleich der Dichtungssysteme
- o Analysetool-Sperrwassermenge vs. Herstellervorgabe

Nachdem es sich hierbei um ein Programm handelt, wird an dieser Stelle auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet und stattdessen nur plakativ eine Eingabemaske, sowie ein dazugehöriges Auswertungsergebnis angegeben. Das Programm wurde den Projektpartnern bereits zur Verfügung gestellt und kann für alle Interessenten selbstverständlich auf Wunsch bzw. auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Auswahl der zu vergleichenden Dichtung (nur eine Dichtung auswählen!)		Stopfbuchspackung <input type="checkbox"/>			Vergleich mit Werten von	allgemein <input checked="" type="checkbox"/>			
		einfache Gleitringdichtung <input type="checkbox"/>				MONDI <input type="checkbox"/>			
		doppelte Gleitringdichtung <input checked="" type="checkbox"/>				PÖLS <input type="checkbox"/>			
		hydrodynamische Dichtung <input type="checkbox"/>				UPM <input type="checkbox"/>			
		Wert aus Projekt?				Wert aus Projekt?			
DICHTUNG	Anschaffungskosten	<input type="text" value=""/>	€	<input checked="" type="checkbox"/>	ALLGEMEINES	Strompreis	<input type="text" value="0,050000"/>	€/kWh	<input type="checkbox"/>
	Instandhaltungskosten	<input type="text" value="2.200"/>	€/a	<input type="checkbox"/>		Betriebsstunden	<input type="text" value=""/>	h/a	<input checked="" type="checkbox"/>
VERSORGUNGSPUMPE	Anschaffungs-, Installationskosten	<input type="text" value=""/>	€	<input checked="" type="checkbox"/>		Wasserpreis (Entsorgungspreis)	<input type="text" value="0,55"/>		<input type="checkbox"/>
	Instandhaltungskosten	<input type="text" value=""/>	€/a	<input checked="" type="checkbox"/>		Auswertung			
	Pumpenleistung	<input type="text" value=""/>	kW	<input checked="" type="checkbox"/>					
	Anzahl versorgter Dichtungen	<input type="text" value=""/>	NICHT NOTWENDIG!						
VERSORGUNGSLEITUNG	Installationskosten Ringleitung	<input type="text" value=""/>	€	<input checked="" type="checkbox"/>					
	Anzahl versorgter Dichtungen von Ringleitung	<input type="text" value=""/>	NICHT NOTWENDIG!						
	Installationskosten Stichelung	<input type="text" value=""/>	€	<input checked="" type="checkbox"/>					
SONSTIGE INSTALLATIONS-KOSTEN		<input type="text" value=""/>	€	<input checked="" type="checkbox"/>					
SPERRWASSER	Sperrwassermenge	<input type="text" value="7,50"/>	l/min	<input type="checkbox"/>					

Abbildung 22: Eingabemaske zum Vergleich einer Dichtung mit den Projektdaten

Wie in Abbildung 22 dargestellt, wurden zum Vergleich einer beliebigen Pumpe mit doppelter Gleitringdichtung die Instandhaltungsdaten, der Sperrwasserverbrauch, sowie der Strompreis und der Wasserpreis (entspricht den Entsorgungskosten) für einen beliebigen Anwender eingegeben. Alle weiteren Daten wurden vom Projekt übernommen. In den

Diagrammen 67-68 findet sich ein Auszug einer dazugehörigen Auswertung, wobei die Kürzel „P“ für Pumpendaten aus Projekt und „V“ für die zu vergleichende Pumpe stehen.

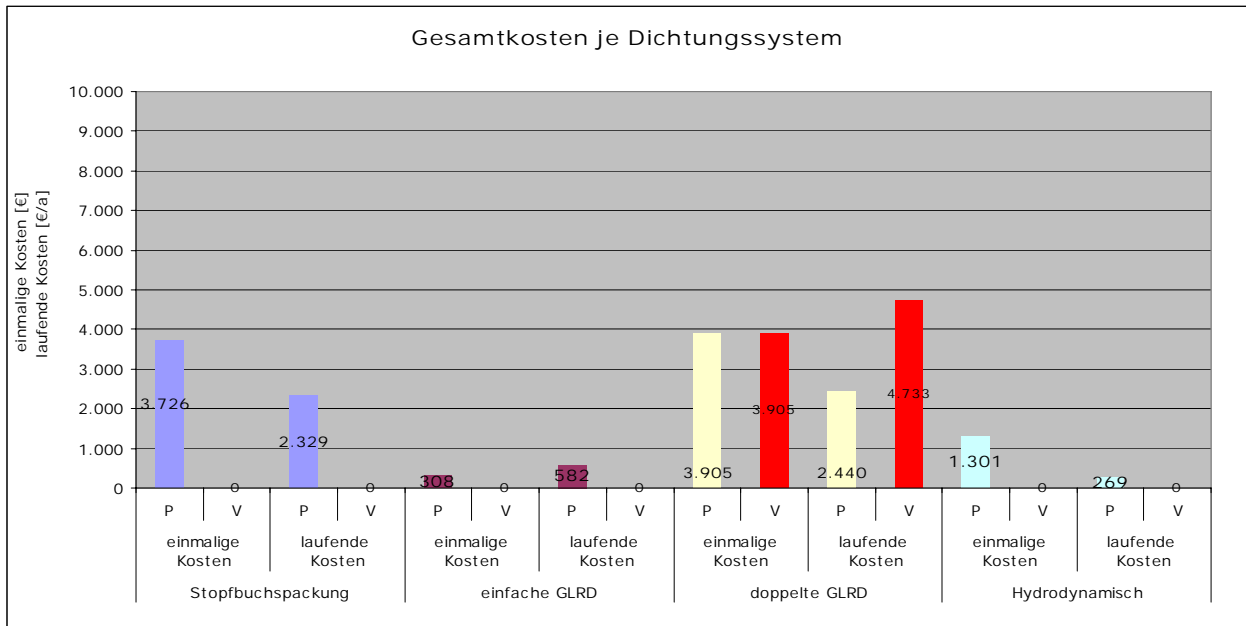


Diagramm 67: Gesamtkostenvergleich des untersuchten Dichtungssystems im Vergleich zu den Pumpendaten aus Projekt

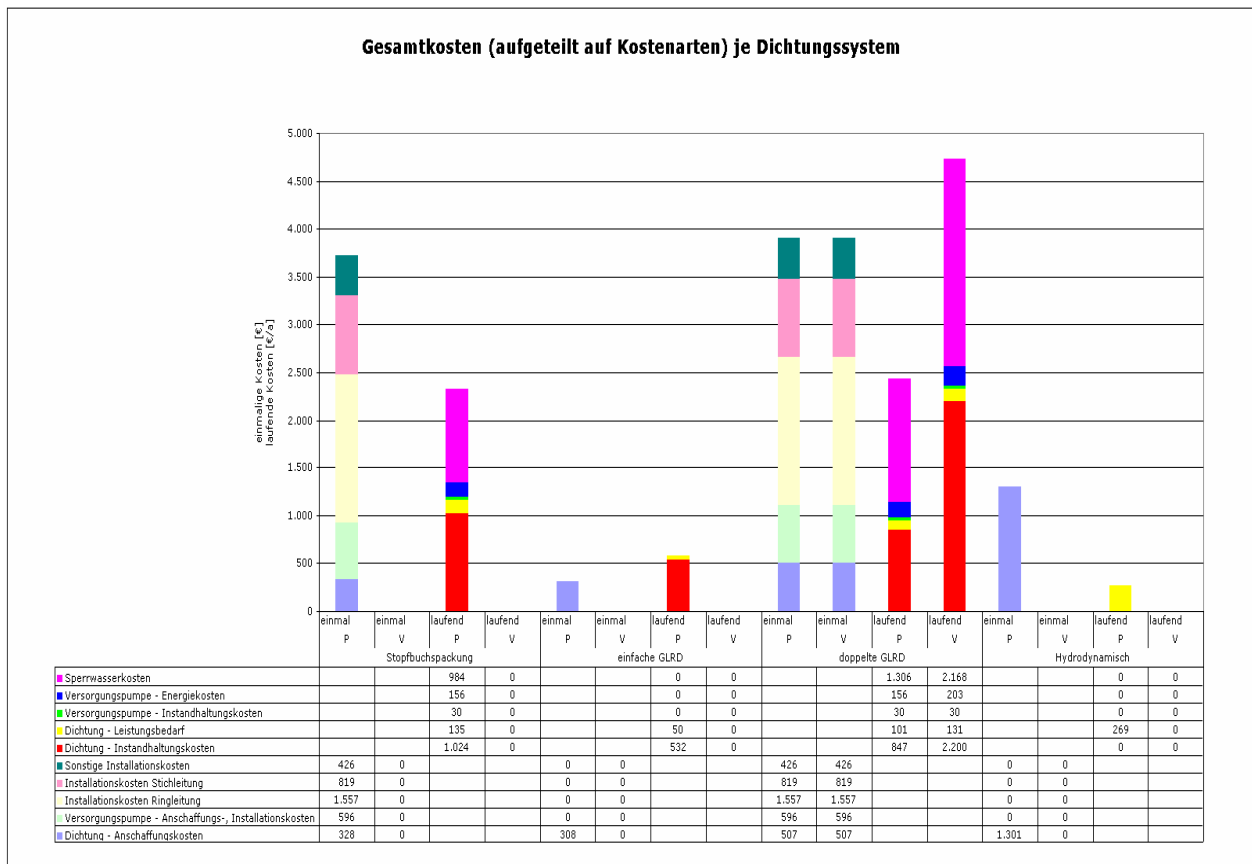


Diagramm 68: Aufteilung der Gesamtkosten auf Kostenarten für die untersuchte Pumpe im Vergleich zu den untersuchten Pumpen aus dem Projekt

3.7 Innovationsgehalt des Projektes bzw. der Projektergebnisse

Betrachtet man den Zustand vor Beginn des Projektes, wo man feststellen konnte, dass das „notwendige Übel“ Sperrwasserkosten mit entsprechenden Vorbehalten in Kauf genommen wird und auch keiner der Betreiber von Stoffpumpen wusste, welche Kosten die dort eingesetzten Dichtungssysteme verursachen mit dem Zustand nach dem Projekt, so kann doch ein beachtlicher Unterschied festgestellt werden. Durch das Projekt wurde erstmals eine wirklich fundierte Untersuchung der bei Stoffpumpen eingesetzten Dichtungssysteme mit und ohne Sperrwasser durchgeführt. Neben der Kostenermittlung für die Installation und den Betrieb der Pumpen für die vier vorwiegend eingesetzten Dichtungssysteme (siehe auch Kapitel 3.2.4) konnte auch ein erhebliches Einsparungspotential an Frischwasser im Bereich der Papier- und Zellstoffproduktion bei den eingesetzten Stoffpumpen eruiert werden. Durch die Analyse der einzelnen Kostenfaktoren konnten auch die wichtigsten Kostentreiber für die betreffenden Dichtungssysteme ausfindig gemacht werden.

Das Innovationspotential dieses Forschungsprojektes liegt darin, dass durch dieses Projekt erstmals die Sperrwasserkosten in ihrer Gesamtheit erfasst und alle Einflussfaktoren ermittelt werden konnten. Durch das Projekt haben die beteiligten Unternehmen somit einerseits genaue Angaben über die Höhe der Sperrwasserkosten, andererseits wurde auch aufgezeigt, welche Kostenersparnis und welches Einsparungspotential an Frischwasser sich beim Umstieg auf ein sperrwasserloses System ergeben würde.

Basierend auf den Daten der Projektpartner wurde im Projekt ein allgemein gültiges, einfach anzuwendendes Verfahren zur schnellen und effizienten Ermittlung der Sperrwasserkosten bzw. des möglichen Einsparungspotentials erarbeitet (unter Berücksichtigung aller Einflussparameter), welches es in weiterer Folge allen Betreibern von Stoffpumpen erlaubt, diese zu bestimmen (Selbstanalysetool). Das Verfahren wurde im Projekt selbst zur Anwendung gebracht, wodurch seine Praxistauglichkeit unter Beweis gestellt wurde.

Das entwickelte Selbstanalysetool (siehe Kapitel 3.6) bzw. ein ähnliches Werkzeug gab es in dieser Form noch nicht, womit das nun vorhandene eine wirkliche Innovation darstellt und allen Interessierten zur Verfügung gestellt werden kann. Durch die Anwendung soll den Betreibern nicht nur das Einsparungspotential in Form von konkreten Zahlen aufgezeigt werden, sondern sollte und wird die Anwender auch dazu ermutigen, in Zukunft auf Systeme, welche kein Sperrwasser benötigen, zurückzugreifen. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen für den Betreiber leistet jeder damit auch einen Beitrag zur Erhaltung wertvoller Ressourcen, was auch einen entsprechenden Imagegewinn mit sich bringen kann.

3.8 Verwertung der Ergebnisse

Die Projektergebnisse wurden den Projektpartnern im Rahmen eines Workshops präsentiert. Nach firmenspezifischen Änderungs- und Ergänzungswünschen folgten abschließende Präsentationen bei den Projektpartnern. Weiter wurden die Ergebnisse bei der diesjährigen Praktikerkonferenz „Pumpen in der Papierindustrie“ an der Technischen Universität Graz mit zahlreichen Teilnehmern aus dem In- und Ausland vorgestellt.

Zusätzlich sind Veröffentlichungen in einschlägigen deutsch -und englischsprachigen Papierfachzeitschriften geplant.

4. Detailangaben zu den Zielen der „Fabrik der Zukunft“

Nachdem die „Fabrik der Zukunft“ darauf ausgerichtet ist, den Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung weitestgehend zu reduzieren, bei gleichzeitiger Steigerung des Nutzens, kann das oben beschriebene Projekt einen wesentlichen Beitrag zu diesem Ziel beitragen.

Die genaue Kenntnis der Sperrwasserkosten bzw. die Kostenersparnis beim Umstieg auf ein sperrwasserloses Dichtungssystem soll Betreiber dazu veranlassen, den herkömmlichen Produktionsprozess durch einen innovativeren, ressourcenschonenderen zu ersetzen. Neben einer beträchtlichen Frischwassereinsparung hat der Betreiber auch in wirtschaftlicher Hinsicht Vorteile zu erwarten, wie die Ergebnisse des Projektes deutlich aufzeigen. Dies sollte in weitere Folge auch zur Sicherung der Arbeitsplätze in den betreffenden Betrieben und all jenen beitragen, die sich mit den Erkenntnissen dieses Projektes auseinandersetzen.

4.1 Beitrag des Projekts zu den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung

Auf die vorgegebenen Leitprinzipien zu einer nachhaltigen Technologieentwicklung wurde in obiger Projektbeschreibung teilweise schon hingewiesen. Deshalb folgt an dieser Stelle zusammenfassend nur eine kurze Darstellung, inwieweit das vorliegende Projekt die einzelnen Leitprinzipien erfüllt.

- Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung

Eine Analyse der Sperrwasserkosten bzw. die im Projekt dargestellte Kostenersparnis und die mögliche Reduktion der Frischwassermenge bei Verwendung sperrwasserloser Dichtungssysteme kann als Dienstleistung für die teilnehmenden Unternehmen betrachtet werden. Das Vorhandensein entsprechender Zahlengrößen, welche direkt vor Ort bei den Projektpartnern erhoben wurden und anschließend ausgewertet und analysiert wurden zeigt den Beteiligten das mögliche Einsparungspotential in ökologischer und ökonomischer Hinsicht klar auf. Werden die Erkenntnisse aus dem Projekt entsprechend umgesetzt, wo ergibt sich daraus ein beträchtlicher wirtschaftlicher Nutzen, bei gleichzeitiger Einsparung wertvoller Ressourcen.

- Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Durch das Projekt wurde deutlich aufgezeigt, dass im Bereich der Papier- und Zellstoffindustrie beträchtliche Einsparungen von Frischwasser möglich sind. Einerseits können bei bestehenden Systemen, welche Sperrwasser zum Zwecke der Abdichtung benötigen, durch die Reduktion auf Herstellervorgabe beträchtliche Frischwassermengen (12 bis 15 Mio. m³ für die eingesetzten Stoffpumpen in Ö und D in der Papier- und Zellstoffindustrie) eingespart werden, andererseits ist das tatsächliche Potential noch viel höher, wenn Systeme mit Sperrwasser durch solche ohne Sperrwasser substituiert werden.

Die Reduktion auf Herstellervorgabe ist der erste und einfachste Schritt, wobei dadurch zum einen große Wassermengen eingespart werden können und zum anderen die zum Teil notwendigerweise eingesetzten Ressourcen (in diesem Falle Frischwasser) nicht unnötig verschwendet, sondern nur gezielt und effizient zum Einsatz kommen.

- Effizienzprinzip

Ziel zukünftiger Wirtschaftspolitik muss es sein, Produkte, Dienst- und Serviceleistungen so zu gestalten, dass mit einem Minimum an Energie- und Materialeinsatz ein Maximum an Nutzen erzielt wird.

Betrachtet man die Ergebnisse des Projektes so kann man klar feststellen, dass diese genau auf das o.g. Prinzip abzielen. Durch die durchgeführte Analyse der Sperrwasserkosten bzw. der Kostenersparnis beim Übergang auf ein sperrwasserloses System werden die Betreiber dazu animiert werden, ihre Produktionsprozesse entsprechend umzustellen und zu optimieren. Dies führt dazu, dass einerseits der Einsatz wertvoller Ressourcen (im betrachteten Fall Wasser) verringert wird, andererseits die Betreiber aber auch ökonomische Vorteile durch den Einsatz sperrwasserloser Dichtungssysteme haben. Werden die Erkenntnisse aus dem Projekt umgesetzt, wo führt dies zu einer Effizienzsteigerung der Produktionsprozesse.

- Prinzip der Mehrfachnutzung

Es kann gesagt werden, dass die Erkenntnisse bzw. die Ergebnisse des Projektes für jeden Betreiber von Pumpen mit, und ohne Sperrwasser, von großer Bedeutung sind. Bei den Projektpartnern sind nach der erfolgreichen Durchführung des Projektes sämtliche Einsparungspotentiale bekannt und entsprechende Maßnahmen werden bereits in Arbeitskreisen und dgl. firmenintern diskutiert. Nachdem eine derartige Analyse der Sperrwasserkosten und des möglichen Einsparungspotential (ökonomischer und ökologischer Natur) auch für alle weiteren Betreiber von Stoffpumpen in der Papier- und Zellstoffindustrie interessant und wichtig erscheint, wurde im Rahmen des Projektes das bereits mehrfach erwähnte und beschriebene „Selbstanalysetool“ (siehe Kapitel 3.6) entwickelt. Dieses kann prinzipiell bei allen Betreibern derartiger Pumpen angewandt werden. Um auf die Projektergebnisse im allgemeinen und die Existenz eines solchen Analysetools im speziellen aufmerksam zu machen, werden die Ergebnisse in einschlägigen Papierfachzeitschriften publiziert. Wichtig erscheint, dass sich die Betroffenen mit dieser Problematik auseinandersetzen, wobei die Ergebnisse des Projektes sicher dazu beitragen sollten. Dass Interesse an den Ergebnissen besteht und die Thematik viele Anspricht, hat sich auch bei der Präsentation der Projektergebnisse im Rahmen des Pumpenseminars „Pumpen in der Papierindustrie“ an der TU Graz vor einigen Wochen klar gezeigt.

- Prinzip der Fehlertoleranz und Risikoversorge

Die Projektergebnisse sollten Betreiber von Stoffpumpen dazu zu bringen, ihre Dichtungssysteme bei den Stoffpumpen auf sperrwasserlose Dichtungssysteme umzustellen. Damit würde in weiterer Folge auch nicht mehr das Risiko bestehen, Produktionsprozesse aufgrund von Problemen mit dem Sperrwasser (Defekte in den Zuleitungen, Pumpendefekte, Verfügbarkeit von Sperrwasser P Pegelstände in den Flüssen könnten weiter sinken) zu unterbrechen.

- Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Wasser gehört zu den kostbarsten Ressourcen, über die der Mensch verfügt und vor allem die zunehmend trockenen Jahre auch in unseren Breiten sollten uns dazu animieren, damit sparsam und sorgfältig umzugehen. Gerade im „Jahrhundertssommer 2003“ wurde uns klargemacht, dass es auch bei uns nicht mehr selbstverständlich ist, Wasser in Hülle und Fülle zur Verfügung zu haben. Schenken wir den Klimaforschern die notwendige Aufmerksamkeit, so sollten wir alles daran setzen, dieses kostbare Gut nur dort einzusetzen, wo es unbedingt notwendig ist, damit auch zukünftige Generationen noch in einer intakten und lebenswerten Umwelt leben können.

Durch die Analyse des Einsparungspotentials beim Verzicht auf Systeme, die Sperrwasser benötigen, wurden auch die wirtschaftlichen Vorteile für die Betreiber aufgezeigt. Kosteneinsparung führt zu Wettbewerbsvorteilen und in weiter Folge zur Sicherung von wertvollen Arbeitsplätzen. Durch die Einsparung beträchtlicher Frischwassermengen muss unseren Flüssen weniger Wasser entnommen werden was sich wiederum positiv auf unsere Lebensqualität (Freizeitfaktor) auswirkt.

4.2 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind)

Nachdem das Projekt in Zusammenarbeit mit Partnern aus der Papier- und Zellstoffindustrie durchgeführt wurde, welche gleichzeitig auch die Zielgruppe für die Ergebnisverwertung und Umsetzung darstellen, waren die relevanten Zielgruppen über die gesamte Projektdauer in das Projekt integriert. Ohne die Projektpartner aus der Industrie wäre eine Durchführung des Projektes nicht möglich gewesen, wobei natürlich im speziellen die Bedürfnisse, Wünsche und Anregungen der Partner im Rahmen des Projektes berücksichtigt wurden, soweit dies möglich war.

4.3 Beschreibung der Potentiale des Projektes

Wie bereits angemerkt, können die Erkenntnisse aus diesem Projekt prinzipiell in der gesamten Papier- und Zellstoffindustrie angewandt bzw. mehr oder weniger (firmenabhängig) umgesetzt werden, wobei es natürlich auch Unternehmen gibt, die kaum bzw. sehr wenig mit Sperrwasser zum Zwecke der Abdichtung bei Stoffpumpen arbeiten. Es hängt also auch von der jeweiligen Firmenphilosophie ab, inwieweit Dichtungssysteme mit bzw. ohne Sperrwasser zum Einsatz kommen. Die Umsetzung der Erkenntnisse bzw. der Umfang wird auch davon abhängen, inwieweit die Betreiber von Stoffpumpen deren Philosophie von Systemen mit, auf solche ohne Sperrwasser umstellen. Viele Pumpen könnten problemlos mit Dichtungssystemen ohne Sperrwasser und ohne Einbußen in Bezug auf Betriebssicherheit (z.T. herrscht ein sehr großes Sicherheitsdenken vor - Systeme mit Sperrwasser haben in manchen Fällen eine höhere Betriebssicherheit) betrieben werden. Während also die teilweise Substitution von Dichtungssystemen mit, auf solche ohne Sperrwasser sicher nur mittel bis langfristig realisierbar erscheint, so kann die Umsetzung in Bezug auf die Reduktion der eingesetzten Sperrwassermenge kurzfristig und schnell erfolgen. Bei einem der Projektpartner wurden dahingehend bereits entsprechende Maßnahmen andiskutiert bzw. in die Wege geleitet.

Wenn sämtliche Betreiber von Stoffpumpen mit Sperrwassereinsatz darauf aufmerksam gemacht werden (sollte durch entsprechende Publikationen des Projektes gelingen), dass diese z.T. mit Wassermengen weit über den Herstellervorgaben betreiben werden, so werden auch dort entsprechende Maßnahmen getroffen. Hierzu ist an sich lediglich die aktuelle Sperrwassermenge festzustellen und, wenn notwendig, auf die Vorgabe des Herstellers zu reduzieren, womit schon eine beachtliche (12 bis 15 Mio.m³/Jahr in Ö und D) Frischwassermenge eingespart werden könnte.

5. Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der vier bei Stoffpumpen vorwiegend eingesetzten Dichtungssysteme hat gezeigt, dass es sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen sinnvoll ist, Dichtungssysteme, welche kein Sperrwasser benötigen, einzusetzen. Einerseits sind sie wesentlich kostengünstiger und andererseits benötigen sie kein Sperrwasser, was zu einer Belastungsreduktion (Abwasser) und Ressourceneinsparung (Energie, Wasser) beiträgt.

Bei bestehenden Anlagen sollte demnach untersucht werden, ob der Umstieg auf Dichtungssysteme ohne Sperrwasser technisch und nach den betrieblichen Gegebenheiten möglich ist.

Bei Neuinstallationen von Pumpen und Anlagen sollten ebenfalls Dichtungssysteme ohne Sperrwasser bevorzugt Anwendung finden.

Sollte es aber aus betrieblichen Gründen (z.B. Medium) unmöglich sein, auf Dichtungssysteme mit Sperrwasser zu verzichten, so muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Herstellervorgaben für die Sperrwassermenge eingehalten werden, und somit lediglich die geringst mögliche Wassermenge eingesetzt wird. Dies kann z.B. durch den Einbau von Rotametern erfolgen. Die Kontrolle der Sperrwassermenge bei bestehenden Anlagen kann, wie die Untersuchung gezeigt hat, zu erheblichen Frischwassereinsparungen führen.

5.1 Gewonnene Erkenntnisse für das Projektteam

Wie die Durchführung gezeigt hat, ist eine Kombination von Projektpartnern aus der Industrie und aus dem wissenschaftlichen Bereich (Universität) eine optimale Konstellation. Dadurch kann eine optimale Verknüpfung des vorhandenen Wissens aus Theorie und Praxis erfolgen, was sich schlussendlich in der Qualität eines Projektes niederschlägt. Wichtig für die erfolgreiche Durchführung war auch der ständige und sehr gute Kontakt mit allen Projektbeteiligten, womit auftretende Fragen oder Probleme sofort in Zusammenarbeit aller rasch beseitigt werden konnten.

5.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter

Die Projektmitglieder aus den beteiligten Unternehmen werden die Erkenntnisse firmenintern publik machen, darüber diskutieren und schlussendlich entsprechende Maßnahmen ableiten, was zum Teil schon erfolgt ist. Was unsere Rolle als Projektleiter anbelangt, so können wir als Universität nicht die gewonnenen Erkenntnisse direkt in der Praxis umsetzen. Unsere Aufgabe ist es daher primär, alle nicht am Projekt Beteiligten, für welche dieses Thema von Bedeutung ist, über das Projekt zu informieren, was z.T. bereits erfolgt ist (siehe Kap. 3.8)

5.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant

Neben der Papier- und Zellstoffindustrie sind die Ergebnisse auch für alle Hersteller von Stoffpumpen, sowie für Dichtungshersteller relevant und aufschlussreich. Basierend auf den Erkenntnissen aus dem Projekt könnten von Herstellerseite auch entsprechende Anstrengungen unternommen werden, um die bestehend Systeme ohne Sperrwassereinsatz weiter zu Verbessern, damit in Zukunft verstärkt auf diese Dichtungssysteme zurückgegriffen wird.

Literaturverzeichnis

Fachwissen Dichtungstechnik

<http://www.fachwissen-dichtungstechnik.de>

Kapitel 1: Grundbegriffe der Dichtungstechnik

Kapitel 12: Gleitringdichtungen: Grundlagen

Skriptum „Grundlehrgang Dichtungstechnik“

Universität Stuttgart, Institut für Dichtungstechnik

ABC der Gleitringdichtung

Burgmann Lexikon, <http://www.burgmann.de>

SULZER Technical Review

Ausgabe 1/2001

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema des Abdichtproblems	28
Abbildung 2: Dichtungssysteme bei Stoffpumpen	29
Abbildung 3: Elemente einer Gleitringdichtung	29
Abbildung 4: einfache Gleitringdichtung	30
Abbildung 5: hydrodynamische Dichtung	30
Abbildung 6: Elemente einer Packung	31
Abbildung 7: Sperrflüssigkeit bei einer Packung	31
Abbildung 8: doppelwirkende Gleitringdichtung back-to-back-Anordnung	32
Abbildung 9: doppelwirkende Gleitringdichtung face-to-face-Anordnung	32
Abbildung 10: einfachwirkende Gleitringdichtung mit Quench	32
Abbildung 11: Kostenarten der Dichtungssysteme	33
Abbildung 12: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess"	38
Abbildung 13: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 1	39
Abbildung 14: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 2	39
Abbildung 15: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 3	39
Abbildung 16: "Sperrwasser Wertschöpfungsprozess" Variante 4	40
Abbildung 17: Kosten des „Sperrwasser Wertschöpfungsprozess“	41
Abbildung 18: Prinzipskizze Sperrwasserversorgungsleitungen	42
Abbildung 19: Rotameter – Bestandteile und Einbauvarianten	43
Abbildung 20: Sperrwasserversorgungsleitungen Betriebsgelände PÖLS	48
Abbildung 21: Maßnahmen (Handlungsfenster) zur Sperrwasserreduktion	67
Abbildung 22: Eingabemaske zum Vergleich einer Dichtung mit den Projektdaten	90

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anschaffungskosten für Dichtungen ohne Sperrwasser	34
Tabelle 2: Anschaffungs- und Install.Kost.. Sperrwasserversorgungspumpen UPM..	44
Tabelle 3: elektr. Leistungen Sperrwasserversorgungspumpen UPM	46
Tabelle 4: elektr. Leistungen Sperrwasserversorgungspumpen MONDI	47
Tabelle 5: Gemittelte Instandhaltungs- und Energiekosten über die 3 Firmen	47
Tabelle 6: Kosten für sonstige Installationen	47
Tabelle 7: Installationskosten für Verteilungsleitung PÖLS	48
Tabelle 8: Installationskosten Verteilungsleitung UPM	49
Tabelle 9: Anschaffungskosten für Dichtungen mit Sperrwasser	50
Tabelle 10: Anschaffungskosten für alle vier Dichtungen	61
Tabelle 11: Anzahl der analysierten Pumpen nach Betrieb und Dichtungstyp	73