



Handbuch zur Energieeinsparung in Textilreinigungen

Gefördert durch die
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Aktenzeichen: 32093/01-24/2)



In Zusammenarbeit mit den Firmen

- ✓ Böwe Textile Cleaning GmbH, Bühl
- ✓ Büfa GmbH & Co KG, Oldenburg
- ✓ Jumag Dampferzeuger GmbH, Hirschberg
- ✓ Multimatic iLSA Deutschland GmbH & Co. KG, Melle
- ✓ Veit GmbH, Landsberg

An der Erstellung dieses Handbuches waren beteiligt:

- Prof. Dr. Deichsel - ieg – Institut für Energie und Gebäude der TH Nürnberg
- Dipl.-Ing. (FH) Gottfried Hilburger, M.Sc., ieg – Institut für Energie und Gebäude der TH Nürnberg
- Prof. Dr. Hans Günter Hloch, wfk – Cleaning Technology Institute e.V., Krefeld
- Dr. Alexander Rohde, Fa. Büfa GmbH & Co. KG, Oldenburg
- Marco Seifen, Deutscher Textilreinigungsverband e.V. (DTV), Bonn
- Richard Sterr, Sterr & Achternbusch GbR, München
- Dipl. Oec.-troph. Michael Tokos, wfk – Cleaning Technology Institute e.V., Krefeld

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort 1	
2	Einführung in die Energieeffizienzbetrachtung von Textilreinigungsbetrieben.....	2
3	Maschinen und Verfahren beim Reinigen	2
3.1	Lösemittelübersicht.....	2
3.2	Reinigungsverstärker.....	4
3.3	Maschinentechnik	4
3.4	Energieeinsparung.....	7
3.5	Tipps und Hinweise zu Lösemitteln.....	11
3.6	Wetclean	12
3.6.1	Grundlagen	12
3.6.2	Kontrollblatt zur Überprüfung eingestellter Wasch- und Wetclean-Bedingungen.....	14
3.6.3	Optimierung von Wetclean-Prozessen.....	16
3.7	Finish- und Bügeltechnik und deren Optimierung	17
3.7.1	Grundlagen	17
3.7.2	Energieeinsparung beim Bügeln.....	18
3.7.3	Energieeinsparmöglichkeiten beim Pressen	21
3.7.4	Energieeinsparmöglichkeiten beim Finishen	22
3.7.4.1	Hemdenfinisher	22
3.7.4.2	Garderobenfinisher	24
3.7.4.3	Hosentopper.....	26
4	Maschinen und Verfahren beim Waschen.....	29
4.1	Waschschleudermaschinen (WSM).....	29
4.2	Optimierung von Waschverfahren.....	30
4.2.1	Optimierung der Programmeinstellungen	31
4.2.2	Abwasserwiederverwendung.....	32
4.2.3	Reduzierung des Wärmebedarfs bei Waschschleudermaschinen	34
4.3	Waschmittel	41
4.3.1	Waschmittelarten.....	42
4.3.2	Waschmitteldosierung	43
4.4	Trocknen.....	46
4.4.1	Grundlagen	46
4.4.2	Beheizungs- und Regelungsarten von Wäschetrocknern.....	47
4.4.2.1	Nennfüllmenge	47
4.4.2.2	Beheizungsarten.....	48
4.4.2.3	Regelungsarten von Wäschetrocknern	50

4.4.3	Optimierung des Trocknungsprozesses.....	52
4.4.3.1	Aufbereitung der Wäsche und Trocknerbeladung.....	53
4.4.3.2	Bauliche Maßnahmen zur Optimierung.....	54
4.4.4	Hinweise bei Neuanschaffung.....	59
5	Energie und Gebäude.....	60
5.1	Wärme.....	60
5.1.1	Brennstoffe und Prozesswärmeerzeugung.....	60
5.1.1.1	Optimierung der Dampferzeugung.....	63
5.1.2	Wärme- und Dampfverteilung.....	66
5.1.2.1	Auslegung und Optimierung von Dampfleitungen.....	66
5.1.2.2	Auslegung und Optimierung von Kühlwasserleitungen.....	68
5.1.2.3	Auslegung und Optimierung der Gebäudebeheizung.....	69
5.1.3	Gebäudeklima (Heizen, Kühlen, Arbeitsschutz).....	71
5.1.4	Checkliste: Optimierung der Wärmeversorgung des Gebäudes.....	75
5.2	Elektrische Energie.....	76
5.2.1	Arbeitsplatzumgebung: Beleuchtung und Klimatisierung.....	76
5.2.2	Elektrische Antriebe.....	78
5.2.3	Druckluftherzeugung und Druckluftverteilung.....	79
5.2.4	Checkliste Einsparung elektrischer Energiebedarf.....	82
5.2.5	Checkliste Effiziente Druckluftversorgung.....	84
6	Umgang mit Wasser und Betriebsstoffen.....	86
6.1	Wasser.....	86
6.1.1	Auswahl der Wasserqualität.....	86
6.1.2	Auswahl geeigneter Wasseraufbereitungsanlagen.....	87
6.1.3	Checkliste: Effizienter Umgang mit Wasser.....	90
6.2	Umgang mit Chemikalien in Textilpflegebetrieben.....	91
7	Ganzheitliche Maßnahmen (über Prozessgrenzen hinweg).....	92
7.1	Vernetzte Prozesse mit Wasser.....	92
7.1.1	Optimierte Kühlwassernutzung.....	92
7.1.2	Optimierte Dampfnutzung.....	92
7.1.3	Verknüpfung von Waschen und Trocknen.....	93
7.2	Energie, Wasser und Betriebsstoffe einsparende Maßnahmen.....	94
7.2.1	Absalz-/Abschlammwasser.....	94
7.2.2	Nutzung von Kühlwasser als Speisewasser.....	95
8	Energiedatenmanagement.....	96
8.1	Der Weg zur betriebsweiten Energiebilanz.....	96

8.2	Ermittlung von Verbrauchs- und Anlagendaten.....	103
8.3	Empfehlung zum stufenweisen Aufbau eines Energiedatenmanagements	106
8.4	Analyse der gewonnenen Daten und Ableitung von Verbesserungen	108
Anhang 1	Formblatt Nassreinigung	8-1
Anhang 2	Wichtige Normen- und Richtlinien	8-3

1 Vorwort

Energieeinsparung wird in der Branche trotz gestiegener Energiepreise nach wie vor stiefmütterlich behandelt. Dies mag mitunter sowohl an der fehlenden technischen Fachkompetenz als auch am Fehlen von Energieberatern liegen, die die Zusammenhänge in Wäscherei- und Textilreinigungsbetrieben verstehen. Nach dem erfolgreich abgeschlossenen DBU-Projekt „Ganzheitliche energetische Betrachtung von Wäschereibetrieben“, wurde in einem weiteren von der DBU geförderten Forschungsprojekt dieses Handbuch erstellt, das wertvolle Tipps zur Einsparung von Ressourcen geben soll. Gerade wurde ein Betrieb, der als einer von vier Betrieben an diesem Forschungsprojekt teilgenommen hat, mit der RWin als Textilreinigung des Jahres ausgezeichnet. Dieser Preis wurde sowohl für die Teilnahme an diesem Projekt als auch für die vorbildliche Aufstellung des Betriebes in Sachen Wasser- und Energieeinsparung verliehen. Ich hoffe, dass diese Auszeichnung auch dazu führt, dass sich andere Betriebe die ausgezeichnete Textilreinigung als Vorbild nehmen und ihren Betrieb in dieser Hinsicht ebenfalls gut aufstellen.

Marco Seifen, Deutscher Textilreinigungsverband (DTV), Bonn

Die derzeit etwa 2.300 Textilreinigungsbetriebe in Deutschland, die im Wesentlichen mit Lösemitteln empfindliche Textilien reinigen und anschließend glätten, werden durch permanente Kostensteigerungen für Energie und Rohstoffe sowie für Löhne stark belastet. Hinzu kommt, dass viele Textilreinigungsbetriebe das eigene Energieeinsparpotential nicht einschätzen können. Grund dafür ist einerseits die unzureichende Datenlage zum Energieeinsatz in Textilreinigungen und andererseits eine unzureichende Kenntnis über Energieeinsparmöglichkeiten im eigenen Betrieb, was im Fehlen von speziell an die Bedingungen der Textilreinigung angepasstem Informationsmaterial begründet ist. Dieses Handbuch soll Inhaber und Mitarbeiter in Textilpflegebetrieben dazu ermutigen, mögliche Energieeinsparpotentiale zu identifizieren und - wenn möglich - energiesparende Verfahren einzuführen und somit die wirtschaftliche Situation des Betriebes zu verbessern und für die Zukunft zu wappnen.

Michael Tokos, wfk – Cleaning Technology Institute, Krefeld

Die Notwendigkeit der Steigerung unserer Energie- und Ressourceneffizienz begegnet uns täglich in den Nachrichten: Klimawandel, längere Trockenperioden auch in Deutschland, knapper werdende Ressourcen und steigende Kosten für Energie, Betriebsstoffe und Hilfsmittel. Die steigenden Kosten kann jeder – zuhause und im Unternehmen – kompensieren oder zumindest bremsen, indem er die Energieeffizienz zur Chefsache erklärt und sich aktiv mit den Energie- und Medienströmen auseinandersetzt.

Dieses Handbuch soll Ihnen den Einstieg in eine ganzheitliche Energiebetrachtung erleichtern. Dazu ist kein Ingenieursstudium nötig, sondern eine kontinuierliche Erfassung der wichtigsten Energie- und Medienströme. Die Erkenntnis, dass man ein Effizienzdefizit im Betrieb noch beseitigen muss, bekommt man jedoch erst durch den Vergleich mit anderen Betrieben.

Dazu gibt es die Seite www.brancheninitiative-energie.de/brancheninitiative/oekobench zum Vergleich von spezifischen Kennwerten innerhalb der Branche, die von Ihnen als Unternehmer lebt. Nutzen Sie die Gelegenheit und machen Sie mit!

Gottfried Hilburger, ieg – Institut für Energie und Gebäude der TH Nürnberg, Nürnberg

2 Einführung in die Energieeffizienzbetrachtung von Textilreinigungsbetrieben

Alle in diesem Handbuch vorgestellten Hinweise und Anregungen zielen auf **ganzheitliche Lösungsansätze** zur Energieeinsparung ab.

Das bedeutet, dass der Wärmeenergiebedarf für Reinigungs-, Wasch- und Wetcleanprozesse nicht ohne Einbeziehung der anschließend notwendigen Trocknung bzw. des Finishens betrachtet werden soll. Auch der Energieaufwand für notwendige Versorgungsprozesse, wie zum Beispiel Dampferzeugung, Druckluftanlagen, Kühlsysteme oder Gebäudetechnik, wird grundsätzlich mit in die energetische Bewertung einbezogen.

Wir empfehlen Ihnen, bei einer geplanten Modernisierung im Vorfeld einen vollständigen Maßnahmenplan mit allen notwendigen Baumaßnahmen zu erstellen und diesen nach den betrieblichen und finanziellen Möglichkeiten umzusetzen. Beachten Sie bitte dabei, dass optimierte (und verkleinerte) Energieerzeuger (Dampfkessel und Kompressor) erst nach den Verbrauchern – Textilreinigungsmaschine, Finisher etc. – angeschafft werden sollten. Durch diese Reihenfolge können die Energieerzeuger an den Bedarf der neuen Maschinen angepasst und mit hohem Nutzungsgrad betrieben werden.

3 Maschinen und Verfahren beim Reinigen

In diesem Kapitel wird auf die unterschiedlichen Maschinen und Verfahren in Textilpflegebetrieben eingegangen. Unter Beibehaltung der Aufbereitungsqualität werden Verfahren zur energieeinsparenden Aufbereitung der Ware erläutert.

3.1 Lösemittelübersicht

In Deutschland werden in der Textilpflege unterschiedliche Lösemittel eingesetzt. Die bedeutendsten Lösemittelarten sind PER (Tetrachlorethen, ca. 60 % Marktanteil) und KWL-Lösemittel (Kohlenwasserstoff-Lösemittel, ca. 30 % Marktanteil) [1].

PER ist eine chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Chlor. PER wird bereits seit vielen Jahrzehnten zum Reinigen von Textilien eingesetzt und ist auch weltweit das mit Abstand am meisten verbreitete Lösemittel in Textilpflegebetrieben.

Kohlenwasserstoff-Lösemittel sind chemische Verbindungen, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Zum Reinigen von Textilien werden Kohlenwasserstoffe in Deutschland seit 1993 verwendet. Kohlenwasserstoffe, die in Deutschland als Lösemittel in Textilreinigungen verwendet werden, entsprechen den Anforderungen der Lebensmittel- und Bedarfsgegenständeverordnung sowie anderer gesetzlicher Vorschriften. Da die Neigung von Kohlenwasserstofflösemittel zum Verdampfen in der Luft sehr gering ist und die Luft nur wenig KWL aufnehmen kann, ist der offene Umgang mit dem Lösemittel - etwa zur Fleckentfernung an speziellen Detachiertischen - erlaubt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Kohlenwasserstoffe sowohl bei der Anwendung als auch bei der Anlagentechnik besondere Sicherheitsvorkehrungen (Unterdruck in der Destillation) erfordern.

Alternative Lösemittel wie z.B. Decamethylcyclopentasiloxan (Green Earth, Firma Green Earth Company), HiGlo (Firma Christeyns) und Sensene (Firma Safechem) sowie viele andere gewinnen jedoch zunehmend an Bedeutung (derzeitiger Marktanteil von etwa 10 %), da diese Lösemittel

geringeren Umweltauflagen unterliegen als PER. Um damit jedoch ebenfalls eine effektive Reinigungsperformance zu erreichen, werden bei Intense, Sensene und Higo hydrophile Komponenten eingebracht, die die Entfernung wasserlöslicher Schmutzarten von Textilien ermöglichen. Nachteilig ist dabei jedoch, dass in der Wasserphase viel Lösemittel (bzw. hydrophile Lösemittelkomponenten) enthalten sind.

Tabelle 1 zeigt die physikalischen Eigenschaften der derzeit auf dem Markt erhältlichen Lösemittel. Der in **Tabelle 1** angegebene KB-Wert beschreibt die Löslichkeit des Harzes eines in Neuseeland wachsenden Kauri-Baums in dem jeweiligen Lösemittel. Fälschlicherweise wird dieser Wert oft als Qualitätsmerkmal zur Leistung eines Lösemittels herangezogen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass dieser Wert nur geringe Aussagen über die tatsächliche Qualität eines Lösemittels zulässt.

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften derzeitiger Lösemittel

Merkmale	Dichte bei 25 °C in g/ml	Siedebereich/ Siedepunkt in °C	spez. Wärmekapazität bei Siedepunkt in kJ/kg*K	spez. Verdampfungsenthalpie in kJ/kg	Flammpunkt in °C	KB - Wert
Iso-Paraffine (KWL)	0,78	180 – 195	1,9 - 2,1	260 - 270	61 - 65	22 - 30
Perchloroethylen (PER)	1,62	121	0,9	209,8	keiner	90
Green Earth (D5)	0,95	210	k.A.	138,5	77	13
Solvon K4	0,84	180	k.A.	k.A.	62	75
Arcaclean	0,96	165	k.A.	k.A.	84	78
KTEX	0,8	160	k.A.	k.A.	61	75
Higo	0,79	184	k.A.	k.A.	62	45
Intense	0,79	180	k.A.	k.A.	64	73
Sensene	0,84	180	k.A.	k.A.	65	161
Wasser	1	100	4,21	2256,9	keiner	-

Tabelle 1 zeigt, dass die unterschiedlichen Lösemittel auch unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Insbesondere die verschiedenen Siedetemperaturen und Flammpunkte sind sicherheitstechnisch relevant und müssen zwingend immer auf das entsprechende Lösemittel angepasst werden.

MERKE: Bei Wechsel der Lösemittelart müssen immer auch Maschinenparameter wie Trocknungstemperaturen und Destillationsbedingungen durch Maschinenhersteller angepasst werden! Ansonsten besteht Brand/-Explosionsgefahr!



Lösemittel besitzen unterschiedliche Verdampfungseigenschaften und benötigen unterschiedlich viel Energie zur Trocknung der Ware. Der Energiebedarf der Reinigungsmaschine wird also stark durch die Auswahl des eingesetzten Lösemittels beeinflusst.

MERKE: Lösemittel unterliegen auch in Zukunft immer strenger werdenden gesetzlichen Auflagen und beeinflussen außerdem signifikant die Reinigungsleistung und den Energiebedarf!



3.2 Reinigungsverstärker

Zur effektiven Reinigung verschmutzter Ware müssen stärkere Flecken vorbehandelt (detachiert) werden, da sich wasserlösliche oder bleichbare Verschmutzungen, wie Schweiß, Blut, Curry oder Rotwein, in Lösemitteln nicht bzw. nur sehr schlecht entfernen lassen. Aus diesem Grund werden diese Flecken in der Regel vor der Reinigung mit entsprechenden Detachurmitteln vorbehandelt. Zudem werden Reinigungsverstärker mit in das Lösemittel eingebracht, um die Reinigungswirkung insbesondere dieser wasserlöslichen Anschmutzungen zu verbessern.

Aus umwelt- und arbeitsschutztechnischen Gründen erfolgt unmittelbar nach der Reinigung der Trocknungsprozess, um das Lösemittel vollständig aus der Ware zu entfernen. Somit ist es dem Bediener nicht möglich, lösemittelhaltige Ware vorzeitig zu entnehmen.

MERKE: Lösemittel entfernen wasserlösliche und bleichbare Flecken sehr schlecht! Diese Fleckarten müssen vor der Reinigung detachiert werden. Dabei auf Farbechtheit der Ware und geeignete Detachurverfahren und -chemikalien achten! Fachkenntnisse sind bei dieser Arbeit zwingend erforderlich!



3.3 Maschinenteknik

Abbildung 1 und **Abbildung 2** zeigen den prinzipiellen Aufbau derzeit auf dem Markt verfügbarer Maschinen. Die Vorderansicht zeigt die für die Bedienung wesentlichen Elemente. In der Rückansicht werden die für den Lösemittelkreislauf benötigten Bauteile aufgeführt.

Die Lösemittelaufbereitung hat starken Einfluss auf die Reinigungsqualität, die sich unter anderem anhand des Geruchs, der Sauberkeit der Ware und dem Leuchten der Farben bewerten lässt [2].

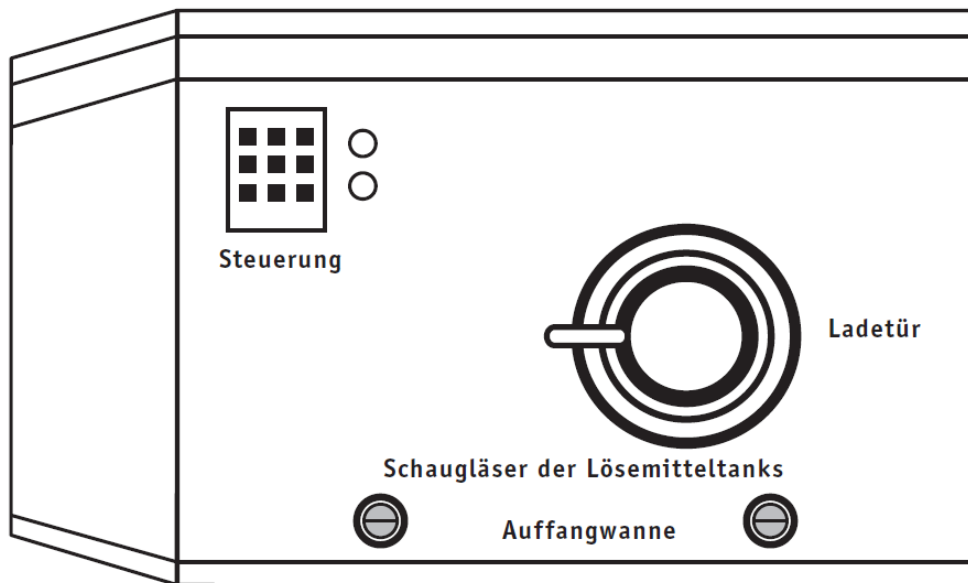


Abbildung 1: Vorderansicht Reinigungsmaschine [3]

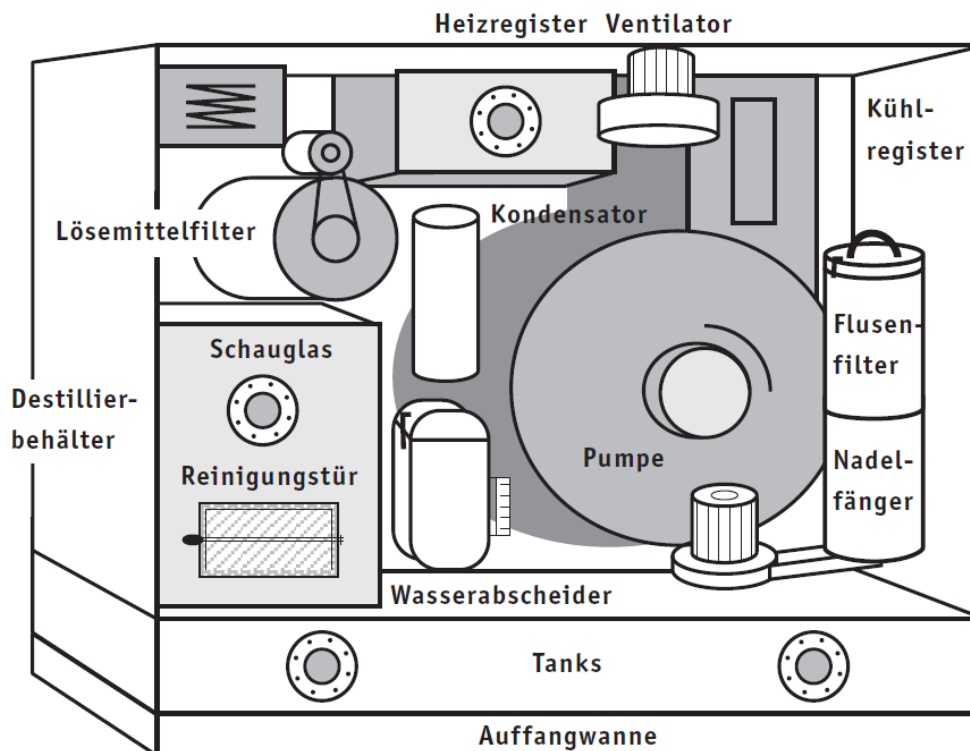


Abbildung 2: Wesentliche Komponenten einer Reinigungsmaschine / Rückansicht [3]

Schmutzeintrag der Ware und der eingesetzten Reinigungsverstärker verursachen Verunreinigungen des Lösemittels. Reinigungsverstärker enthalten Tenside, die wasserlösliche Verunreinigungen an sich binden und nicht durch Filtration des Lösemittels entfernt werden können.

Filtersysteme entfernen unlöslichen Grob- und Pigmentschmutz, wohingegen gelöste Schmutzbestandteile (vorwiegend durch Tenside dispergierter Schmutz) durch Destillation oder durch Aktivkohlefilter entfernt werden [4] [5].

Auf dem Markt werden Reinigungsmaschinen mit Destillation, mit Filtersystemen oder einer Kombination aus beidem angeboten, wobei sowohl die Investitionskosten als auch die Energiekosten bei einer Reinigungsmaschine mit Destillation höher sind als bei Maschinen ohne Destillation.

Bei der Destillation werden Lösemittel, Schmutzpartikel und Wasser sauber voneinander getrennt. Das Lösemittel wird bis zum Siedepunkt erhitzt und verdampft. Der Lösemitteldampf wird an einem Wärmetauscher abgekühlt und verflüssigt. Dieser Wärmetauscher wird durch Einsatz von kaltem Wasser auf einem niedrigen Temperaturniveau gehalten. Das reine Lösemittel fließt über einen Wasserabscheider in einen Tank (Reintank) und wird für nachfolgende Reinigungsprozesse wiederverwendet. Das sich im Wasserabscheider ansammelnde Wasser (Kontaktwasser) muss regelmäßig entfernt werden. Das Kontaktwasser lässt sich besonders gut vom Lösemittel trennen, wenn der Dichteunterschied zum Wasser groß und die Löslichkeit mit Wasser klein ist.

Fremdbestandteile bzw. Verunreinigungen aus dem Lösemittel verbleiben in der Destillationskammer. Dieser so genannte Destillationsrückstand bzw. Destillationsschlamm wird in geeigneten Behältern gesammelt und in regelmäßigen Abständen als Sondermüll entsorgt [4].

MERKE: Entsorgungskosten hängen stark von der Art des Lösemittels ab. Lösemittelverluste z.B. durch regelmäßiges und richtig durchgeführtes Reinigen der Destillationskammer vermeiden!



Für Maschinen mit Destillation haben Maschinenhersteller weitere Methoden zur Energieeinsparung entwickelt. Niveausensoren, die das Lösemittelniveau in der Trommel an die Warenmenge anpassen, verringern die zu destillierende Lösemittelmenge nach dem Reinigungsprozess.

Destillationslose Maschinen bieten die Vorteile von geringem Energieverbrauch, keinen Energiebedarf zum Beheizen der Destillation und geringeren Platzbedarf [6] [7] [8]. Die Lösemittelaufbereitung bei diesen Maschinen erfolgt durch Filtration des Lösemittels mit Entfernung von partikulärem Schmutz. Zur Entfernung gelöster Farbpigmente im Lösemittel wird das Lösemittel über Aktivkohlefilter geleitet, die allerdings regelmäßiger Kontrolle und Wartung bedürfen und somit wartungs- und pflegeintensiv für die Betreiber sind [9].

MERKE: Bei Maschinen ohne Destillation ist der Energieverbrauch geringer, jedoch der Pflege- und Instandhaltungsaufwand sowie die Vergrauung der Ware höher!



Reinigungsmaschinen besitzen neben dem Reintank noch mindestens einen Arbeitstank. Im Reintank befindet sich das aufbereitete, saubere Lösemittel. Der Arbeitstank enthält zurückgeführtes Lösemittel aus dem zweiten Bad (Spülbad) der vorherigen Charge, das für das erste Bad (Reinigungsbad) des nächsten Postens eingesetzt wird.

Prinzipiell unterscheidet man die Reinigung in zwei Verfahren; das 1-Bad- und das 2-Bad-Verfahren.

Beim 1-Bad-Verfahren wird die Trommel zur Reinigung mit Lösemittel aus dem Arbeitstank und dem Reintank befüllt. Während des Reinigungsprozesses wird das Lösemittel im sogenannten „Filterkreislauf“ über den Schleudfilter umgewälzt, um Schmutzpartikel sowie Flusen und Farbpigmente aus dem Lösemittel zu entfernen. Nach Prozessende wird das Lösemittel zurück in den Arbeitstank gepumpt. Unmittelbar danach erfolgt die Trocknung der Ware.

MERKE: **1-Bad-Verfahren sind für leicht verschmutzte Ware geeignet.**
1-Bad-Verfahren haben eine kurze Programmdauer.
Der Energiebedarf von 1-Bad-Reinigungsprogrammen mit Destillation ist nur geringfügig niedriger als der Energiebedarf von 2-Bad-Verfahren mit Destillation!



Im Vergleich dazu wird das Zweibad-Verfahren für stärker verschmutzte Ware eingesetzt.

Beispiel für ein mögliches 2-Bad-Verfahren bei Maschinen mit Destillation:

Erstes Bad (Reinigen, 6 min)

- ✓ Flottenverhältnis: 3 l/kg (niedriges Niveau)
- ✓ Lösemittel aus Arbeitstank (2. Bad aus vorheriger Charge)
- ✓ Reversierung (Drehen/Stillstand): 13 s / 4 s
- ✓ Zwischenschleudern 90 s bei 400 U/min (g-Faktor um 70)
- ✓ Ablass in Destillationsblase

Zweites Bad (Spülen, 18 min)

- ✓ Flottenverhältnis: 5 l/kg (hohes Niveau)
- ✓ Reversierung (Drehen/Stillstand): 13 s / 4 s
- ✓ Lösemittel aus Arbeitstank in Trommel, Auffüllen aus Reintank mit Dosierung von Reinigungsverstärker
- ✓ Ablass in Arbeitstank mit Endschleudern für 300 s bei 600 min^{-1} (g-Faktor 165)

Trocknung mit Abkühlung der Ware (ca. 35 - 40 min, abhängig von Warenart sowie Lösemittelart und -konzentration)

- ✓ Reversierung (Drehen Links/Stillstand/Drehen Rechts): 30 s / 2 s / 10 s
- ✓ Trommeleingangstemperatur lösemittelabhängig bis zu 75 °C

3.4 Energieeinsparung

Zur Energieeinsparung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten:

1. Organisatorische Möglichkeiten

- ⇒ Nach Möglichkeit muss darauf geachtet werden, dass die Maschine entsprechend der Nennbelastung betrieben wird. Nur dann ist wirtschaftliches Arbeiten überhaupt möglich. Es ist bekannt, dass Kundenwünsche einer möglichst schnellen Fertigstellung in der Praxis berücksichtigt werden müssen. Bei einer halb beladenen Reinigungsmaschine wird annähernd der gleiche Energiebedarf benötigt wie bei voller Beladung.
- ⇒ Zur Weiterverwendung des anfallenden Kühlwassers der Reinigungsmaschine sollten die Wasch- und Reinigungsprozesse aufeinander abgestimmt werden. Das bedeutet, dass nachfolgende Kühlwassernutzung, beispielsweise Waschprozesse, immer dann gestartet werden, wenn warmes Kühlwasser vorhanden ist (siehe auch **Kapitel 4.2.2** und **6.1**).
- ⇒ Eine regelmäßige Reinigung der Maschine (Flusenfilter, Nadelfänger, Schleuderfilter und Destillationsblase) steigert die Effizienz der Reinigungsmaschine. Trocknungsprozesse verkürzen sich aufgrund höheren Luftdurchsatzes und der Stromverbrauch von Pumpen

und Ventilatoren reduziert sich aufgrund geringeren Widerstands durch verschmutzte Filterelemente o.ä.

2. Technische Möglichkeiten

- ⇒ Optimierte Schleuderverfahren, entweder mit höherer Drehzahl, durch längeres Schleudern oder durch Intervallschleudern sorgen dafür, dass weniger Lösemittel bei der Trocknung aus der Ware entfernt werden muss [6].
- ⇒ Dämmen von heißen und kalten Bauteilen spart Energie und Kosten ein. Untersuchungen haben ergeben, dass die Wärmeverluste einer Reinigungsmaschine etwa 20 - 30 % der gesamten zugeführten Wärmeenergie entsprechen. Leicht zu dämmen sind:
 - Destillationsblase
 - Luftkanäle
 - Außentrommel
 - Rohrleitungen der Kältemaschine
 - Dampf- und Kondensatleitungen
- ⇒ Erwärmtes Kühlwasser aus der Reinigungsmaschine kann prozessübergreifend für andere Zwecke eingesetzt werden (siehe auch **Kapitel 3.2.2** und **5.1**).
- ⇒ Die Kühlwassertemperatur sollte an die Jahreszeit angepasst werden (d.h. im Sommer hat Kühlwasser höhere Temperatur als im Winter, siehe auch **Kapitel 6.1.1.1**)
- ⇒ Im Falle einer Neuanschaffung sollte man darauf achten, dass ...
 - nach Möglichkeit auf eine energieintensive Kühlung mit Wasser verzichtet wird. Eine Möglichkeit ist das Lösemittel selbst als Kühlmedium einzusetzen.
 - bei fehlender Möglichkeit einer Abwärmenutzung die Wärmeenergie der Textilreinigungsmaschine direkt an die Außenluft abgegeben werden kann. Dies kann durch geschlossene Kältemittelkreisläufe oder geschlossene Wasser-Glykol-Kreisläufe erfolgen.

MERKE: Energie nur dort einsetzen, wo diese benötigt wird. Energieverluste durch Wärmeleitung (z.B. Wärmeübertragung durch direkte Verbindung zwischen Heizregister und Luftkanal) und Wärmestrahlung (z.B. Wärmeabgabe an Aufstellraum durch heiße Oberflächen wie der Destillationsblase) vermeiden!



Darüber hinaus sind folgende Aspekte bei Neuanschaffung einer Reinigungsmaschine hinsichtlich des Energiebedarfs zu beachten:

- ⇒ **Maschine mit oder ohne Destillation**
Reinigungsmaschinen ohne Destillation benötigen deutlich weniger Energie als Reinigungsmaschinen, in denen das Lösemittel durch Destillation aufbereitet wird. Nachteil ist jedoch, dass die Lösemittelaufbereitung durch Einsatz spezieller Filtersysteme erfolgen muss. Das Einbringen und die in regelmäßigen Abständen auszutauschenden Filterpulver erfolgen meist manuell und erhöhen den Wartungsaufwand für den Betreiber. Da viele Betreiber unter enormen Zeit- und Kostendruck stehen, wird die regelmäßige Pflege der Filtersysteme im alltäglichen Betriebsablauf oftmals vernachlässigt. Bei Reinigungsmaschinen mit Destillation erfolgt die Lösemittelaufbereitung während des eigentlichen

Reinigungsprozesses. Das Säubern der Destillationsblase ist mit einem Zeitaufwand von ca. 10 min pro Woche wenig zeitaufwändig.

MERKE: Laufende Kosten für Filterstoffe und erhöhten Wartungsaufwand bei der Kaufentscheidung berücksichtigen! Bei Betrieben mit annähernd gleicher Reinigungs- und Waschleistung kann der energetische Mehraufwand für die Destillation durch Nutzung des erwärmten Kühlwassers weitgehend kompensiert werden.



⇒ **Badmaschinen oder Sprühreinigungsmaschinen**

Fleckentfernung und Vergrauung (aufgrund von Wiederanlagerung abgelösten Schmutzes) bestimmen die erzielbare Aufbereitungsqualität. Nach heutigem Stand der Maschinenteknik erzielen Badmaschinen eine höhere Schmutzentfernung als Maschinen, die mit Sprühreinigungsverfahren arbeiten. Der Einsatz von Sprühverfahren ist nur für die Aufbereitung sehr gering verschmutzter Ware geeignet, da die Schmutzentfernung deutlich geringer ist. Vorteile solcher Maschinen sind der geringe Platzbedarf, der deutlich geringere Energiebedarf im Vergleich zu Badmaschinen (ca. 50 - 70 %) und niedrigere Investitionskosten bei der Anschaffung.

MERKE: Aufbereitungsqualität muss VOR der Energieeinsparung stehen. Sprühreinigungsmaschinen sind für stark verschmutzte Ware ungeeignet. Als Zweitmaschine für leicht verschmutzte Ware (nicht verschmutzte Businessbekleidung) ist diese Maschinenart sinnvoll und wirtschaftlich einsetzbar.



⇒ **Maschinengröße/ Anzahl benötigter Reinigungsmaschinen**

Die Auswahl einer Reinigungsmaschine in der richtigen Größe (Beladungsmenge) ist für nahezu alle Betriebe eine der schwersten abzuschätzenden Entscheidungen und hat großen Einfluss auf die daraus entstehenden Energie- und Betriebskosten. Bei der Auswahl sind folgende Kriterien zu beachten:

- **Betriebsstruktur**
 - vorhandener Platz
 - verfügbare elektrische Anschlussleistung
 - vorhandene Dampfversorgung (Temperatur und Liefermenge)
 - vorhandene Druckluftversorgung (Druck und verfügbare Liefermenge)
- **Zukünftige Betriebsentwicklung**
 - Umsatzprognosen für die nächsten Jahre
 - Spezialisierung auf bestimmte Warengruppen
 - Privat- oder Großkundengeschäft
- **Finanzielle Leistungsfähigkeit**
 - Kauf oder Leasing der Maschine
 - Neu- oder Gebrauchtmaschine
 - Maschinengröße und Anzahl der Reinigungsmaschinen (Kaufe ich eine große oder mehrere kleinere Maschinen?)

- **Definition der Warenart, -menge und Kundenanforderungen**
 - Expresskundengeschäft, flexibel und schnell
 - klassischer Betrieb mit längeren Warenumschlagszeiten
 - Eigene Mietwäsche mit maximaler Freiheit in der Textilbehandlung

MERKE: **Maschinengröße an die am häufigsten vorkommende Postengröße anpassen. Größere Posten besser aufteilen, anstatt eine zu große Maschine regelmäßig unterbeladen betreiben! Bei Betrieben mit mehreren Reinigungsmaschinen unterschiedliche Maschinengrößen anschaffen.**



Am Markt erhältliche, sehr große Reinigungsmaschinen (über 100 kg) haben sehr hohe Energieverluste und sind deshalb unwirtschaftlicher als mehrere kleinere Reinigungsmaschinen.

⇒ **Beheizungsart der Reinigungsmaschine**

Die Auswahl der Beheizungsart einer Reinigungsmaschine wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- Vorhandene elektrische Anschlussleistung des Betriebes
- Auslastung des vorhandenen Dampfkessels
- Zuverlässigkeit der Dampfversorgung
- Kosten für elektrische Energie im Vergleich zu Kosten für anderen Energieträgern wie Erdgas oder Heizöl

MERKE: **Prüfen Sie Ihre Energieverträge! Prüfen Sie, wie stark der Dampfkessel ausgelastet ist (siehe Kapitel 5.1.1)! Beachten Sie die Verluste des Dampfsystems (z.B. Abgase), die bei elektrischer Betriebsart nicht entstehen.**



Prüfen Sie die maximal mögliche elektrische Anschlussleistung Ihrer Betriebsstätte! Elektrisch beheizte Reinigungsmaschinen haben meist eine etwas längere Programmlaufzeit als vergleichbare dampfbeheizte Maschinen. Deshalb sollten Sie bei Neuanschaffung einer Reinigungsmaschine überlegen, welche Beheizungsart am besten für ihren Betrieb geeignet ist.

Je kürzer die Gesamtprozessdauer (Reinigen, Trocknen und Prozessluftaufbereitung) ist, umso mehr Posten können pro Tag behandelt werden und umso größer ist der Warenumsatz Ihres Betriebs.

In Kapitel 8.4 sind für die spezifischen Verbräuche von Textilreinigungsmaschinen Zielwerte definiert, die mit dem aktuellen Stand der Maschinen auch in der Praxis erreichbar sind.

⇒ **Wärmeabfuhr über Kühlturm oder Nutzung der Abwärme in der Betriebsstätte (siehe auch Kapitel 6.1.1 und 7.1)**

Folgende Aspekte sollten bei einer Abwärmenutzung der Reinigungsmaschine überprüft und deren Sinnhaftigkeit eingeschätzt werden:

- Kühlwassermenge und Kühlwassertemperatur für Wetclean- oder Waschverfahren einstellen
- Wasserbedarf der Wetclean- und Waschverfahren
- Verhältnis der täglich anfallenden Kühlwassermenge zum täglichen Frischwasserbedarf der Waschprozesse
- Abwägung (und Prüfung durch Messung):

- ☹ Mehrkosten für geringere Effizienz der Kältemaschine bei höherer Kühlwassertemperatur (höhere Energiekosten)
 - ☺ im Vergleich zur Einsparung von Energiekosten für Pumpe und Ventilator bei Wegfall eines Kühlturms
- Einstellung der Kühlwassertemperatur und der Kühlwassermenge durch das Kühlwasserregulierventil
 - (Neue) Dimensionierung eines oder mehrerer Tanks für die Pufferung erwärmten Kühlwassers für den Betrieb ohne Kühlturm: Wieviel Kühlwasser benötigt die Textilreinigungsmaschine in Zeiten, in denen nicht gewaschen wird?
 - Bei fehlender Möglichkeit zur Nutzung von Kühlwasser prüfen, ob eine direkte Wärmeabfuhr über Kältemittel möglich ist. So wird der Strom für eine Kühlwasserpumpe eingespart und im Jahresmittel über Außenluftkühlung eine gute Leistungszahl der Kältemaschine erreicht.

MERKE: Kühltürme mit offener Verrieselung verursachen direkt (Strom für Pumpen, Ventilator, Steuerung, Nachspeisewasser) und indirekt (Chemikalien für die Kühlwasserqualität, Legionellenvorsorge) hohe Kosten.



Der elektrische Energieverbrauch für Kühlturmanlagen kann in der Praxis pro Reinigungsmaschine bis zu 6.000 kWh pro Jahr betragen.

Die Vermeidung von offenen Kühltürmen hat deshalb oberste Priorität. Legionellen und andere Keime können zu erheblichen Kosten und bei Personenschäden zu erheblichen juristischen Konsequenzen führen. Es ist deshalb auf die Einhaltung folgender Normen zu achten:

- 42. BImSchV zu Legionellen in Verdunstungskühlanlagen (Stand 2017)
- VDI 2047 „Hygiene bei Rückkühlwerken“ Blatt 2 (Verdunstungskühlanlagen)

Das erwärmte Wasser kann für alle Waschprozesse, aber (aufbereitet) auch als Speisewasser eingesetzt werden.

Prüfen Sie, ob die Abwärme aus der Textilreinigungsmaschine auch für die Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung eingesetzt werden kann. Trinkwasser ist ein Lebensmittel, nutzen Sie deshalb immer Sicherheitswärmetauscher, wenn Sie Abwärme aus einem lösemittelhaltigen Prozess als Wärmequelle für Trinkwarmwasserbereiter nutzen.

3.5 Tipps und Hinweise zu Lösemitteln

Die Entscheidung für oder gegen ein Lösemittel ist warenartabhängig. Deshalb sollte man die Empfehlungen, Hinweise und Bewertungen von anderen Textilreinigungsbetrieben aufgrund des unterschiedlichen Warensortiments kritisch betrachten.

Ein Lösemittelwechsel sollte aus heutiger Sicht (2017) nur bei Notwendigkeit (strengere behördliche Vorgaben oder unwirtschaftlicher Umgang mit dem derzeit eingesetzten Lösemittel) oder bei verändertem Warensortiment bzw. bei unbefriedigendem Reinigungsergebnis in Betracht gezogen werden. Um eine möglichst unparteiische Aussage zu einem Lösemittel zu erhalten, bieten die Reinigungsmaschinenhersteller in der Regel an, Vorversuche mit eigenem Warensortiment mit den verschiedenen Lösemitteln durchzuführen. Ansonsten ist jedoch mit der derzeit existierenden Reinigungsmaschinenteknologie die bestimmungsgemäße Handhabung mit allen Lösemitteln prinzipiell als unkritisch anzusehen.

Dennoch unterliegen Lösemittel einer Vielzahl unterschiedlicher Gefährdungseinstufungen, die beachtet werden müssen. Diese lassen sich unter anderem in folgende Kriterien einstufen:

- Wassergefährdungspotenzial
- Biologische Abbaubarkeit (Bioakkumulation)
- Beständigkeit / Stabilität des Lösemittels (Langlebigkeit)

Tabelle 2 zeigt die Einstufungen der einzelnen Lösemittel auf die Gefährdungseinstufungen.

Tabelle 2: Gefährdungspotentiale unterschiedlicher Lösemittel [10]

	PER	KWL	D5	Solvon K4	Arcaclean	KTEX	Higlo	Intense	SENSENE™
	  		-	-	-	 			
Langlebigkeit	Hoch	Mittel	Hoch	Mittel	-	-	Mittel	Mittel	Mittel
Bioakkumulation	Gering	Mittel	Hoch	Gering	-	-	Mittel	Mittel	Mittel
Wassergefährdungspotenzial	Mittel	Gering	Hoch	Mittel	-	-	Gering	Gering	Gering

3.6 Wetclean

3.6.1 Grundlagen

„Wetclean“ oder auf Deutsch „Nassreinigung“ kommt da zum Einsatz, wo übliche Waschverfahren ungeeignet sind. Dies ist dann der Fall, wenn die Ware aus empfindlichen Faserarten und kompliziert aufgebauten Gewebekonstruktionen besteht. Herkömmliches Waschen schädigt diese Textilien durch Schrumpfung, Pilling, Farbverluste etc. bereits nach einem Waschgang. Mit der derzeit angewandten Reinigung in Lösemitteln lassen sich häufig nur unbefriedigende Reinigungsergebnisse und erhöhte Vergrauung erzielen.

Bei der „Nassreinigung“ wird Oberbekleidung mit speziell abgestimmter geringer Waschmechanik und angepasster Waschchemie behandelt und anschließend professionell gefinisht. Folge ist deutlich verbesserte Schmutz- und Geruchentfernung, wie **Tabelle 3** zeigt.

Tabelle 3: Schmutzentfernung in Lösemittel und Wasser [11]

Schmutz	%	Entfernung in Lösemittel	Entfernung in Wasser
Pigmente/Staub	50	mäßig	gut
Zucker/Salz/Schweiß	30	nicht	sehr gut
Eiweiß/Stärke	10	nicht	gut
Öle/Fette	10	sehr gut	gut
Geruchsbildner		gering	gut

Bis auf öl- und fetthaltige Anschmutzungen lassen sich alle Schmutzarten deutlich besser in Wasser entfernen. Weitere Vorteile der Wasseranwendung sind:

- ⇒ Wasser ist nicht brennbar
- ⇒ Wasser bewirkt keine Gesundheitsrisiken für den Bediener und führt zu keinen bakteriellen Problemen

⇒ Wasser wird nicht verboten oder begrenzt auf Grund gesetzlicher Regelungen (der Verbrauch sollte dennoch so weit wie möglich reduziert werden)

Die Pflegekennzeichnung in der Ware gibt an, ob ein Textil für Wetcleanverfahren geeignet ist oder nicht geeignet ist.

Abbildung 3 zeigt die derzeit gültigen Pflegekennzeichen für Wetcleanverfahren.

Symbol	Nassreinigungsprozess
	— professionelle Nassreinigung — normaler Prozess
	— professionelle Nassreinigung — schonender Prozess
	— professionelle Nassreinigung — sehr schonender Prozess
	— keine professionelle Nassreinigung

Abbildung 3: Pflegekennzeichnung Wetclean [11]

Weitere Informationen zur Pflegekennzeichnung findet man in der DIN EN ISO 3758:2013-12 (gültige Norm aus 2017).

Zur Durchführung von Wetcleanverfahren benötigt man speziell angepasste Waschbedingungen, die nahezu keine Reibung zwischen den Textilien und/oder Trommel erzeugen. Diese Bedingungen lassen sich nur auf frei programmierbaren Waschmaschinen erzielen, die zudem noch über eine exakte Temperatursteuerung verfügen. Intensive Fallbewegungen der Textilien und ungehinderte Textilbewegung müssen vermieden werden. Um bei der äußerst niedrigen Waschmechanik dennoch zufriedenstellende Schmutzentfernung zu erzielen, muss angepasste Waschchemie eingesetzt werden. Dazu wird ein Waschmittel-Baukastensystem verwendet, bei dem Flüssigwaschmittel (ohne Bleiche), Waschkraftverstärker (auch als Vordetachurmittel einsetzbar) und ein Ausrüstmittel (Weichspüler oder Imprägniermittel) eingesetzt wird. Zur hygienischen Aufbereitung wetcleanfähiger Ware, speziell für Ware aus Senioren- und Pflegeheimen, die empfindlich gegenüber hohen Temperaturen ist, gibt es Niedrigtemperaturdesinfektionsmittel. Diese ermöglichen eine Desinfektion bei Flottentemperaturen von 40 °C innerhalb von 20 min.

Da in der Praxis viele Kunden das Pflegeetikett aus dem Kleidungsstück ausschneiden, muss der Textilreiniger aufgrund seiner Fachkenntnis selbst entscheiden, ob ein Teil nassgereinigt werden darf oder nicht.

MERKE: Um Schadensersatzansprüche oder Diskussionen mit dem Kunden aufgrund defekter Ware zu vermeiden: Ware, bei denen eine Nassreinigung fraglich ist, nur nach vorheriger Absprache auf Kundenrisiko behandeln. Kunden dafür sensibilisieren, dass das Abtrennen von Pflegeetiketten zu Problemen führen kann.



Praxiserfahrungen zeigen, dass bei folgender Ware auf Nassreinigung unbedingt verzichtet werden sollte:

- ⇒ Minderwertige Ware
- ⇒ Bereits verschlissene Ware mit starkem Pilling
- ⇒ Verschiedene Materialkombinationen, insbesondere bei bereits teilweise vorhandenen gekräuselten Nähten
- ⇒ Front-fixierte Teile, wenn bereits geringe Bolder (Auswölbungen, Beulen) vorliegen
- ⇒ Ware mit Plissee
- ⇒ Ware mit rauer Oberfläche und/oder starrer Bindung, da diese Ware eher zur Welligkeit neigt

3.6.2 Kontrollblatt zur Überprüfung eingestellter Wasch- und Wetclean-Bedingungen

Zur Überprüfung der eingestellten Wasch- und Wetclean-Bedingungen und zur Selbstkontrolle befindet sich im **Anhang 1** ein Prüfblatt, in dem die einzelnen Waschparameter dargestellt und für eine spätere Kontrolle abgelegt werden können.

Beispielhaft ist in **Tabelle 4** ein Waschprogramm für Hemden dargestellt und soll Ihnen als Anleitung zum Erfassen Ihrer Nassreinigungs- und Waschprogramme dienen.

Tabelle 4: Beispiel eines Waschprogrammaufbaus

Wäscheart	Hemden			
Maschinenhersteller / Typ	[Hersteller / Typ]			
Trommelvolumen	300	l	Beladungsmenge	12 kg
Füllverhältnis	25 (300 : 12)		l/kg	
Arbeitsschritt	Klarwäsche			
Wasserart	Weichwasser (s. Besonderheiten)			
Flottenverhältnis	5		l/kg	
Reversierrhythmus	13 / 3			
g-Faktor	0,6			
Flottentemperatur	30		°C	
Dauer	12		min	
Waschmitteldosierung	Produkt A	Colorwaschmittel A 3 ml/l		
	Produkt B	--		
	Produkt C	--		
Sonstiges / Besonderheiten	z.B. Kühlwasser der TRM bzw. Spülwasser aus letztem Spülgang			
Arbeitsschritt	1. Spülen			
Wasserart	Enthärtetes Trinkwasser			
Flottenverhältnis	6		l/kg	
Reversierrhythmus	13 / 3			
g-Faktor	0,6			
Flottentemperatur	Kalt (bzw. max. 30 °C bei Abwärmenutzung)		°C	
Dauer	3		min	
Waschmitteldosierung	Produkt A	--		
	Produkt B	--		
	Produkt C	--		
Sonstiges / Besonderheiten	Ablass in Rückgewinnungstank mit Zwischenschleudern (90 g, 1min)			
Arbeitsschritt	2. Spülen			
Wasserart	Enthärtetes Trinkwasser			
Flottenverhältnis	6		l/kg	
Reversierrhythmus	13 / 3			
g-Faktor	0,6			
Flottentemperatur	Kalt (bzw. max. 30 °C bei Abwärmenutzung)		°C	
Dauer	3		min	
Waschmitteldosierung	Produkt A	--		
	Produkt B	Weichspüler B mit Frischeduft 1 ml/l		
	Produkt C	--		
Sonstiges / Besonderheiten	Ablass in Kanal			

Arbeitsschritt	Endschleudern		
Wasserart	---		
Flottenverhältnis	---		l/kg
Reversierhythmus	---		
g- Faktor	300		
Flottentemperatur	---		°C
Dauer	4		min
Waschmitteldosierung	Produkt A	--	
	Produkt B	--	
	Produkt C	--	
Sonstiges / Besonderheiten	Ablass in Kanal		

3.6.3 Optimierung von Wetclean-Prozessen

In Wetclean-Prozessen werden zur effektiven Fleckentfernung geringe Waschmechanik und niedrige Flottentemperatur durch optimierte Waschchemikalien und angepasste Waschdauer kompensiert. Zur wirtschaftlichen Durchführung von Wetcleanverfahren stehen folgende Maßnahmen zu Verfügung:

⇒ Optimierung bestehender Wetcleanprozesse

- In Wasch- und Wetcleanverfahren sind keine 3 Spülbäder erforderlich (2 Spülbäder sind in der Regel ausreichend)
- Im Wetcleanverfahren dürfen sich die Textilien nicht frei in der Waschflotte bewegen. Es wurde dennoch in den Betrieben ermittelt, dass oftmals die Flottenverhältnisse deutlich zu hoch (d.h. zu viel Wasser in der Trommel) waren. Das maximale Flottenverhältnis sollte 5 l/kg nicht überschreiten.
- In klassischen Wetcleanprozessen darf die Flottentemperatur 30 °C nicht überschreiten (in Ausnahmefällen 40 °C, sofern das Textil dazu geeignet ist)
- Die Waschmitteldosierung in Wetcleanprozessen ist speziell auf das schonende Waschen eingestellt. Das Waschmittel muss über Dosierpumpen beladungsmengenabhängig eingebracht werden.
- Bei Verwendung von Kühlwasser für Wasch- und Nassreinigungsprozesse soll darauf geachtet werden, dass Kühlwasser nicht lange zwischengespeichert werden muss. Dazu sind Reinigungs- und Wasch-/Wetcleanprozesse zeitlich aufeinander abzustimmen. Bei dem sehr häufig eingesetzten 2-Bad-Verfahren ist davon auszugehen, dass es energetisch am sinnvollsten ist, das Waschprogramm etwa 30 Minuten nach Start der Reinigungsmaschine zu beginnen.
- Schleudern/Entwässern (weit verbreitete Meinung: „Schleudern macht die Wäsche kaputt“)

Gleich vorweg: Nein, Schleudern macht die Wäsche nicht kaputt!

Beim Schleudern werden die Textilien durch das Drehen der Trommel an die Trommelwand gedrückt. Je höher die eingestellte Drehzahl (g-Faktor) beim Endschleudern ist, desto höher kann der Finishaufwand werden, da sich die Trommellochung in die Ware eindrückt (siehe **Abbildung 4**). Dem entgegen steht eine geringere Restfeuchtigkeit der Textilien, die anschließend durch geringeren Wärmebedarf effizient getrocknet werden können.

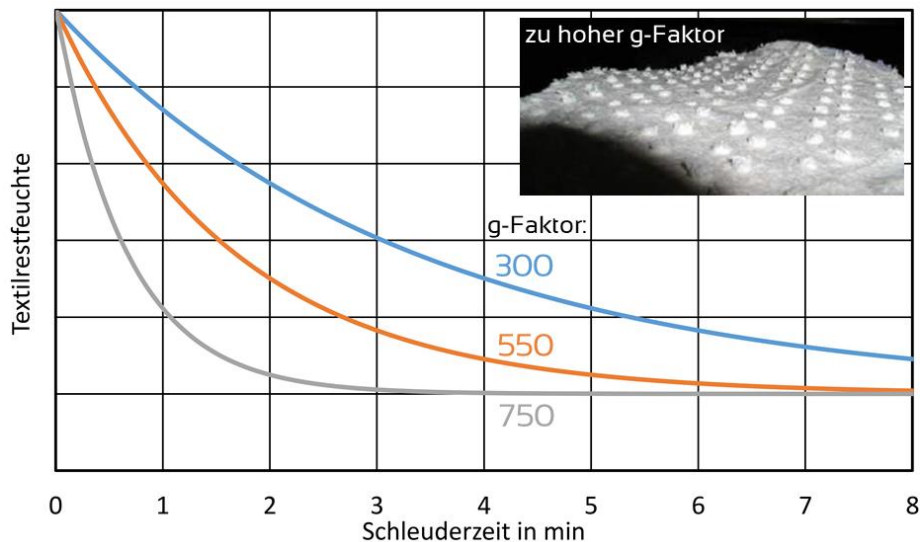


Abbildung 4: Einfluss von g-Faktor und Schleuderzeit auf die Textilrestfeuchte [12]

Ausnahme bilden Membran- oder Funktionstextilien, die gewaschen und nassgereinigt werden können. Die in das Textil eingebrachten Membranen bilden eine Nässesperre, die bei zu intensivem Schleudern zerstört werden könnten. Deshalb wird für diese Textilien empfohlen optimierte Schleuderverfahren (angepasste Drehzahlbedingungen) zu verwenden. Manche Hersteller von Funktionsbekleidung raten prinzipiell vom Schleudern ab.

⇒ Verwendung von warmem Kühlwasser der Chemisch-Reinigungsmaschine
 Die bei der Destillation und bei der Trocknung entstehende Abwärme in der Reinigungsmaschine wird an das Kühlwasser abgegeben. Dieses erwärmte Kühlwasser kann bei Weiterverwendung in Wasch- und Nassreinigungsprozessen Energie zur Wassererwärmung einsparen (weitere Informationen in den **Kapiteln 4.2.2, 6.1 und 7.1**).

⇒ Abwasserrückgewinnung aus Spülbädern für folgende Klarwäsche
 Wie in **Kapitel 4.2.2** dargestellt, kann gering verschmutztes Wasser aus Spülbädern in Wetclean- und Waschverfahren für Vor- und Klarwäsche wiederverwendet werden. Viele Hersteller bieten hierzu bereits fertige und platzsparende Lösungen an.

3.7 Finish- und Bügeltechnik und deren Optimierung

3.7.1 Grundlagen

Während zum Finishen unterschiedliche Geräte eingesetzt werden, ist das Bügeln eine zeit- und personalintensive Tätigkeit mit teilweise beachtlichen energetischen Verlusten. Um die zu glättenden Textilien in Form zu bringen wird in der Regel Dampf eingesetzt, der von einem Dampferzeuger bereitgestellt wird. Spezielle Tischvarianten können auch Dampf im Bügeltisch selbst einbringen, um große Teile durch Dampfzugabe in Form ziehen zu können. Dies ist insbesondere bei gegenüber Kontaktwärme empfindlichen Textilien sehr hilfreich, um eine schnelle Glättung auch bei großen Flächen (z.B. Gardinen o.ä.) zu ermöglichen.

MERKE: Bügelstationen sind sehr langlebig. Wichtiges wirtschaftliches und ergonomisches Kriterium bei der Auswahl eines Bügeleisens ist das Gewicht, das an die Bedienperson angepasst werden sollte!



Das Entfernen von Wasser aus Ware – egal ob in herkömmlichen Trommeltrocknern, Finishern oder Dämpfpuppen – benötigt Energie in Form von Heißluft. Die Erzeugung und der Transport dieser Heißluft erfordern enorm hohe Energiemengen. Deshalb werden in den folgenden Kapiteln Energieeinsparmöglichkeiten vorgestellt, die sich leicht umsetzen lassen und spürbare Energiereduzierung zur Folge haben.

3.7.2 Energieeinsparung beim Bügeln

Im professionellen Bereich erfolgt das Glätten mit dem Dampfbügeleisen auf Bügeltischen mit Absaugung. Um die Bügelfläche trocken zu halten, wird bei herkömmlichen Tischen, auch mit Dampfbeheizung, zusätzlich elektrisch nachgeheizt. Moderne Tische sind isoliert. Sie verzichten auf die Beheizung der Unterlage durch großflächige Absaugung des durch die Trocknung entstehenden Wasserdampfes (sog. Kaltbügeltechnik). Um die Feuchtigkeit abzuführen, ist eine aktive Absaugung (Absauganlage) notwendig.

Die Bewertung der Bügeltischeinheit ist in der Praxis komplex. Neben dem Einfluss der Bügeltechnik spielt auch die von der zu bearbeitenden Warenart abhängige Geräteeinstellung und vor allem die individuelle Bearbeitungsweise eine Rolle.

Tabelle 5 zeigt Komponenten eines Bügeltisches mit dem jeweiligen Bedarf an elektrischer Energie.

Tabelle 5: Richtwerte des Energiebedarfs von Bügeltischen

Verbraucher	Energiebedarf pro Stunde Betrieb	Energiebedarf pro Stunde Stand-By	Anmerkungen
Arbeitsleuchte T16 Leuchtstoffröhre 1,5 m	45 Wh	0 Wh	
Arbeitsleuchte LED- Nachrüströhre 1,5 m	20 Wh	0 Wh	
Gebälse am Bügeltisch (Saugen oder Blasen)	400 Wh	0 Wh	Einzelplatzabsaugung mit Gebälseabschaltung
Bügeleisen	150 – 400 Wh	0 – 15 Wh	modellabhängig, Stand-by- Verbrauch teils in Regelung enthalten
Regelung & sonstige Verbraucher des Bügeltisches	1 - 10 Wh	1- 10 Wh	modellabhängig

Der mittlere, reale Energieverbrauch des Bügeleisens ist von den Benutzungsbedingungen (Temperatur, Auslastung, Dampfeinsatz) abhängig.

Grundsätzlich gilt: Je mehr Feuchte verdampft werden muss, umso höher ist der Energiebedarf.



Praxisverbrauchswerte (aus Messungen in Betrieben) liegen bei 170 Wh bis ca. 380 Wh pro Stunde. Für jeden morgendlichen Aufheizvorgang des kalten Bügeleisens müssen nochmals rund 40 bis 80 Wh hinzugerechnet werden.

Bei Zentralluftanlagen ist eine Aussage zum Energiebedarf pro Tisch nur im konkreten Einzelfall möglich. In vielen Fällen sind die Anlagen energetisch unzureichend, weil die Gebläse über den gesamten Arbeitstag betrieben werden, aber die Absaugung nicht genutzt wird. Außerdem wird in vielen Fällen im Stand-By-Betrieb durch diese Gebläse warme Raumluft aus dem Raum abgesaugt und kalte Luft strömt in den Raum nach. In der Heizperiode erhöht das den Heizwärmebedarf.

Die Optimierungspotenziale für das Bügeln lassen sich unterscheiden in organisatorische und technische Verbesserungen:

Organisatorische Maßnahmen

- (Automatisches) Abschalten der Dampf- und Stromversorgung bei Nichtbenutzung
- (automatisches, um 5 - 10 min verzögertes) Abschalten des Absauggebläses bei Nichtbenutzung
- Bündeln der Arbeitszeit am Bügeltisch in Blöcke, um Standby-Zeiten zu reduzieren (siehe **Abbildung 6**)
- Anpassung der Temperatur des Bügeleisens auf das minimale, notwendige Temperaturniveau je Textilart und Warendicke
- Laufzeitoptimierung (des elektrischen Heizelements) durch Abschalten in Pausen, ggfs. den Betrieb des Bügeleisens mit Fußschalter koppeln; Zeitverzögerung der Abschaltautomatik einbauen, damit bei nur kurzer Abwesenheit/Arbeitsunterbrechungen lange Aufheizzeiten vermieden werden.

Technische Verbesserungsmaßnahmen

- Nachrüsten von Kondensatabscheidern für trockenen Dampf zur Vermeidung von Wasserflecken, „Spucken“ des Bügeleisens.
- Dämmen von Dampfleitungen und Dampfanschlusschläuchen (neben energetischen Vorteilen auch Erfüllung der arbeitssicherheitstechnischen Vorgaben; siehe **Abbildung 5**)
- Ablage der Bügeleisen bei Nichtbenutzung in einem Dämmschuh aus temperaturfestem Material
- Nachrüstung mit LED-Leuchte bzw. LED-Leuchtmittel für die Arbeitsplatzleuchte am Bügeltisch
- Kopplung des Betriebs der Bügeltische mit der zentralen Abluftabsaugung zur Vermeidung von Dauerbetrieb des Gebläses ohne Nutzung.

Ob sich eine Umstellung auf effiziente LED-Leuchtmittel am Bügeltisch lohnt, ist abhängig von der Nutzungszeit des Bügeltisches. Bei derzeitigen Energiekosten kann davon ausgegangen werden, dass sich bei einem Betrieb mit einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden am Bügeltisch die Umstellung bereits nach einem Jahr amortisiert. Positiver Nebeneffekt einer Umstellung auf LED-Leuchtmittel ist die Reduzierung der unnötigen Aufwärmung der Umgebungsluft.

In Bügeltischen befinden sich elektronische Bauteile, die je nach Alter, alle Verbraucher des Tisches bei Nichtbenutzung abschalten. Ältere Tische verfügen nicht über solche Schaltungen, weshalb bei diesen darauf geachtet werden sollte, dass die Bügeltische bei Nichtbenutzung manuell abgeschaltet werden. Beim Neukauf sollte darauf geachtet werden, dass eine stetig regelnde Leistungselektronik vorhanden ist.

MERKE: Arbeitsplatzleuchten mit LED-Leuchtmitteln ausrüsten! Gebläse nur bei Betrieb laufen lassen, egal ob Zentralluft- oder Einzeltischabsaugung. Besser zu bügelnde Textilien sammeln und alle hintereinander bügeln anstatt mehrfach Einzelstücke zu bügeln. Betriebszeit auf ein Minimum beschränken.



Bei größeren Betrieben nur einen Bügeltisch als dauerbetriebenen „Notfallbügeltisch“ einsetzen!

Dampfleitungen und flexible Dampfanschlussleitung zum Bügeleisen dämmen!

Absperrschieber für Dampfleitungen nachrüsten.

Bei Kopplung des Betriebs des Bügeltisches mit dem Öffnen und Schließen des Dampfabsperrventils und dem Betrieb des Absauggebläses mit Hilfe einer elektronischen Steuerung kann kein Mitarbeiter das Schließen des Dampfstrangabsperrventils vergessen.

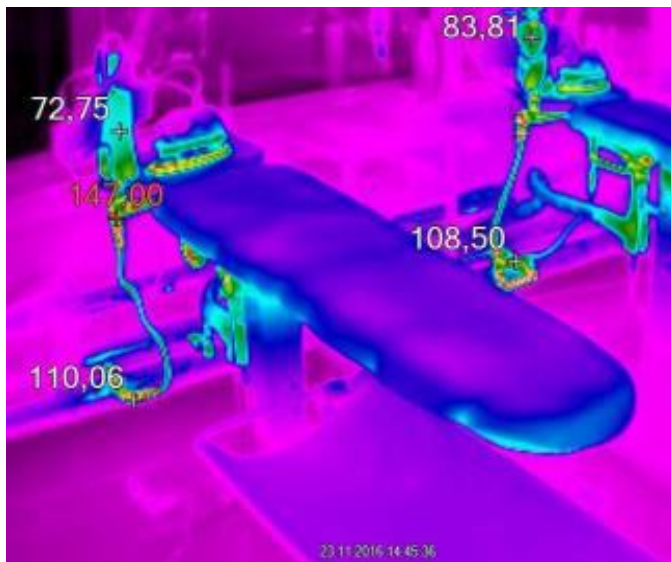


Abbildung 5: Wärmebild eines Bügeltisches im Standby-Betrieb

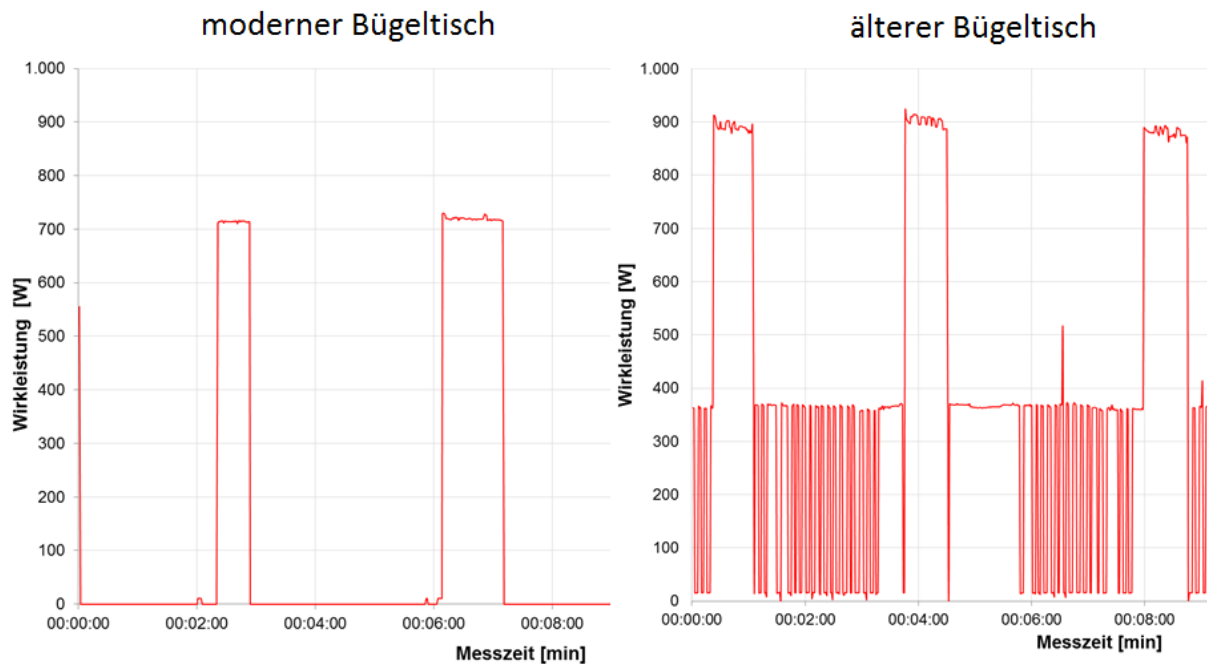


Abbildung 6: Vergleich der elektrischen Leistungsaufnahme von modernem Bügeltisch mit vollständiger Abschaltung und älterem Bügeltisch ohne Leistungsregulierung im Standby-Betrieb

Es wird deutlich, dass ein moderner Bügeltisch mit intelligenter Abschaltung deutlich weniger Energie benötigt als ein älterer Bügeltisch ohne diese Funktion. Im linken Bild benötigt der Bügeltisch nur dann Strom, wenn der Tisch benutzt wird. Im rechten Bild wird auch während der Stillstandszeiten elektrischer Strom verbraucht.

MERKE: Kaltbügeltische (d.h. nicht beheizter Tisch, statt dessen Absaugung) einsetzen!



3.7.3 Energieeinsparmöglichkeiten beim Pressen

Wie bei allen Prozessen, die Energie einsetzen, steigt die Effizienz, wenn mit der aufgewendeten Wärme (Dampf oder Strom) möglichst viel Wäsche bearbeitet wird. Aufheizverluste zum Aufheizen der Maschine auf Betriebstemperatur und Verluste beim Abkühlen nach dem Abschalten sind unvermeidlich und von der aufgeheizten Masse abhängig.

Folgende Aspekte zur Energieeinsparung beim Pressen sollten beachtet werden:

⇒ Organisatorische Maßnahmen

- Vermeiden des Standby-Betriebs; wenn die Pressen nicht genutzt werden, sollte die Dampf- und Druckluftzufuhr abgestellt werden.
- Die Presse nur einen bestimmten Zeitraum betreiben und bei ausreichender Temperierung voll auslasten. Das wird erleichtert, wenn sich die Textilien auf einem Wäscheständer oder Ähnlichem in greifbarer Nähe befinden und auf einem zweiten Wäscheständer (oder in einen Wäschewagen) abgelegt werden können.

⇒ Technische Maßnahmen

- Bei Neukauf
 - Auf geringes Gewicht der heißen Platten achten.
- Wärmeabstrahlende Flächen (Rück- und Unterseiten) sollten gedämmt sein.
- Dampf- und Kondensatleitungen dämmen; Dampfschläuche können mit wärmebeständigen, aber flexiblen Dämmschläuchen gedämmt werden und schützen gleichzeitig Mitarbeiter vor dem Verbrennen an den heißen Bauteilen.

Bei Hemdenpressen mit wärmeabstrahlenden Pressplatten werden zur Energieeinsparung Kabinen oder zeltartige Einhausungen, vor allem bei Doppelrumpfkonstruktionen, von den Herstellern angeboten. Analog zu Finishern kann die warme Luft aufgefangen und direkt wiederverwendet werden oder kann über einen Wärmetauscher die Zuluft vorwärmen, wozu bei modernen Finishern bereits werkseitig Systeme vorhanden sind.

3.7.4 Energieeinsparmöglichkeiten beim Finishen

Entscheidend für den Energiebedarf bei Finishern ist die eingesetzte Dampfmenge, die zur Sprühdampfapplikation und – je nach Finisher – zur Erzeugung der zur Trocknung erforderlichen Heißluft eingesetzt wird. In der Praxis werden Dämpfdauer und Heißluftdauer oft einmal eingestellt und nur in seltenen Fällen der behandelten Warenart (Dicke, Anzahl der Lagen, Restfeuchte etc.) angepasst. Dabei wird warenartabhängiges Einsparpotenzial nicht genutzt.

MERKE: Knitter können effektiv nur durch Erhitzen feuchter Fasern entfernt werden. In der Praxis wird dazu Sprühdampf und Heißluft eingesetzt. Generell kann bei feuchten Textilien auf Sprühdampf nahezu vollständig verzichtet werden, ohne Qualitätseinbußen befürchten zu müssen. Bei trockener Ware nach dem Reinigungsprozess ist der Einsatz von Sprühdampf zwingend erforderlich. Effektive Knitterentfernung ist nur bei Vorhandensein von Feuchtigkeit und Hitze (also Dampf) möglich.



3.7.4.1 Hemdenfinisher

Abbildung 7 zeigt den spezifischen Dampfenergiebedarf für einen Hemdenfinisher pro Teil in Abhängigkeit von der Dämpfdauer bei 3 bar und 6 bar bei Hemden.

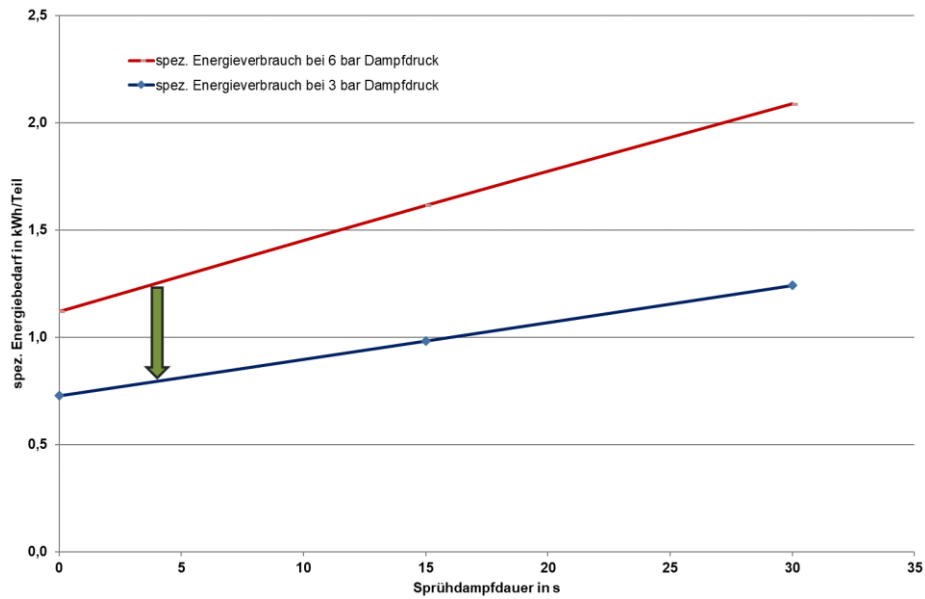


Abbildung 7: Spezifischer Dampfenergiebedarf eines Hemdenfinishers bei unterschiedlichem Sprühdampfdruck

Der Hersteller gibt für Hemden eine ungefähre Dämpfdauer von 4 s und eine anschließende Trocknungsdauer mit Heißluft von 40 s an (Standardbedingungen).

Die größte Einsparung kann erzielt werden, wenn der Dampfdruck von beispielsweise 6 auf 3 bar reduziert wird. Wie aus **Abbildung 7** entnommen werden kann, liegt bei diesen beiden Drücken die Einsparung bei etwa 0,4 kWh/Teil.

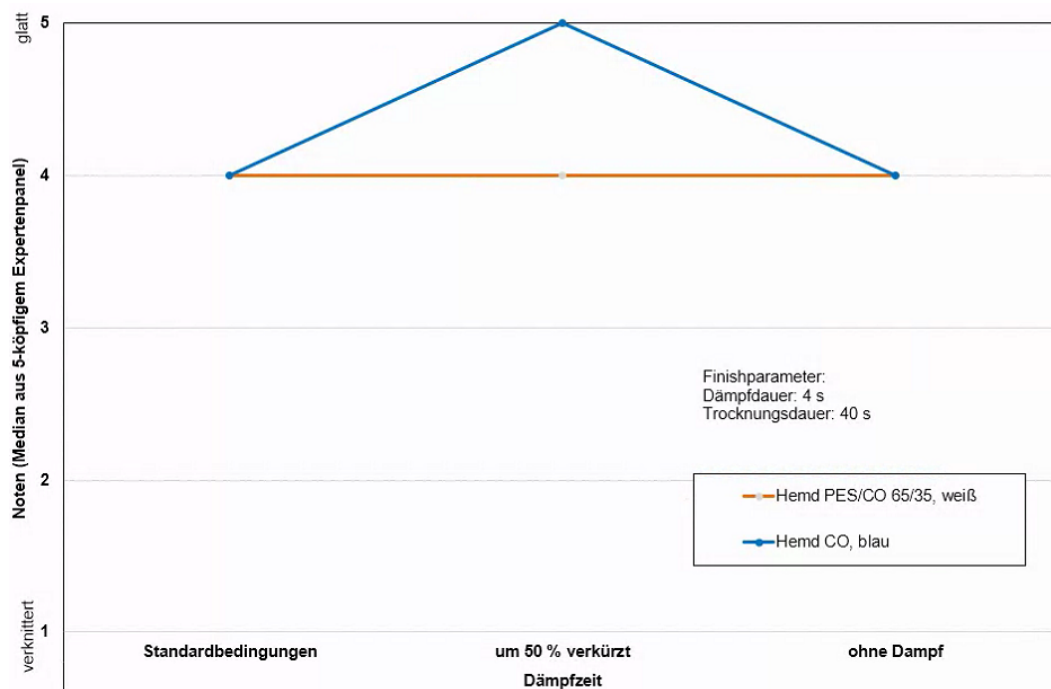


Abbildung 8: Knitterbild von gewaschenen Hemden (schleuderfeucht) nach Finishen mit Hemdenfinisher

Abbildung 8 zeigt, dass die Reduzierung der Dämpfdauer von 4 s (Standardbedingungen) nur geringen Einfluss auf die Knitterentfernung hat. Zusätzliche Behandlung mit Sprühdampf bei Textilien mit ausreichender Textilfeuchte (hier schleuderfeucht) hat bei dieser Warenart untergeordnete Bedeutung.

3.7.4.2 Garderobenfinisher

Den spezifischen Dampfenergiebedarf pro Teil in Abhängigkeit von der Dämpfdauer bei 3 bar und 6 bar des Garderobenfinishers zeigt **Abbildung 9** für einen Garderobenfinisher.

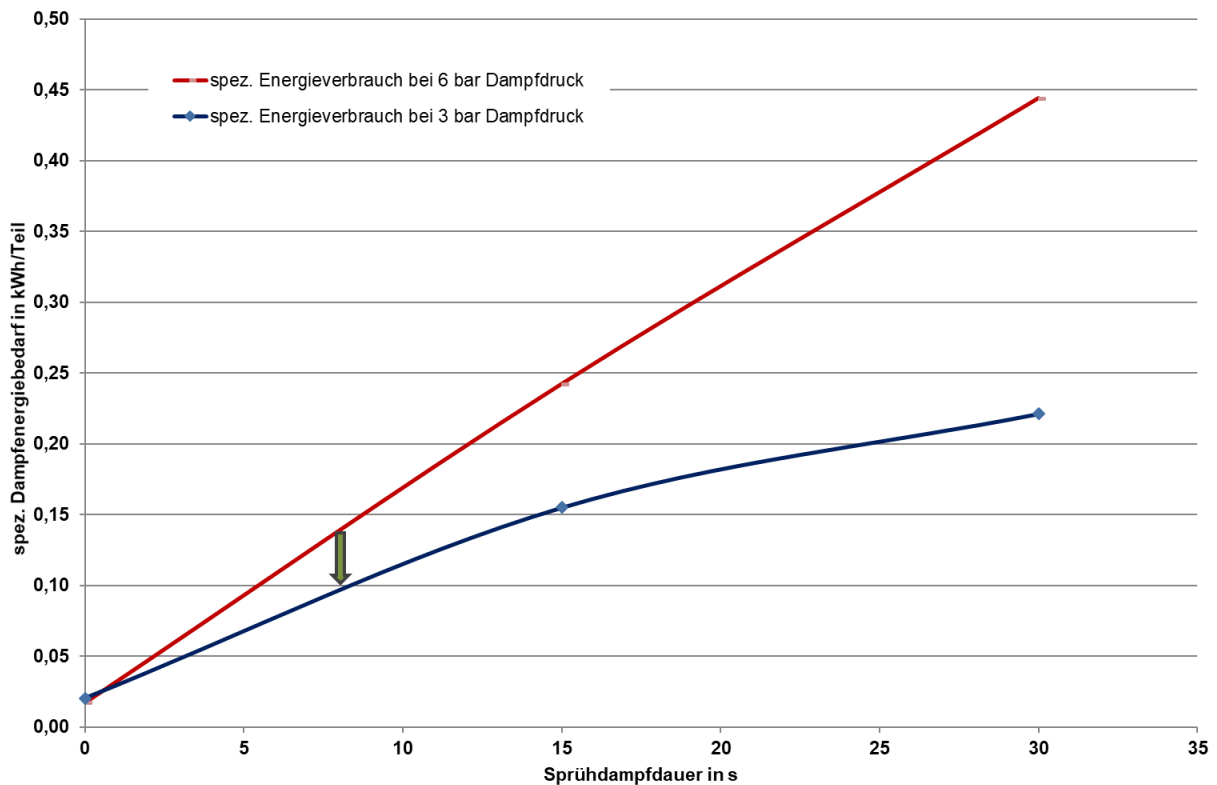


Abbildung 9: Spezifischer Dampfenergiebedarf eines Garderobenfinishers

Der Hersteller gibt für Garderobe eine ungefähre Dämpfdauer von 8 s und eine anschließende Heißluftapplikationsdauer von 15 s (angewandte Standardbedingungen) an. Da sich Garderobe hinsichtlich Material und Dicke stark unterscheidet, lassen sich keine prinzipiellen Dämpf- und Trocknungszeiten festlegen.

Zur Ermittlung der möglichen Energieeinsparung wurde die Dämpfdauer schrittweise um 50 und 100 % (ohne Dampfbeaufschlagung) reduziert und dabei die Dampfmenge ermittelt. Die Heißluftdauer, die zum Trocknen der Garderobe notwendig ist, wurde nicht betrachtet. Neben einer möglichen Energieeinsparung durch Verringerung der Dämpfzeit wurde gleichzeitig die dabei erzielte Finishqualität (Glätte, Formgebung) im Vergleich zu den Standardbedingungen (Dämpfdauer 8 s, Heißluftapplikationsdauer 15 s) mit bewertet.

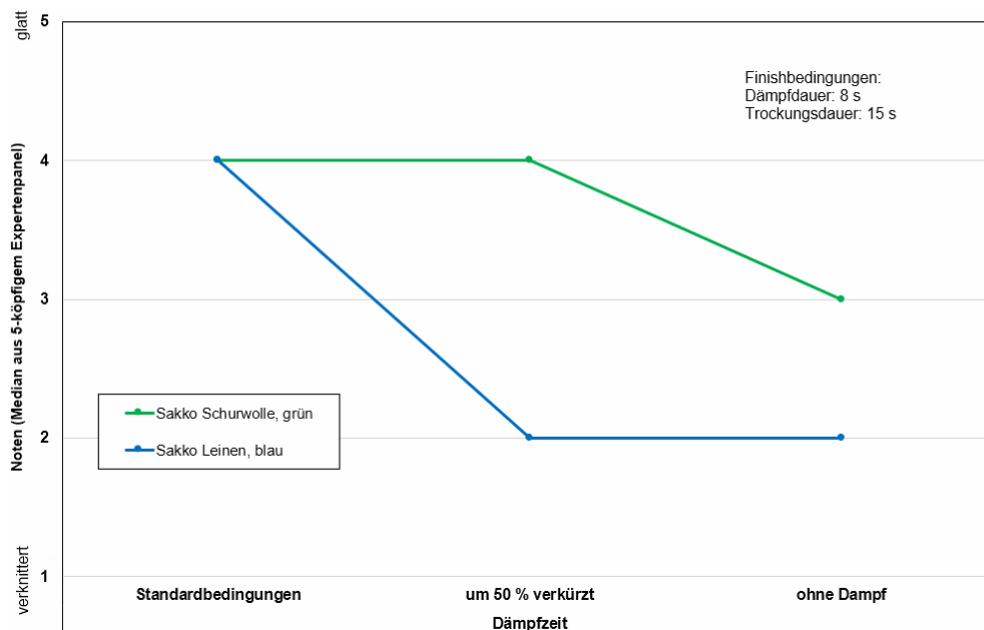


Abbildung 10: Knitterbild von gereinigten Sakkos (trocken bzw. feucht) nach Finishen im Garderobenfinisher

Abbildung 10 zeigt bei:

- ⇒ *Sakko aus Leinen (gewaschen, schleuderfeucht)*
 - Finishaufwand zur Entfernung der Knitter sehr hoch
 - Sehr starke Abnahme der Glätte (mehr Knitter) bei reduzierter Dampfmenge bzw. Dämpfdauer
- ⇒ *Sakko aus Schurwolle (gereinigt, trocken)*
 - Kein Einfluss der reduzierten Dämpfdauer um 50 % auf das Knitterbild
 - Gesamtes optisches Erscheinungsbild (Form nach dem Finishen, Knitter) ist generell bei gereinigter, trockener Ware nach dem Finishen geringer, was erhöhten Finishaufwand und damit verbunden höheren Personaleinsatz bedeutet

3.7.4.3 Hosentopper

Den spezifischen Dampfenergiebedarf pro Teil in Abhängigkeit von der Dämpfdauer bei 3 und 6 bar des Hosentoppers zeigt **Abbildung 11**.

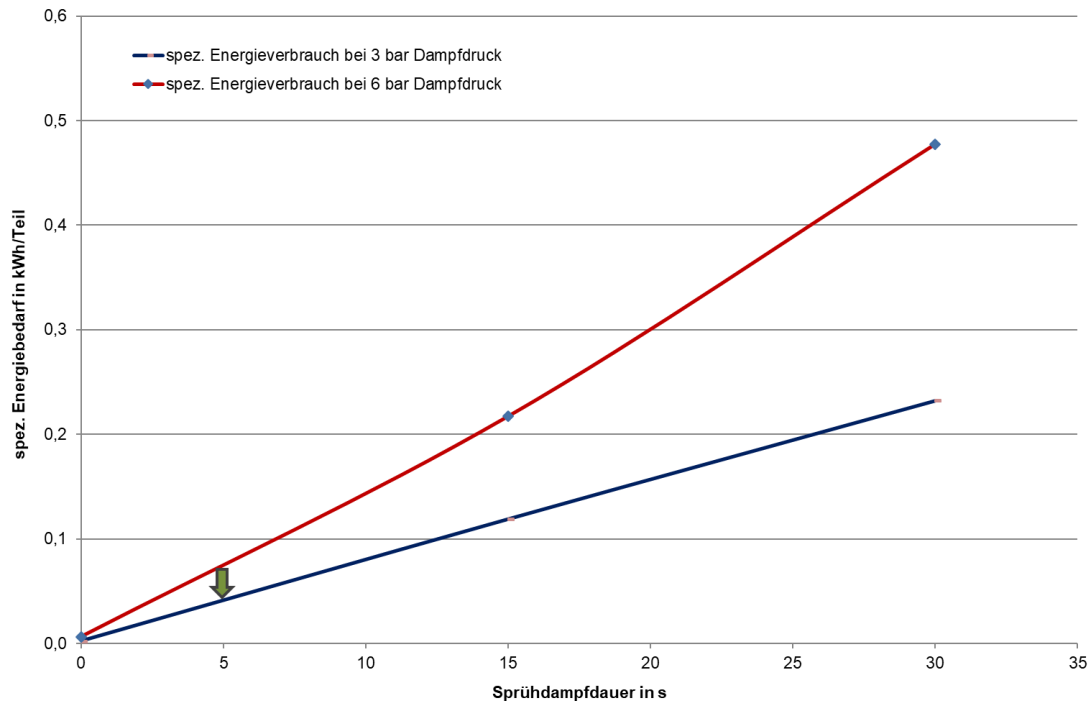


Abbildung 11: Spezifischer Dampfenergiebedarf eines Hosentoppers

Der Hersteller gibt für Hosen eine ungefähre Dämpfdauer von 5 s und eine anschließende Heißluftapplikationsdauer von 15 s (verwendete Standardbedingungen für **Abbildung 12**) an. Da sich jedoch auch Hosen hinsichtlich Material, Dicke und Restfeuchtegehalt (trocken nach der Reinigung, schleuderfeucht nach Waschvorgang oder Wetcleanprozess) stark unterscheiden, sind diese Zeiten nur als grober Richtwert anzusehen.

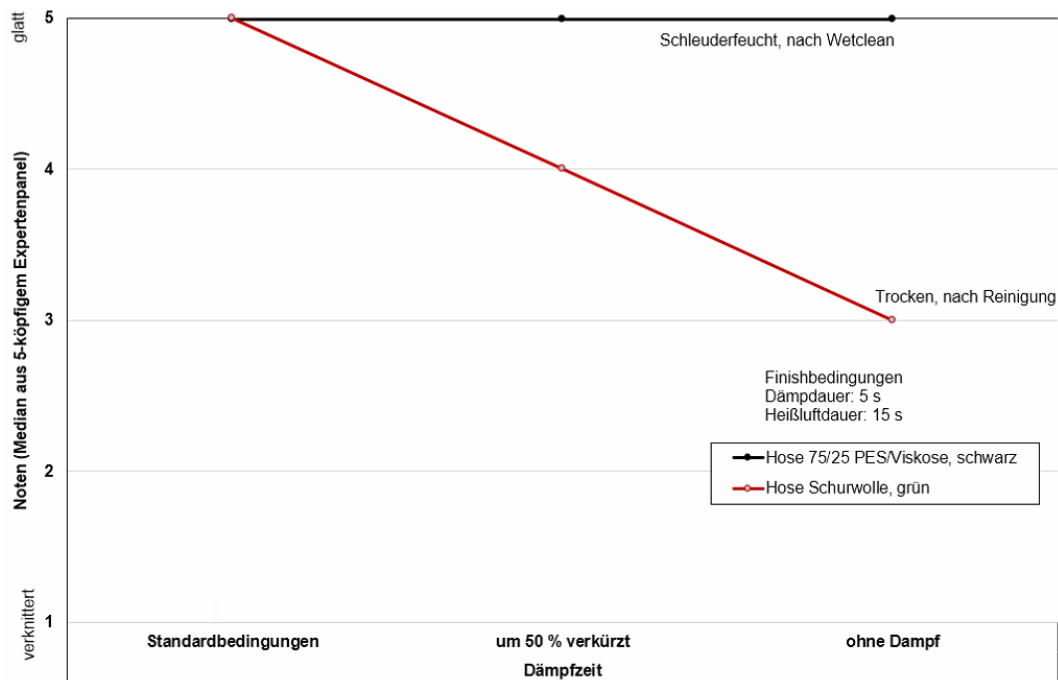


Abbildung 12: Knitterbild von gewaschenen (schleuderfeucht) und gereinigten Hosen (trocken) nach Finishen mit Hosentopper

Energieeinsparung durch reduzierte Sprühdampfmenge ist stark von der Art der Ware abhängig. Untersuchungen zeigen, dass mit den vom Maschinenhersteller vorgegebenen Empfehlungen der erforderlichen Sprühdampfzeiten sehr gute Knitterentfernung bei möglichst geringem Dampf- und damit auch Kosteneinsatz zu erzielen ist. Eine weitere Verkürzung dieser Dämpfzeiten wird auf Grund deutlicher Qualitätseinbußen und damit verbundenem Mehraufwand für das manuelle Nachbügeln oder starker Beeinträchtigung der Kundenzufriedenheit nicht empfohlen.

MERKE: Energieeinsparungen durch reduzierte Dämpfdauer beim Finishen sind prinzipiell möglich. Qualitätsstandards hinsichtlich Glätte und Erscheinungsbild muss jeder Betrieb selbst definieren. Kundenansprüche können dazu führen, dass diese Maßnahme nur in äußerst seltenen Sonderfällen (z.B. immer gleiche Ware) sinnvoll ist! Betriebe mit ständig wechselnden Warenarten sollten auf diese Maßnahme verzichten.



Weitere Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei Finishern bestehen bei der Geräte-Neuanschaffung. Auf folgende Aspekte sollte dabei geachtet werden:

- ⇒ Verwendung von Finishern mit Kondensatwärmetauscher, die die Energie des anfallenden Kondensats dazu nutzen, das Heizregister zur Erzeugung von Heißluft zu erhitzen.
- ⇒ Einsatz eines Wärmetauschers für den konkreten Anwendungsfall energetisch bewerten bzw. bewerten lassen
- ⇒ Geräteeigene Wärmerückgewinnung
 - Vorwärmung der Zuluft für Heizregister zur Heißluftherzeugung
 - Optimierung des Raumklimas und Reduktion der Wärmeeinwirkung auf die Mitarbeiter
- ⇒ Standby-Funktion: Automatische Abschaltung des Heizregisters bei Betriebspausen
- ⇒ Restfeuchtegeregeltes Finishen:
 - Messung des Trockenpunkts durch Leitfähigkeitssensor
 - Automatische Anpassung der Finishdauer

- Leitfähigkeitssensor, z.B. in der Knopfleiste

4 Maschinen und Verfahren beim Waschen

Das Waschen in Textilpflegebetrieben bekommt zunehmende Bedeutung, da durch neue Faserkonstruktionen immer mehr Textilien gewaschen oder einem Wetcleanprozess unterzogen werden können. Je nach Bedarf und Betriebsgröße stehen dazu gewerbliche Waschmaschinen von ca. 7 kg bis zu 400 kg Füllmenge zur Verfügung. Bei noch größerem Wäscheanfall können Taktwaschanlagen bis zu etwa 2.500 kg/h behandeln. In diesem Handbuch wird bewusst auf Energieeinsparmöglichkeiten bei diesen Anlagen nicht eingegangen, da sie üblicherweise in Textilreinigungen nicht eingesetzt werden. Entsprechende Information kann dem Bericht zur ganzheitlichen energetischen Betrachtung von Wäschereien (DBU; Aktenzeichen: 28612/02) entnommen werden. Viele Betriebe nutzten Haushaltswaschmaschinen, die in diesem Handbuch ebenfalls nicht berücksichtigt werden: Die darin fest vorgegebenen Programme erlauben nahezu keine Modifikationen zur Energieeinsparung. Vorhandene „Energiesparprogramme“ (Eco-Modus o.ä.) haben in der Regel eine deutlich verlängerte Programmdauer bei stark reduzierter Waschtemperatur. Produktives Arbeiten mit Waschmaschinen, die Laufzeiten im Eco-Modus von teilweise über drei Stunden aufweisen, ist nicht möglich. Haushaltswaschmaschinen sollten deshalb nur in Sonderfällen als „Beistellmaschine“ eingesetzt werden.

MERKE: Bei geplantem Einsatz von Haushaltswaschmaschinen Energielabel nicht nur auf das beste Energiesparlabel (zurzeit A+++)¹ achten, sondern auch auf die Programmdauer achten (meist deutlich länger);
Besser: Benutzung professioneller Waschmaschinen mit variabler Programmgestaltung und Wasserrückgewinnung.



Folgende Kapitel erläutern die Grundlagen des Waschens und mögliche Energieeinsparmöglichkeiten.

4.1 Waschschleudermaschinen (WSM)

Unabhängig vom Hersteller sind alle gewerblichen Waschschleudermaschinen in der Regel wie folgt aufgebaut (**Abbildung 13**).

stirnbeschickte Waschmaschine

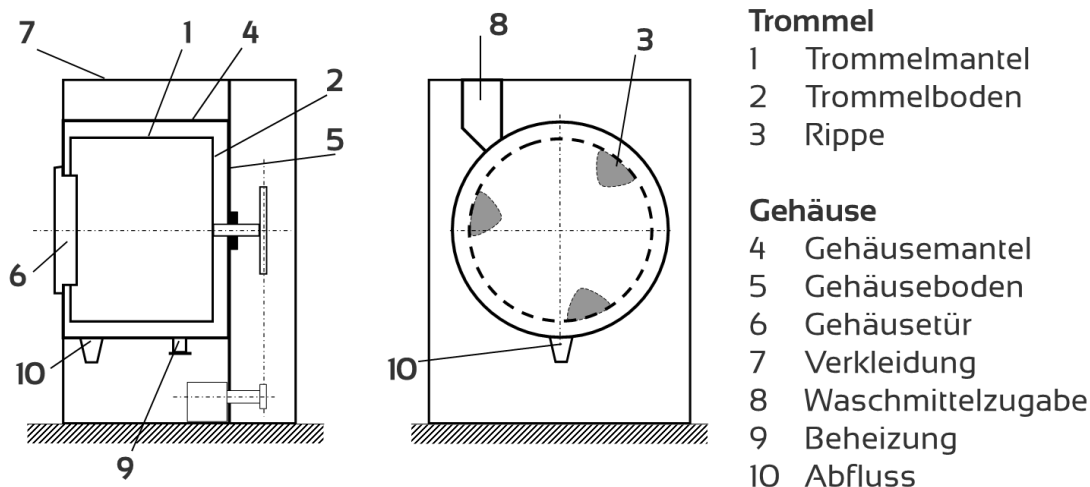


Abbildung 13: Prinzipieller Aufbau einer Waschschleudermaschine [13]

Die Waschmittelzufuhr erfolgt im gewerblichen Bereich meist automatisiert über Dosierpumpen, wobei auch, wie **Abbildung 13** zeigt, oft Waschmittel manuell über die Dosierfächer eingegeben wird. Das Aufheizen der Waschflotte erfolgt in der Regel über Direktdampf, da dies die schnellste und wirtschaftlichste Beheizungsart für die Maschine ist. Verbreitet ist auch die Beheizung mit elektrischem Strom, insbesondere bei kleinen Maschinen (meist übliche Haushaltswaschmaschinen).

Alle Wasch- und Reinigungsprozesse beruhen auf dem Zusammenwirken der Faktoren des Sinner'schen Kreises (**Abbildung 14**).

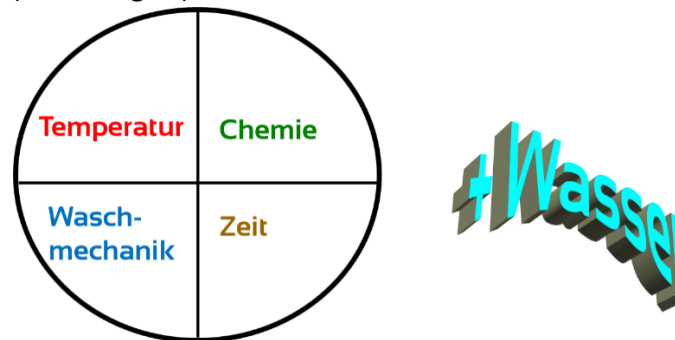


Abbildung 14: Sinner'scher Kreis

MERKE: Bei Neuanschaffung von Waschscheudermaschinen auf folgende Aspekte achten:

- Idealerweise 4 oder mehr Wasseranschlüsse für Trinkwasser, Weichwasser, Warmwasser und rückgewonnenes Wasser aus vorherigen Spülprozessen (siehe **Abbildung 17**)
- Hohe Schleuderdrehzahl (g-Faktor) für beste Entwässerungsleistung
- Eingebaute Wiegezellen zur exakten Dosierung von Wasser- und Waschmittelmengen auch bei Unterbeladung
- Zwei Abwasseranschlüsse: freier Ablauf für stark verschmutztes Wasser und Ablaufpumpe zum Auffangen in einem Rückgewinnungstank



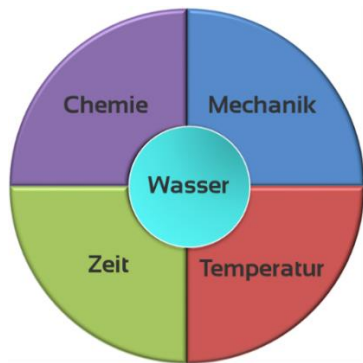
4.2 Optimierung von Waschverfahren

Mit dem in **Abbildung 14** erwähnten Sinner'schen Kreis können Waschverfahren so eingestellt werden, dass

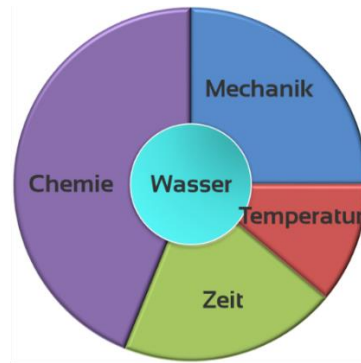
- ✓ Textilien geschont (z.B. bei empfindlicher Ware durch Reduzierung der Mechanik),
- ✓ Energie eingespart (Verringerung der Waschtemperatur),
- ✓ Wäshedurchsatz erhöht (Waschdauer verkürzt) und
- ✓ Waschmittelverbrauch reduziert

werden kann.

Abbildung 15 verdeutlicht eine Möglichkeit zur direkten Energieeinsparung beim Waschen.



90 °C-Waschverfahren



40 °C-Waschverfahren

Abbildung 15: Energieeinsparprogramm – demonstriert am Sinner'schen Kreis [14]

Durch Verringerung der Waschtemperatur kann gleichbleibende Schmutzentfernung bei unempfindlichen Textilien z.B. durch Erhöhung der Waschchemie ausgeglichen werden. Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz höherer Waschmechanik bei reduzierter Temperatur.

Da eine Erhöhung von Mechanik und Zeit bei gewerblicher Nutzung meist Grenzen gesetzt sind, muss bei niedriger Temperatur der Hauptanteil des Wascherfolges durch die Chemie erzielt werden.

MERKE: Waschprogramme werden meistens von Waschmittellieferanten eingestellt. Machen Sie die Waschprogramme zur Chefsache und nennen Sie Ihre Wünsche und Anforderungen klar gegenüber dem Waschmitteltechniker. Prüfen Sie die Programme in der Praxis und lassen Sie sie ggfs. anpassen. Anhand Tabelle 4 lassen sich Änderungen einfach überprüfen und nachvollziehen.



4.2.1 Optimierung der Programmeinstellungen

Zur Erstellung eines Waschprogramms müssen viele unterschiedliche Einflussfaktoren berücksichtigt werden:

- ⇒ **Textilmaterial**
 - ✓ Textilart (z. B. Baumwolle, Mischgewebe Polyester/Baumwolle, Wolle, Polyamid, etc.)
 - ✓ Verarbeitung
 - ✓ Färbung, Druck und Ausrüstung
- ⇒ **Verschmutzungsgrad**
 - ✓ Art der Verschmutzung
 - ✓ Grad der Verschmutzung
- ⇒ **Wasserqualität**
 - ✓ Wasserhärte
 - ✓ Einsatz von Rückgewinnungswasser (meist vorerwärmt und mit Waschmittelresten)
- ⇒ **Wasch- und Bleichmittel**
- ⇒ **Qualitätsansprüche an Sauberkeit**
 - ✓ Fleckenfreiheit
 - ✓ Hygiene

⇒ Lebensdauer des Waschgutes

Die wichtigsten Einstellmöglichkeiten eines Waschprogrammes sind:

- ⇒ Zeit
 - ✓ Dauer Prozessabschnitte (Klarwäsche, Spülgänge, Schleuderdauer etc.)
- ⇒ Mechanik
 - ✓ Trommelbewegung
 - ✓ Flottenverhältnis
- ⇒ Chemie
 - ✓ Wasch- und Bleichmittelkonzentration
 - ✓ Einsatz von Enzymen
 - ✓ pH-Wert der Waschflotte (Waschalkali)
- ⇒ Temperatur
 - ✓ Vorgeschriebene Mindesttemperatur bei gelisteten Desinfektionswaschverfahren
 - ✓ Optimaler Temperaturbereich, je nach Verschmutzungsgrad und Textilart

Viele Wäscherei- und Reinigungsbetriebe benutzen Waschprogramme, die nicht optimal auf die Wäscheart angepasst sind. Am häufigsten ist die Waschmechanik falsch eingestellt. Bei Waschprogrammen für unempfindliche Textilien werden g- Faktoren und Reversierrhythmen meist zu gering eingestellt. Nassreinigungsprogramme für sehr empfindliche Textilien hingegen sind oftmals zwar schonend (wie z.B. Wollwaschprogramme) eingestellt, verwenden dabei allerdings zu hohe Waschmechanik oder falsche Waschchemie.

Tabelle 6: Vergleich ausgewählter Kenngrößen für Waschen und Nassreinigung

	g-Faktor	Reversierrhythmus	Füllverhältnis [l/kg]
Waschen	0,7 - 0,9	13/3 oder 10/2	CO: 10 - 14 PES/CO: 15 - 20
Nassreinigung	0,2 - 0,3 0,7 - 0,9	2/30 1/60	20 - 30
Anlegen zum Schleudern	1,0 - 1,5	-	-
Zwischenschleudern	50 - 130	-	-
Endschleudern	300 - 600	-	-

MERKE: Anzahl der Wasch- und Spülbäder dem Bedarf anpassen (in der Regel kann Vorwäsche und 3. Spülbad ohne Qualitätseinbußen entfallen).
 Wasch- und Spülwassertemperaturen prüfen! In Abhängigkeit von Gewebeat und Verschmutzung die Temperaturen einstellen.
 Warmes Spülen verbessert die Entwässerungsleistung beim Schleudern und senkt den Energiebedarf beim Trocknen, begünstigt jedoch die Knitterbildung insbesondere bei Mischgewebe mit Synthefasern.



4.2.2 Abwasserwiederverwendung

Kühlwasser

Kühlwasserrückgewinnung ist in größeren Betrieben, die mit Lösemittel reinigen und gleichzeitig ausreichende Wäschemengen waschen, sinnvoll. Für Kleinstbetriebe ohne nennenswerten Wasserverbrauch ist die sinnvolle Speicherung und Nutzung von Kühlwasser im Einzelfall zu prüfen,

da auch in kleinen Betrieben das Kühlwasser für Speisewasser und Toilettenspülung bzw. die enthaltene Wärme zur Gebäudebeheizung verwendet werden kann. **Abbildung 16** zeigt die derzeit häufigste angewandte Möglichkeit der Wiederverwendung von Kühlwasser in Reinigungsbetrieben. Frischwasser wird auf niedriges Temperaturniveau vorgewärmt und in einem Wassertank bis zur Verwendung in einer Waschsleudermaschine (WSM) gespeichert. Bei zu geringem Tankpegel wird Trinkwasser direkt nachgespeist. Dazu kann, wie in Abbildung 16 dargestellt, ein Nachspeiseventil automatisch öffnen oder der Tank per Schlauch manuell nachgefüllt werden. Es ist darauf zu achten, dass ein sogenannter „freier Auslauf“ ein Rückströmen auch bei Unterdruck in der Trinkwasserleitung verhindert. Bei einem freien Auslauf befindet sich die Zulaufhöhe der Nachspeisung über dem maximal möglichen Pegel im Tank. Der maximal mögliche Pegel wird in der Regel durch einen Überlauf am Tank festgelegt.

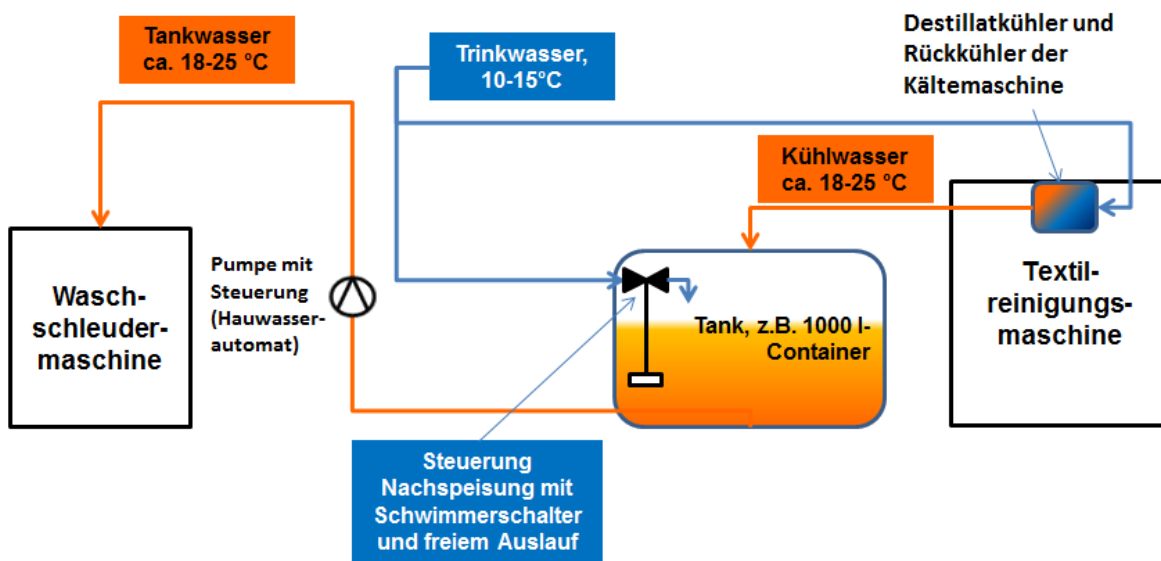


Abbildung 16: Kühlwassernutzung der Reinigungsmaschine für Waschprozesse

Für Auslegung des Tanks und Optimierung der Kühlwassernutzung können folgende grobe Faustformeln angesetzt werden:

- Bei ausschließlicher, optimierter Nutzung von erwärmtem Kühlwasser als **Warmwasser** in Wasch-/Wetcleanverfahren, müsste ca. 3 - 4mal mehr Wäsche nassbehandelt als gereinigt werden.

Der Mindesttankinhalt kann nach folgender Faustformel bestimmt werden:

$$Volumen_{Tank,Warmwasser} = 30 * \text{tägl. Wäschemenge WSM}$$

- Bei Einsatz von (geringfügig) erwärmtem Kühlwasser (bis max. 25 °C) für Kalt- und Warmwasser in Wasch-/Wetcleanverfahren benötigt man etwa die 0,8 bis 1,0fache Menge Wäsche für Wasch- & Wetcleanverfahren im Vergleich zu Textilreinigungsverfahren.

$$Volumen_{Tank,Gesamtwasser} = 15 * \text{tägl. Wäschemenge WSM}$$

- Zur Feinabstimmung der Kühlwassermenge gegenüber dem Warmwasser- bzw. Gesamtwasserverbrauch in Waschprozessen steht das Wasserregelventil der Textilreinigungsmaschine zur Verfügung: Je stärker das Wasserreguliertventil der Reinigungsmaschine gedrosselt wird, umso weniger Kühlwasser steht zur Verfügung, das aber

auf eine höhere Temperatur erwärmt wird. Zur Einhaltung der Solltemperatur im Waschprozess wird folglich weniger Kühlwasser eingesetzt und ggfs. mit Kaltwasser gemischt.

- Das Volumen des Tanks sollte mindestens 300 Liter betragen
- Zur Nachspeisung von Trinkwasser und ggfs. zum Schutz von Pumpen sollten Tanks eine Niveausteuerng (Elektroden bzw. Schwimmerschalter) haben

MERKE: **Kühlwasser ist nichts anderes als bezahltes, erwärmtes Trinkwasser!**
Es nicht zu nutzen ist Geldverschwendung!
Es sollte – wenn möglich – in Waschprozessen verwendet oder als Speisewasser dem Dampfkessel zugeführt werden. Bei Nutzung als Speisewasser sind die Qualitätsanforderungen des Speisewassers auf das Kühlwasser zu übertragen!



Leicht verschmutztes Abwasser

Die Nutzung von „Abwasser“ ist in Taktwaschanlagen bereits seit langer Zeit Standard. Dies ist wegen der großen Mengen gleichartiger und weitgehend gleich verschmutzter Wäsche mit solchen Anlagen einfach. In Textilreinigungen liegt der Aufwand höher und erfordert aufgrund der eingesetzten Waschscheudermaschinen externe Anlagentechnik. Der Einsatz von leicht verschmutztem Abwasser ermöglicht jedoch eine enorme Wasser- und Energieeinsparung und ist wartungsfreundlicher und effizienter als alle bekannten Wärmetauschersysteme. Die Möglichkeiten zur Abwassernutzung sind in Kapitel 4.2.3 beschrieben.

- Spülwasser zur Vor-/ oder Klarwäsche für spätere Waschprozesse nutzen (je nach Warengruppe, z.B. Abwasser von Hemden für Matten nutzen), wenn dies die erforderliche Qualität aufweist (keine Farbstoffe, Verschmutzungen etc.)
- Bei großen Betrieben prüfen, ob ein Teil des Abwassers durch geeignete Abwasseraufbereitungsmaßnahmen (Filtration, Absetzkammer, biologische Aufbereitung etc.) wieder für Waschprozesse einsetzbar ist.

4.2.3 Reduzierung des Wärmebedarfs bei Waschscheudermaschinen

Die ganzheitlichen Betrachtungen für Reinigungsbetriebe werden detailliert in **Kapitel 7** dargestellt.

Für das leichtere Verständnis ist die Kenntnis folgender Zusammenhänge beim Waschen nötig.

Grundsätzlich ist der Wärmebedarf von Waschprozessen abhängig von

- Temperatur der Oberflächen bzw. Oberflächenverluste der Waschscheudermaschine,
- Temperatur des zulaufenden Wassers,
- Eingestellte SOLL-Temperatur in den einzelnen Programmschritten,
- Temperatur des Abwassers und
- Prozessdauer.

Wie können diese Einflussgrößen positiv beeinflusst werden?

Oberflächenverluste:

- Je niedriger die mittlere Waschtemperatur, desto weniger Wärme strahlt die Außentrommel ab.
- Bei mehreren zur Verfügung stehenden Waschsleudermaschinen unterschiedlicher Nennbeladung sollte immer die zur Postengröße passende Maschine ausgewählt werden.
- Mehrere (gleichartige) kleine Posten können durch Verwendung von Wäschenetzen zusammen in einer (ggfs. größeren) Waschsleudermaschine gewaschen werden.
- Dämmen der Warmwasserleitungen, um Wärmeverluste der Wasserleitung an die Umgebungsluft zu minimieren
- Dämmung der Außentrommel von Waschmaschinen ohne Zustimmung des Herstellers wird **nicht** empfohlen, da dies zu einer Belastung der Federn und Stoßdämpfer und dem daraus resultierenden Schwingungsverhalten führt.

Eingangstemperatur des Wassers:

- Je höher die Temperatur des zulaufenden Wassers, desto weniger Energie muss (in Form von Dampf oder elektrischer Energie) zugeführt werden.
- Die Waschsleudermaschine heizt das Wasser auf die vorgegebene Solltemperatur auf. *Je geringer der Unterschied zwischen der Temperatur des zulaufenden Wassers und der Solltemperatur ist, desto geringer ist der Energieaufwand.*
- Zur Vorwärmung bzw. Aufheizung des Wassers stehen zahlreiche Wärmequellen zur Verfügung, die individuell für den Betrieb passend ausgewählt werden können:
 - **Direkte Nutzung von gering belastetem** Spülwasser aus anderen Waschgängen für die Vor- oder Klarwäsche (z.B. Spülwasser von Gardinen zur Klarwäsche von Arbeitskleidung).
 - **Einsatz eines schmutzwassergeeigneten Wärmetauschers** zur Rückgewinnung von Wärme aus Abwasser zur (weiteren) Vorwärmung von Spül- oder Klarwaschwasser.

MERKE: Eine direkte Wiederverwendung von Prozesswasser nutzt fast 100 % des Energieinhalts für den Prozess. Wärmetauscher können nur einen Anteil von ca. 50 bis 80 % der Energie zurückgewinnen.

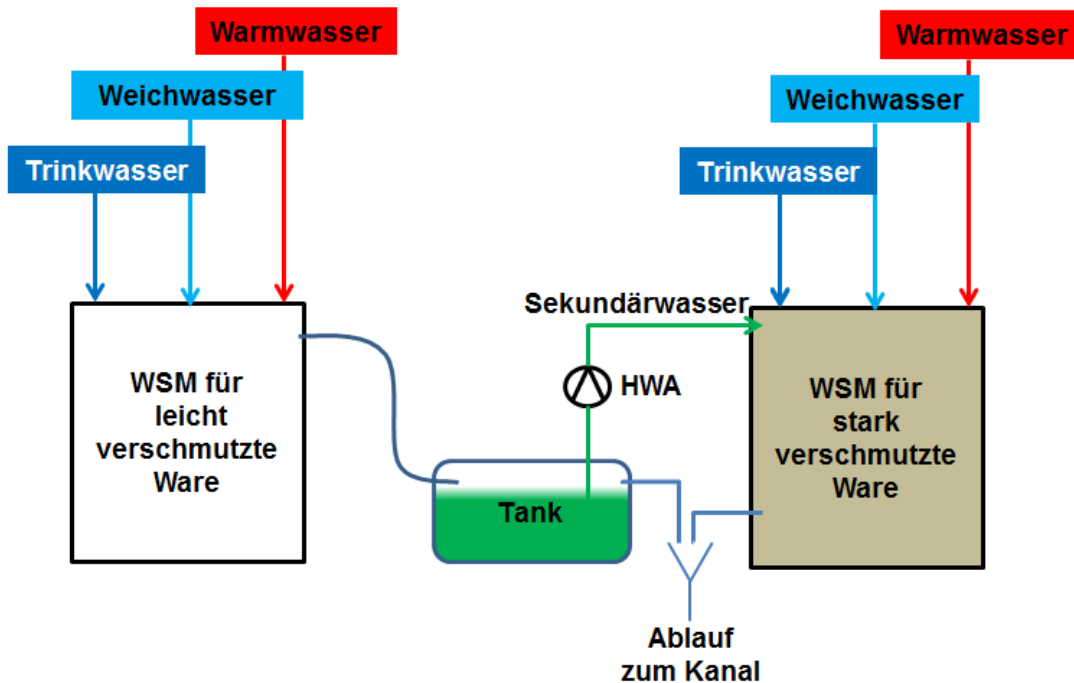


Exemplarisch sind nachfolgend drei Lösungen für direkte Abwassernutzung (aufgefangenes, gering belastetes Abwasser aus vorherigen Waschprozessen) in Waschmaschinen gezeigt:

⇒ **Bildung von zwei Maschinengruppen** (siehe **Abbildung 17**):

- Unterscheidung der Waschsleudermaschinen (WSM) nach leicht und stark verschmutzter Ware
- Abwasser der Waschsleudermaschine mit leicht verschmutzter Ware wird vollständig in einem Tank gesammelt.
- Die Waschmaschine mit stark verschmutzter Wäsche nutzt Abwasser aus dem Tank entsprechend eines vorgegebenen, im Waschprogramm hinterlegten Anteils für Vor- oder Klarwäsche

- Voraussetzung für WSM mit stark verschmutzter Ware:
 - ⇒ Mindestens zwei, besser vier oder mehr Wasseranschlüsse
 - ⇒ Freie Programmierung der Waschprogramme



- Nachrüstung Tank
- Nachrüstung Hauswasserautomat (HWA) (Pumpe mit Druck/Volumenstrom-Schaltung)
- Nachrüstung Überlauf / Ablaufleitung Tank

Abbildung 17: Direkte Abwassernutzung

⇒ Umbau Waschsleudermaschine mit Ablaufpumpe zur Tankeinbindung

Eine weitere Möglichkeit zur Wiederverwendung von Abwasser bei Waschmaschinen mit Ablaufpumpe (Kleingewerbe- oder Haushaltsmaschinen) zeigt **Abbildung 18**. Die Anforderung von mindestens 2, besser jedoch 4 oder mehr Wasseranschlüssen bleibt wie zuvor bestehen. Der Hauswasserautomat ist eine handelsübliche Pumpe mit angeflanschem oder integriertem Regler mit Druck- und Volumenstromsensor, der die Pumpe bei Druckabfall einschaltet und bei keinem Volumenstrom die Pumpe wieder abschaltet. Im Gegensatz zu sogenannten Hauswasserwerken alter Bauart wird so ein Takten bei geringer Zapfmenge besser vermieden. Hauswasserwerke alter Bauart haben lediglich mechanische Druckschalter, die bei den Anforderungen einer gewerblichen Nutzung hohem Verschleiß unterliegen. Auch Membrangefäße und Windkessel sind zusätzliche Fehlerquellen (Korrosion, Membranschäden) und für den Betrieb mit modernen Hauswasserwerken entbehrlich.

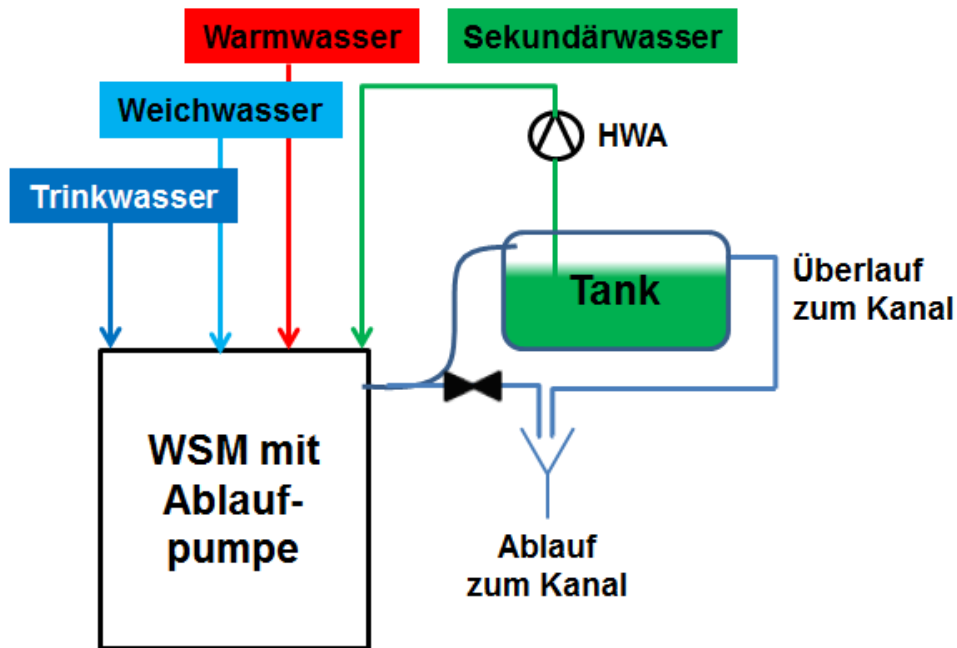


Abbildung 18: Direkte Abwassernutzung WSM mit Ablaufpumpe

Abbildung 18 zeigt den baulichen Aufwand zum Umbau einer WSM mit Ablaufpumpe zur direkten Abwassernutzung:

- Beschaffung eines Tanks
- Einbau eines Hauswasserautomaten (HWA) (Pumpe mit Druck/Volumenstrom-Schaltung) zum Transport des Abwassers vom Tank in die Waschmaschine
- Installation eines Tanküberlaufs mit Kanalanschluss
- Nachrüstung Umschaltventil zur selektiven Auswahl geeigneter Abwässer
- Nachrüstung potenzialfreier Kontakt in der WSM zur Programmeinbindung oder Timer (zum Umschalten auf Rückgewinnung)
- Maximale Förderhöhe der Ablaufpumpe beachten

⇒ **Umbau Waschsleudermaschine ohne Ablaufpumpe zur Tankeinbindung**

Wie eine Wiederverwendung von Abwasser bei Waschmaschinen ohne Ablaufpumpe realisiert werden kann zeigt **Abbildung 19**.

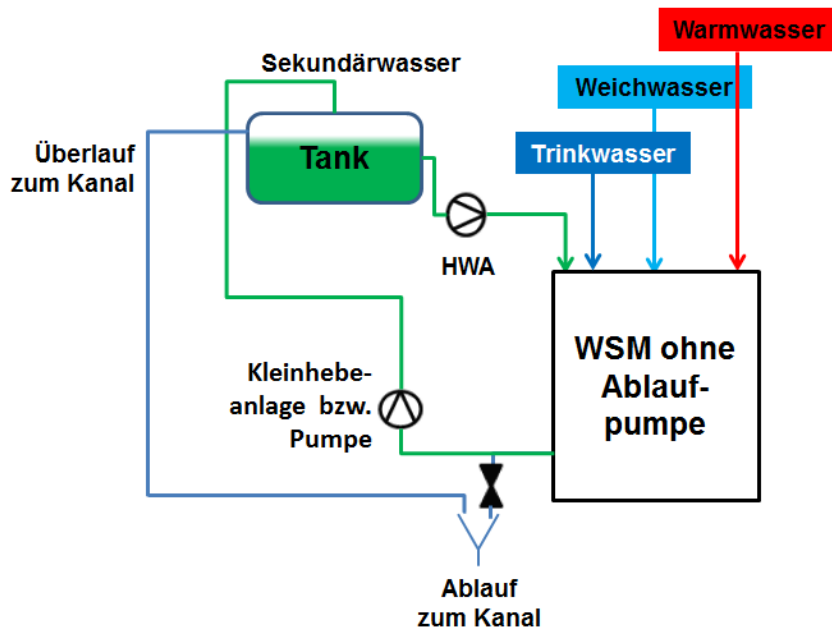


Abbildung 19: Direkte Abwassernutzung WSM ohne Ablaufpumpe

Die notwendigen Komponenten zu der in **Abbildung 19** dargestellten direkten Abwassernutzung ohne Laugenpumpe sind:

- Anschaffung eines Tanks
- Einbau eines Hauswasserautomaten (HWA, Pumpe mit Druck/Volumenstrom-Schaltung) zum Transport des Abwassers vom Tank in die Waschmaschine
- Installation eines Tanküberlaufs mit Kanalanschluss
- Nachrüstung von zwei gegeneinander verriegelten Ventilen bzw. Umschaltklappen mit Ansteuerung durch die WSM oder zeitgesteuert durch Timer (Umschalten auf Tankbefüllung nach Ablauf einer definierten Zeit ab einem definierten Zeitpunkt, z.B. Programmstart)
- Einbau einer Kleinhebeanlage bzw. Pumpe

Diese Lösung erfordert höheren Aufwand durch die Umschaltung zwischen Ablass des Abwassers in den Kanal oder zur Befüllung des Abwassertanks. Die einfachste, automatische Lösung ist eine zeitabhängige Schaltung, die nach z.B. 20 min Programmablauf (Ende Klarwäsche) das Ventil schließt und das Wasser einer Pumpe bzw. Kleinhebeanlage zuführt, so dass das Wasser dem Abwassertank zugeführt wird.

Bei ausreichender Zulaufhöhe zwischen Tank und WSM kann der Hauswasserautomat entfallen. Das spart Investitionskosten und elektrische Energie. In der Regel sind dafür nur etwas größer dimensionierte Rohrleitungen erforderlich, um eine schnelle Füllung zu gewährleisten.

⇒ **Waschmaschine in Kombination mit Wasserrückgewinnungstank**

Nicht nur große Waschsleudermaschinen, sondern auch neuere WSM ab 7 kg Nennbeladung werden inzwischen mit Wasserrückgewinnungsoption angeboten. Das spart Installationsaufwand und externen Platzbedarf. Die Pflege der Tanks zur Vermeidung von Verschmutzungen und mikrobiologischer Kontamination muss vor dem Kauf abgeklärt sein. Die Geometrie der Tanks und die Anordnung des Ablaufs spielen dabei eine wichtige Rolle. Ideal sind zylindrische Tanks mit Schrägboden oder Silotanks mit Bodenablauf, um vor dem morgendlichen Betriebsbeginn abgesetzte Stoffe (Sande, Schmutzpartikel) dem Kanal zuzuführen.

Die finanziell sinnvolle Anwendung eines Abwasserwärmetauschers für Waschschleudermaschinen in Textilreinigungen ist individuell zu prüfen.

Temperatur des Abwassers

Die Temperatur aller beheizten Waschphasen bestimmt im Wesentlichen die Temperatur des Abwassers.

- Je niedriger die Waschtemperatur, desto kälter ist das Abwasser - es geht weniger Energie über den Abwasserkanal für den Betrieb verloren
- Abwasser mit geringer Verschmutzung kann wiederverwendet werden – siehe auch **Kapitel 3.2.2.**
- Abwasser, das keiner weiteren Nutzung zugeführt werden kann, sollte über einen Abwasserwärmetauscher die Restwärme an das Frischwasser abgeben. In der Regel rentiert sich das ab ca. 40 °C mittlerer Abwassertemperatur.
- Bei mehreren Maschinen können ein zentraler Wärmetauscher für alle WSM und ein Tank für das erwärmte Frischwasser die günstigere Lösung sein als viele kleine Wärmetauscher.

Prozessdauer

Im Gegensatz zu Haushaltswaschmaschinen erlauben semiprofessionelle und professionelle Maschinen in der Regel eine freie Programmierung der Waschprogramme. Dies erfolgt mit SPS-Programmierung oder softwarespezifischen Programmblöcken. Die Programmierung erfolgt in der Regel auf einem PC oder Laptop und wird per Schnittstelle (Infrarot oder USB) auf die Waschsleudermaschine übertragen. Nachteilig sind höhere Anschaffungskosten für eine solche professionelle Waschsleudermaschine mit zwei oder mehr Wasseranschlüssen, die neben Kaltwasser auch Warmwasser (oder auch Kühlwasser, Weichwasser etc.) eigenständig im programmiertem Verhältnis verwenden können.

- Höhere Waschtemperaturen erlauben ggf. eine Verringerung der Prozessdauer (siehe Sinnerscher Kreis). Ausnahmen sind Waschprogramme zur Desinfektion! Um entsprechend die daraus resultierenden höheren Verluste nicht teuer bezahlen zu müssen, ist eine Abwärmenutzung deshalb dringend empfohlen.
- Soweit es die Wäscheart zulässt, sollte die Anzahl der Spülbäder auf maximal zwei und die Verweildauer des Postens in der Waschmaschine auf ein Minimum reduziert werden. Die Prozessdauer bestimmt, wieviel Wäsche pro Tag in der WSM bearbeitet werden kann.
- Der direkte Warmwasseranschluss und die Erwärmung der Flotte mit Direktampf ist die schnellste Heizvariante.
- Elektrisch beheizte Waschsleudermaschinen machen in Textilpflegebetrieben energetisch keinen Sinn. Sie verfügen über vergleichsweise geringe Heizleistungen, benötigen hohe elektrische Anschlussleistungen und verursachen, gerade bei Verwendung von Kaltwasser, hohe Kosten für die Wassererwärmung. In Sonderfällen oder für sehr kleine Postengrößen können diese Maschinen, bei Nutzung von vorerwärmten Wasser und niedrigen Waschtemperaturen sinnvoll sein.

Als Nebeneffekt haben professionelle Waschsleudermaschinen eine deutlich höhere Lebenserwartung und weniger Ausfallzeiten.

MERKE: Dämmen Sie Wasserleitungen und Schläuche, die zu der Waschsleudermaschine führen. Überlassen Sie die Programmgestaltung frei programmierbarer WSM keinem externen Dienstleister, sondern machen Sie dies zur Chefsache. Nutzen Sie Waschsleudermaschinen mit mehreren Wasseranschlüssen, um Abwärme (z.B. von Reinigungsmaschinen und Druckluftherzeugern) nutzen zu können. Reduzieren Sie die Wassererwärmung durch Strom und Dampf. Dazu gibt es ausreichend viele Abwärmequellen im Betrieb! Verzichten Sie, wenn möglich, auch auf den Einsatz von herkömmlichen Haushaltswaschmaschinen in Ihrem Betrieb.



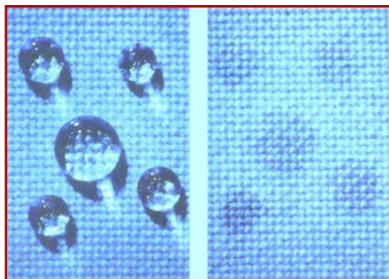
4.3 Waschmittel

Die Auswahl geeigneter Waschchemie hat großen Einfluss auf den notwendigen Energiebedarf beim Waschen, da spezielle Waschmittel für das Niedrigtemperaturwaschen optimiert sind. Bezogen auf alle im Betrieb (Wasch- Trocknungs- und Finishprozesse) vorhandenen Prozesse, kann eine Verringerung der Waschttemperaturen sinnvoll sein. Bei Einsatz von Wärmerückgewinnungstechniken könnte jedoch auch Waschen bei höheren Temperaturen wirtschaftlicher sein (siehe **Kapitel 7**).

Grundlagen

Beim Waschen dient das eingesetzte Wasser als **Lösungsmittel** für wasserlösliche Schmutzarten, als **Transportmittel** für Waschmittel zum Textil hin und für den vom Textil abgelösten Schmutz in die Kanalisation sowie als **Energieträger** zur Übertragung der mechanischen Energie (Flottenströmung) und der Wärmeenergie (Aufheizung) auf die Textilien.

Da Wasser eine hohe Oberflächenspannung besitzt und dies ein Nachteil für den Waschprozess ist, muss diese mit Hilfe von **Tensiden** abgesenkt werden (siehe **Abbildung 20**).



ohne Tensid mit Tensid

Abbildung 20: Einfluss von Wasser mit und ohne Tensid [15]

In jedem Waschmittel sind Tenside, die folgende (gewünschte) Effekte hervorrufen:

- ⇒ Setzen die **Oberflächenspannung** des Wassers herab,
- ⇒ **Schäumen**,
- ⇒ **Benetzen** wasserabstoßende Oberflächen,
- ⇒ Besitzen **Schmutzablösevermögen**, sog. *Primärwaschvermögen*
- ⇒ Besitzen **Dispergier- bzw. Schmutztragevermögen**, sog. *Sekundärwaschvermögen* (Bildung von Emulsionen und Suspensionen).

Abbildung 21 zeigt den Aufbau und die Eigenschaften von Tensiden.

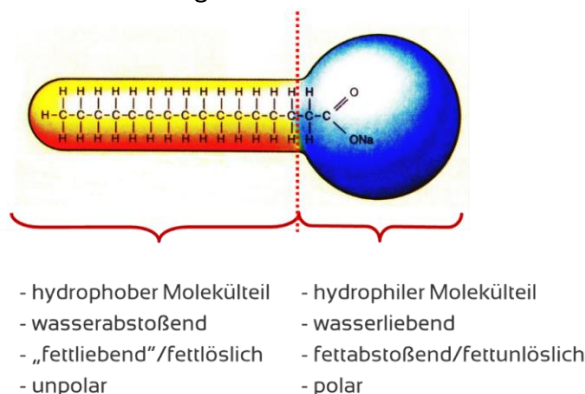


Abbildung 21: Aufbau von Tensiden [15]

Sobald sich öl- oder fetthaltige Verschmutzungen in Textilien befinden, unterwandern die Tenside den Schmutz und transportiert das tensidhaltige Wasser dieses aus den Fasern heraus. Die Öltröpfchen im Wasser werden durch die Tensidmoleküle umlagert, eingeschlossen und abtransportiert (siehe **Abbildung 22**).

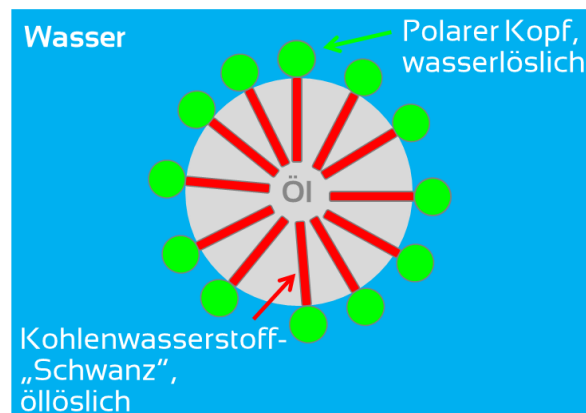


Abbildung 22: Wirkung des Tensids auf Öltröpfchen in Wasser [15]

Beim Waschen werden verschiedene Ziele verfolgt:

- ✓ Entfernung von Schmutz aus dem Textilien
- ✓ gezielte Fleckentfernung
- ✓ Geruchsentfernung
- ✓ Erhaltung des „Weißgrades“ von weißer Wäsche und
- ✓ Erhaltung der Leuchtkraft gefärbter Textilien und Aufdrucken

MERKE: Die Definition von Schmutz ist „Materie am falschen Ort“! Schmutz kann gleichmäßig über eine größere Fläche verteilt oder als Fleck konzentriert und dabei fest oder flüssig sein.



Schmutz wird meist nach seiner Herkunft eingeteilt. Unterschieden wird dabei in *Stäube* (Sand, Ruß, Hausstaub etc.), *Körperausscheidungen* (Urin, Blut, Hautfett etc.) und Verunreinigungen aus *häuslicher, gewerblicher und industrieller Tätigkeit* (Saucen, pflanzliche Fette, Kosmetika, Schmieröl, Metallabrieb).

4.3.1 Waschmittelarten

Die Auswahl an Waschmitteln und Waschhilfsmitteln ist sehr groß:

- ⇒ Vorwaschmittel
- ⇒ Vollwaschmittel
- ⇒ Alleinwaschmittel
- ⇒ Fein- und Buntwaschmittel
- ⇒ Wollwaschmittel
- ⇒ Universalwaschmittel

- ⇒ Booster
- ⇒ Bleichmittel
- ⇒ Imprägniermittel
- ⇒ Appreturen
- ⇒ Avivagen

Die Auswahl der eingesetzten Wasch- und Hilfsmittel erfolgt immer in Abhängigkeit von der Wäscheart, den jeweiligen Verschmutzungen und dem Waschsystem. Der Energieverbrauch eines Betriebes kann durch Einsatz auf den Betrieb angepasster Waschchemie positiv beeinflusst werden. Waschmittel mit vielen oder speziellen Funktionen sind meist auch teurer in der Beschaffung. Ihr Waschchemielieferant kann Sie individuell zu den passenden Produkten beraten.

4.3.2 Waschmitteldosierung

Die oben genannten Produkte können variieren: Es gibt *Pulver* oder *Flüssigwaschmittel*, die manuell oder durch automatische Dosiersysteme in die Waschmaschine gegeben werden. Bei Einsatz automatischer Dosiersysteme gibt es unterschiedliche Anforderungen:

- ✓ Automatische Dosierung zum vorherbestimmten Zeitpunkt
- ✓ Gleichbleibende Dosierung
- ✓ Kein Einbringen des Produktes direkt auf die Wäsche, da Wäscheschäden auftreten können
- ✓ Anpassung der Dosiertechnik an Produkteigenschaften wie Produktdichte, Schütt- und Rieserverhalten, Klebrigkeit, Löslichkeit
- ✓ Bauteile aus produktverträglichen Materialien
- ✓ Einfacher Betrieb sowie einfache Pflege und Wartung der Anlage
- ✓ Störmelder, Leermeldeanlagen

Meist liefern die Waschmittellieferanten auch die entsprechenden Dosieranlagen. Zur Auswahl einer geeigneten automatischen Dosieranlage müssen Betriebsinhaber folgende Fragen beantworten und mit dem Waschmittellieferanten absprechen:

- ⇒ Wie groß ist die Waschmaschinenkapazität?
- ⇒ Wie viel Wäsche ist täglich zu waschen
- ⇒ Wie vielfältig ist die Wäschezusammensetzung?
- ⇒ Wie viele Waschmaschinen möchte ich mit Dosiertechnik ausrüsten?
- ⇒ Welche Produkte möchte ich dosieren (Pulver, Flüssigkeiten)
- ⇒ Habe ich bereits Dosier- und Steuerungssysteme, die erweitert werden könnten?
- ⇒ Habe ich individuelle Anforderungen hinsichtlich Handhabung, Flexibilität?
- ⇒ Sind Sonderausstattungen, wie Steuerung über Leitfähigkeit, Betriebsdatenerfassung etc., erwünscht?
- ⇒ Wie sind meine baulichen Gegebenheiten?
- ⇒ Wie hoch sind die Investitions- und Unterhaltungskosten der Dosieranlage?

Abbildung 23 zeigt die Möglichkeiten der Versorgungsmöglichkeiten für Dosiertechnik.

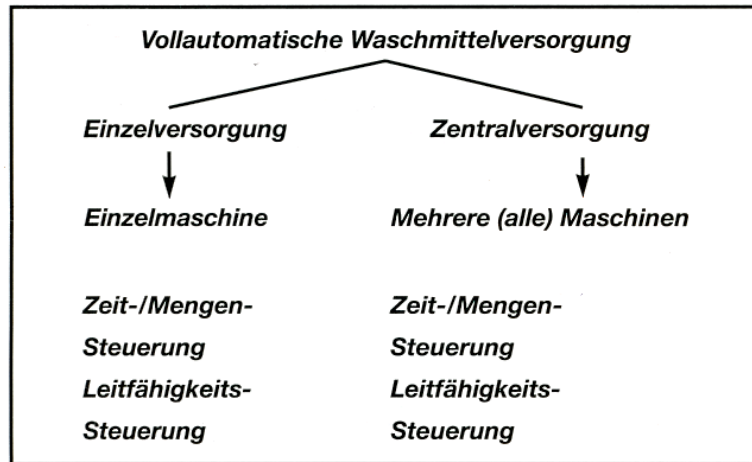


Abbildung 23: Versorgungsmöglichkeiten automatische Waschmittelversorgung [16]

Meist werden flüssige Produkte eingesetzt, die problemlos über Schlauchquetschpumpen dosiert werden können (siehe **Abbildung 24**).

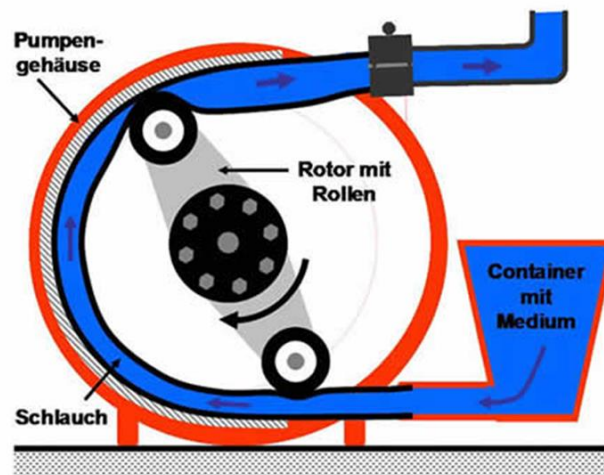


Abbildung 24: Schlauchquetschpumpe für Flüssigdosierung [17]

Deutlich teurer, jedoch mit einer höheren Dosiergenauigkeit, hohem Förderdruck und extrem wartungsarm sind Membranpumpen (**Abbildung 25**).

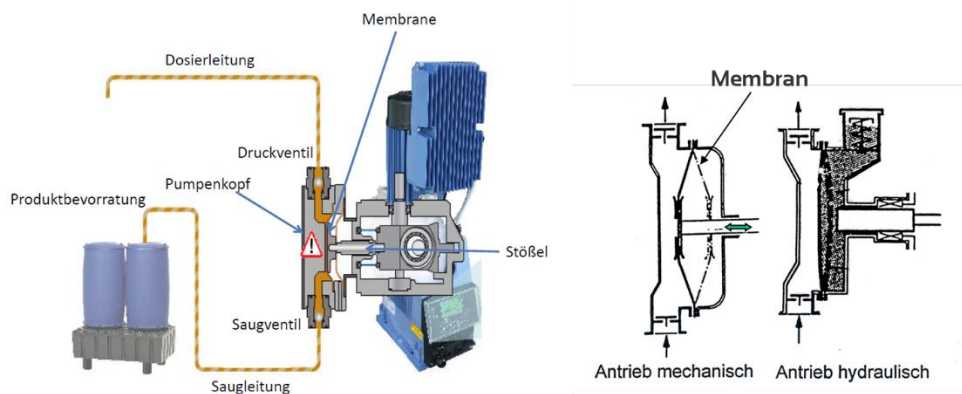


Abbildung 25: Membranpumpen zur Waschmitteldosierung [18]

Jede der vorgestellten Dosiertechniken ist sowohl für kleine Waschmaschinen wie sie im Textilreinigungsbereich eingesetzt werden, als auch für kontinuierlich arbeitenden Waschstraßen am Markt verfügbar.

MERKE: Manuelle Dosierung von Waschchemikalien führt zu schwankender Reinigungsleistung und ggf. zu Textilschädigung.

Vermeiden Sie Unterbeladung Ihrer Waschsleudermaschinen und passen Sie die Dosierung der Waschchemie an Beladungsmenge und Warenart an!

Automatische Dosieranlagen übernehmen diese Aufgabe für Sie!

Prüfen Sie regelmäßig Ihre Waschprogramme auf eine ausreichende – keine zu hohe und keine zu niedrige – Waschmitteldosierung.



4.4 Trocknen

4.4.1 Grundlagen

Beim Trocknen in Trommeltrocknern unterscheidet man prinzipiell in zwei Trocknungsarten. Zum einen gibt es die **Volltrocknung**, bei der Textilien nach dem Waschverfahren vollständig getrocknet werden (z.B. Frotteehandtücher). Zum anderen gibt es die **Vor-/Teiltrocknung**, die in der Textilreinigung meist nur bei der Trocknung von Wetcleantextilien angewendet wird, um Schrumpf zu vermeiden. Außerdem wird die Vortrocknung nach dem Schleudern bei größeren Wäschemengen als Vorbereitung, z.B. für das Finishen von Formteilen (Kittel etc.) angewandt.

Bei der Trocknung im Trommeltrockner (auch Tumbler genannt) wird Heißluft erzeugt und über die Wäsche geleitet. Die heiße Luft nimmt die Feuchtigkeit auf und transportiert diese aus dem Textil und der sich drehenden Trommel über einen Abluftkanal nach draußen. Die Textilien werden bewegt, um eine gleichmäßige Trocknung aller Teile im Luftstrom zu ermöglichen.

Abbildung 26 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Trockners.

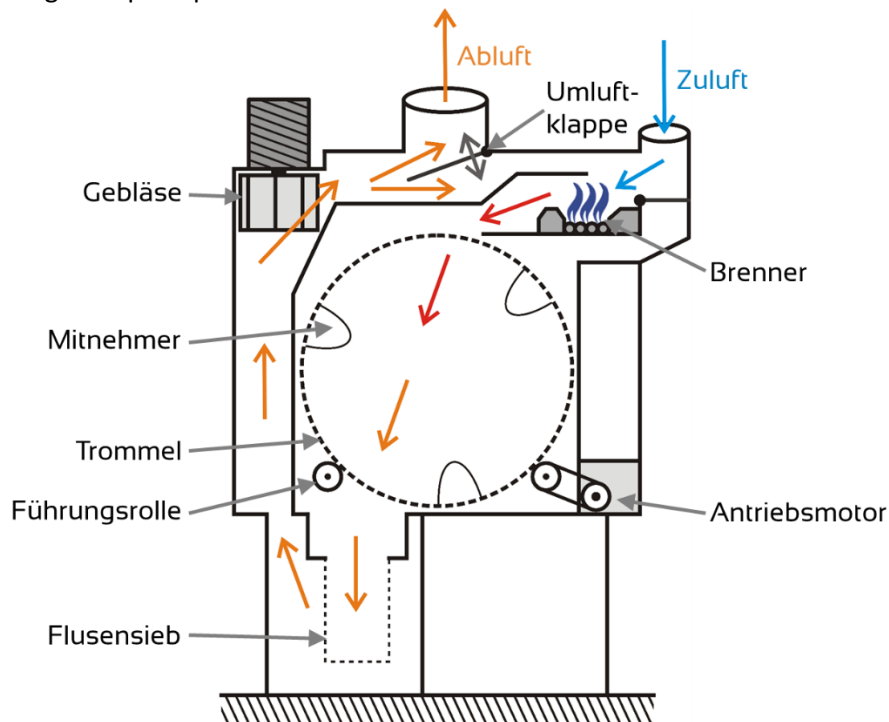


Abbildung 26: Aufbau eines Abluft-Trommeltrockners [19]

MERKE: Der Flusenfilter hat wesentlichen Einfluss auf die Trocknungsgeschwindigkeit und den Energieverbrauch. Diesen unbedingt sauber halten und spätestens nach 5 Trocknungszyklen reinigen!



Trockner haben unterschiedliche Steuerungsarten, um den Trockenpunkt der Wäsche zu ermitteln:

- **Zeitgesteuert**
Erfahrungswerte erforderlich, energetisch sehr ineffektiv
- **Temperaturdifferenzmessung**
Messung der Temperaturdifferenz zwischen Heißluft und Abluft; veraltet aber immer noch in einigen Betrieben vorhanden (überwiegend bei großen gewerblichen Trocknern)
- **Oberflächentemperaturmessung**
IR-Temperaturmessung, insbesondere bei großen, modernen Trocknern. Sehr gute Temperaturführung bei nahezu allen Textilarten.
- **Leitwertmessung**
Bisher nur bei kleineren Maschinen bis ca. 40 kg Beladepazität.

Da Wäschereimaschinen bei entsprechender Pflege eine lange Nutzungsdauer aufweisen, gibt es in der Praxis oft alte Trockner mit Zeitsteuerung (und Thermostatregelung zur Begrenzung der Zulufttemperatur). Dies führt jedoch dazu, dass die Textilien meist zu lange getrocknet werden, was neben der Schädigung der Textilien auch hohen Energiemehrverbrauch zur Folge hat. Bei Anschaffung neuer Geräte mit modernen Steuerungsmöglichkeiten wurde festgestellt, dass diese vom Personal oftmals nicht genutzt werden, sondern weiterhin die zeitliche Steuerung angewandt wird.

MERKE: Bei Neuanschaffung von Trocknern mit moderner Regelungstechnik die umfangreichen Möglichkeiten der Regelung kennenlernen und die Mitarbeiter so schulen, dass die zeitliche Steuerung nur noch in Sonderfällen (z.B. bei sehr dicker, voluminöser Ware) benutzt wird!



4.4.2 Beheizungs- und Regelungsarten von Wäschetrocknern

Wäschetrockner lassen sich nach verschiedenen Kriterien unterscheiden. Die wichtigsten Kriterien sind:

- ⇒ Bauart/Luftführung (offener oder geschlossener Luftkreislauf)
- ⇒ Nennfüllmenge
- ⇒ Beheizungsart
- ⇒ Regelungsart bzw. Führungsgröße für den Prozess

4.4.2.1 Nennfüllmenge

Trockner sollten immer mit der vom Hersteller angegebenen Beladungsmenge (Nennfüllmenge) betrieben werden! Alles andere ist Energie- und Geldverschwendung!

Bei Neuanschaffung eines Trockners sollten die erforderliche Beladungsmenge über die Betriebsgröße bzw. den vorhandenen und geplanten Warendurchsatz pro Tag und über die Warenarten ermittelt werden.

4.4.2.2 Beheizungsarten

Nahezu jede (wichtige) Heizungs- und Regelungsart ist für jede Trocknergröße erhältlich. In Deutschland ist der Markt für sehr kleine (unter 10 kg) Erdgas-beheizte Trockner und für große elektrisch (über 40 kg) beheizte Trockner sehr klein, so dass nur wenige Hersteller hier eine Lösung anbieten.

Auf dem Markt werden zahlreiche Beheizungssysteme angeboten. Entsprechend der aktuellen Marktsituation (2017) lassen sich die Beheizungsarten wie folgt unterteilen:

- ⇒ Ohne Beheizung (Schüttler, keine Marktrelevanz für Reinigungsbetriebe)
- ⇒ Heißwasser (wird in der Praxis derzeit nicht angewandt)
- ⇒ Thermoöl beheizt (wird in der Praxis nicht angewandt)
- ⇒ Elektrische Energie
 - Direkt beheizt (Widerstandsheizung / Heizstab)
 - Ablufttrockner (offener Kreislauf)
 - Kondensationstrockner (geschlossener Kreislauf)
 - Indirekt beheizt (Wärmepumpenanlagen als geschlossener Kreislauf)
- ⇒ Dampf-beheizt (Dampf-Wärmetauscher)
- ⇒ Erdgas-beheizt (direkte Flamme im Luftstrom)

Alle Trockner – mit Ausnahme der Trockner mit geschlossenem Kreislauf – sind Ablufttrockner, die nur zeitweise einen Anteil der Abluft wiederverwenden, ansonsten jedoch Luft ansaugen, erhitzen und wieder (an die Umgebung) abgeben. Dies erfordert mehr oder weniger aufwändige Abluftrohrsysteme.

Im gewerblichen Bereich sind mit Heißwasser und Thermoöl beheizte Systeme Exoten. Neben dem Risiko von Leckagen sind vor allem Heißwassertrockner in der Trocknungsgeschwindigkeit und dem Installationsaufwand allen anderen Systemen unterlegen.

Schüttler, also Trockner ohne Beheizung oder mit ausgeschalteter Heizung, dienen vor allem Großbetrieben zum Auflockern des Presskuchens nach dem Waschen in Waschstraßen vor der Weiterbearbeitung (Mangeln, Finishen).

Eine Volltrocknung mit einem Trockner ohne Heizung ist wirtschaftlich nur möglich, wenn eine Quelle mit trockener, schadstoffarmer und partikel-, geruch-, und flusenfreier warmer Abluft, z.B. die Abgase einer Gasturbine, zur Verfügung steht.

Am Markt (Stand 2017) sind Wärmepumpentrockner bis etwa 30 kg Nennbeladung und Kondensationstrockner bis 10 kg Nennbeladung erhältlich. Diese Trockner mit geschlossenem Luftkreislauf sind gekennzeichnet durch lange Trocknungszeiten, was diese Maschinen für die gewerbliche Nutzung wirtschaftlich unattraktiv macht.

Auch elektrisch beheizte Ablufttrockner sind in ihrer Trocknungsgeschwindigkeit nur für spezielle, zeitunkritische Ware einsetzbar. Das liegt auch an den beschränkten elektrischen Leistungen, die sich an den üblichen, niedrigen Hausanschlussleistungen orientieren und lange Trocknungszeiten verursachen. Mit höheren Leistungen könnten höhere Temperaturen erreicht bzw. größere Luftvolumenströme aufgeheizt und die Prozesszeiten verkürzt werden.

Bei an die Belastungsgrenzen gekommenen elektrischen Anlagen kann mit der Anschaffung leistungsstarker elektrischer Trockner zusätzlicher Investitionsaufwand für die Elektroinstallation erforderlich sein. Während die elektrischen Ablufttrockner ständig kühle Zuluft aufheizen müssen, benötigen Kondensationstrockner eine kontinuierliche Wärmeabfuhr um die in der Prozessluft enthaltene Feuchte durch Kondensation zu entfernen. Hohe Raumlufttemperaturen sind deshalb für den Prozess ungünstig. Wärmepumpentrockner umgehen dieses Problem und führen die Wärme nach der Kondensation wieder der Prozessluft zu. Es bleibt der höhere Aufwand für Wartung und Pflege der Wärmetauscher.

Weit verbreitet sind deshalb Trockner mit Dampf- und Erdgasheizung.

Für die Beheizung mit Dampf wird eine ausreichend dimensionierte Dampf- und Kondensatleitung benötigt (siehe auch **Kapitel 5.1.2**). Konstruktives Merkmal ist ein massiver Wärmetauscher (Heizregister), der eine gewisse Trägheit in der Aufheizphase des Trocknungsprozesses aufweist. Die Masse und die thermische Speicherfähigkeit führen auch zu Energieverlusten, weil die enthaltene Wärme kurze Abkühlzeiten verhindert und Oberflächenverluste ungenutzt in den Abstellraum entweichen. Die Anforderungen an die Abluftleitungen sind gegenüber Erdgas-beheizten Versionen geringer, weil die Abluft kein Rauchgas aus der Gas-Verbrennung enthält. Auch wenn dieser Umstand Optimierungspotenziale hat, steht der dampfbeheizte Trockner für den systembedingten Nachteil, dass die Erzeugung und Verteilung von Dampf immer verlustbehaftet ist. Diese Verluste können zwischen ca. 5 und 30 % des eingesetzten Brennstoffs am Dampfkessel betragen.

Bei Wäschetrocknern über 10 kg Nennfüllmenge wird der erdgasbeheizte Wäschetrockner aufgrund seiner positiven Eigenschaften vielfach eingesetzt:

- ⇒ einfacher Aufbau
- ⇒ geringe Kosten für hohe Heizleistungen
- ⇒ geringer Wartungsaufwand
- ⇒ schnelle Aufheizzeiten
- ⇒ keine Wärmetauscherverluste für die Wärmezufuhr
- ⇒ breites Angebot professioneller Trockner von 10 bis ca. 300 kg Nennbeladung

Diese Eigenschaften führen bei geeigneter Prozessführung und geringen Restfeuchtegehalten nach dem Schleudern zu Trocknungszeiten für die Volltrocknung von Frotteeware unter 20 Minuten.

Als Alternative zum klassischen Trockner bietet sich für empfindliche Ware der Trockenschrank bzw. Trockenraum an. Die Textilien werden aufgehängt und erfahren keine mechanische und deutlich geringere thermische Belastung. Durch die meist fehlende Bewegung der Ware und ungleichmäßige Luftströmung sind die Trocknungszeiten länger und schwer vorhersagbar. Außerdem sind die Textilien meist weniger flauschig als beim Trocknen im Tumbler. Insgesamt ist es eine energetisch günstige, aber zeitintensive Lösung für empfindliche Textilien.

MERKE: Wasserentfernung aus Textilien durch Schleudern mit hoher Schleuderdrehzahl ist deutlich wirtschaftlicher als Verdampfen von Wasser mit heißer Luft in Trocknern.

Faustformel: Die Erhöhung der Spülwassertemperatur von 20 auf 50 °C reduziert die Restfeuchte durch Schleudern um ca. 10 % (siehe auch Kapitel 7.1.3).

Demgegenüber kann bei synthesefaserhaltiger Ware erhöhter Finishaufwand entstehen, da Schleudern bei Warentemperaturen über 40 °C die Knitterbildung verstärkt.

Erdgas-beheizte Trockner sind durch Bereitstellung hoher Leistungen bei geringen Kosten im Vorteil. Sie sind schneller und wirtschaftlicher als alle anderen Trockner.

Dampf-beheizte Trockner bieten sich an, wenn die Effizienz des Dampferzeugers durch mehr Auslastung erhöht werden kann und Abgase in der Trocknerabluft vermieden werden sollen (lokale Gegebenheiten, Normen und Richtlinien).

Die Effizienz von Ablufttrocknern kann durch Abluftwärmetauscher um ca. 30 %, bei Nutzung der Kondensationswärme um bis zu 50 % erhöht werden (siehe auch Kapitel 4.4.3.2. und Kapitel 8.4)

Nutzen Sie vorhandene Abwärme z.B. aus Druckluftherzeugung für Trocknungsprozesse zum Beispiel in Trockenschränken!



4.4.2.3 Regelungsarten von Wäschetrocknern

Die Digitalisierung macht auch vor Textilreinigungen nicht halt. Trockner mit reiner Zeitsteuerung werden durch immer intelligentere Trockner ersetzt, die irgendwann mit der Waschmaschine kommunizieren und so bereits aus dem Waschprogramm die optimale Trocknereinstellung erkennen. Noch (2017) ist es nicht so weit, doch die Sensorik erlaubt bereits heute deutliche Effizienzsteigerungen zum Vermeiden des Übertrocknens (knochentrockene Textilien).

Übertrocknung bedeutet Textilschädigung, d.h. Schrumpf, Vergilbung Farbveränderungen, Nahtkräuselung etc.)!



Je nach Trockner können die Steuerungen (siehe auch **Kapitel 4.4.1**) unterschieden werden:

- ✓ **Zeitsteuerung (Zeitschaltuhr)** mit einstellbarem Thermostat für die Zuluft
 - *Einfach*
 - Die Temperatur der Prozesszuluft wird durch einen Thermostat/Regler auf dem eingestellten Niveau gehalten.
 - Nach Ablauf der eingestellten Trocknungszeit wird für kurze Zeit mit Raumluft die Wäsche langsam abgekühlt (Knitterschutz).
 - **Robust**
Keine oder nur wenig Elektronik, meist elektromechanische Systeme, keine Sensorik
 - Nicht mehr zeitgemäß:
 - Der Nutzer muss wissen, wie lange der Prozess bei der eingestellten Temperatur dauert.
 - Oft fehlt die Knitterschutzfunktion, zusammen mit Übertrocknung kann der Energieaufwand fürs Finishen steigen
- ✓ **Temperaturdifferenzregelung**
 - *Einfach*
 - Einstellbar sind:
 - Solltemperatur der Zuluft
 - Solltemperatur der Abluft
 - Solldifferenztemperatur zwischen Zu- und Abluft als Abbruchkriterium
 - Am Ende des Trocknungsprozesses steigt die Ablufttemperatur und unterschreitet (über eine feste oder einstellbare Zeit) die Temperaturdifferenz als Abbruchkriterium für den Trocknungsprozess.
 - Nach Ablauf der eingestellten Trocknungszeit wird für kurze Zeit mit Raumluft die Wäsche abgekühlt (Knitterschutz).
 - **Überschaubare Regelungstechnik**
Das System besteht im Wesentlichen aus einem Regler und zwei Temperatursensoren.
- ✓ **Leitwertregelung**
 - Die Trommel ist z.B. in zwei voneinander isolierte Hälften geteilt oder verfügt über mehrere Kontaktpaare in der Trommel oder in den Mitnehmern.

- Eine Messspannung wird angelegt und über die feuchte Wäsche fließt ein geringer Messstrom.
- Je trockener die Wäsche wird desto geringer wird der Messstrom. Der Leitwert verändert sich (er wird kleiner).
- Das Messverfahren funktioniert unterschiedlich gut, in Abhängigkeit von Salzen und der Leitfähigkeit der Textilien (z.B. durch Metallfäden, Metallbedampfung). Es ist bisher für größere Beladungsmengen ungeeignet.
- Meist wird die Leitwertregelung mit anderen Verfahren kombiniert und dient überwiegend dem Prozessabbruch oder der Einleitung des Abkühlens.
- ✓ **Regelung über Infrarottemperatur der Wäsche**
- Die Oberflächentemperatur (IR-Temperatur) der Wäsche wird mit einem Sensor während des Prozesses gemessen.
- Zu Beginn des Prozesses steigt die Temperatur der Wäsche auf einen weitgehend konstanten Beharrungswert an. Am Ende des Trocknungsprozesses mit Beginn der Verdunstung der letzten Feuchtigkeit steigt die Temperatur der Wäsche überproportional an. Der Trocknungsprozess wird beendet, wenn die IR-Temperatur der Wäsche einen warenspezifischen, meist einstellbaren Sollwert für eine feste oder einstellbare Zeit überschreitet.
- Das Verfahren kann aufgrund der Messung der Oberflächentemperatur besondere Betriebszustände nicht gut erkennen:
 - Bei zu geringer Beladung kann die warme Trommeloberfläche in das Messfeld des IR-Sensors fallen und zu erhöhten Messwerten führen. Der vom System berechnete Mittelwert steigt über die tatsächliche Temperatur der Wäsche. Als Folge wird der Trocknungsprozess zu früh beendet und der Restfeuchtegehalt der getrockneten Wäsche ist zu hoch.
 - Bei Trocknungsprozessen mit konstant hohem Umluftanteil kann der Effekt auftreten, dass die Wäsche bis zur Solltemperatur erwärmt wird, jedoch durch den hohen Umluftanteil die Abfuhr von Wasserdampf (Verdampfung der Feuchte aus den Textilien) noch nicht abgeschlossen ist. Moderne Trockner können dies durch entsprechende regelungstechnische Eingriffe kompensieren.

MERKE: Bei Neuanschaffung Trockner mit Infrarotmesstechnik auswählen. Durch die direkte Textiloberflächentemperaturmessung werden Schäden (Textilschrumpf, Farbveränderungen etc.) vermieden. Trockner mit integrierter Rückgewinnung der Energie in der Abluft senken über die Nutzungszeit den Energiebedarf um bis zu 30 %.



Trockner möglichst mit Nennbeladung betreiben, da

Unterbeladung: Ineffizient durch die Luft, die an der Ware ungenutzt vorbeiströmt

Überbeladung: Ineffizient durch reduzierten Prozessluftvolumenstrom und verstärkte Knitterbildung

4.4.3 Optimierung des Trocknungsprozesses

Grundsätzlich setzt sich die Energiebilanz eines Trocknungsprozesses wie folgt zusammen:

Zugeführte Energie / Energieströme	Abgeführte Energie
+ Wärmeinhalt der Wäsche beim Beladen	- Abgeführte Wärme der Wäsche beim Entladen
+ Wärmeinhalt des Wassers in der Wäsche	- Abgeführte Wärme des Wassers (Restfeuchte) in der Wäsche
+ Wärmeinhalt der zugeführten Prozessluft	- Wärmeinhalt der Abluft
+ Wärmeinhalt des in der Prozessluft (Zuluft) enthaltenen Wasserdampfs	- Wärmeinhalt des in der Abluft enthaltenen Wasserdampfs (also dem Wasserdampf der Zuluft und dem verdampften Wasser)
+ Wärme aus Brennstoff/Dampf/elektr. Energie	- Oberflächenverluste durch Konvektion und Wärmestrahlung der erhitzten Geräteteile

Die Faktoren, die die aufgeführten Energieströme darstellen, bestimmen den wesentlichen Optimierungsumfang.

Dabei gilt folgendes zu berücksichtigen:

- Warme Abluft soll möglichst lange im Trockner bleiben. Das kann zum Beispiel durch Umluftbetrieb und Abluftwärmetauscher realisiert werden.
- Nur überschüssige Energie des Trockners für eine andere Maschine verwenden (siehe **Abbildung 27**). Nur so kann sichergestellt werden, dass der größte Anteil der Energie ohne größere Speicher- und Transportverluste genutzt wird. Dadurch reduziert sich meist auch der bauliche Aufwand.

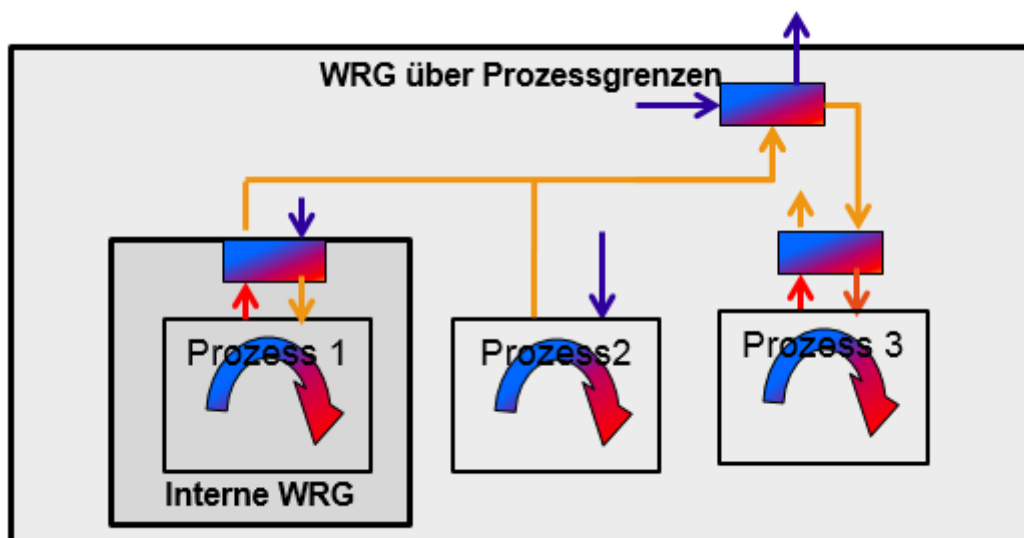


Abbildung 27: Prinzip Wärmerückgewinnung: Zuerst im Prozess, dann Nutzung in anderen Prozessen [20]

- Direkte Nutzung (z.B. durch Umluftbetrieb) ist effizienter als Wärmeübertragung mit einem Wärmetauscher.
- Untergeordnete Parameter, die nur durch eine Neuanschaffung oder massive Umbauten beeinflusst werden können, sollten unberücksichtigt bleiben (z.B. Austausch des Ventilatormotors zur Minderung der Verluste des Motors)

- Der Trocknungsprozess wird bestimmt durch die schnelle Zufuhr von Energie in die zu trocknenden Textilien.
- Der Trocknungsprozess findet grundsätzlich bei jeder Temperatur statt und zwar solange bis ein Gleichgewicht zwischen der Feuchte der Ware und der Luft eintritt. Bei gesättigter Luft kann jedoch keine Verdunstung mehr stattfinden.
- Je nach Trocknertyp wird deshalb Energie zugeführt und durch Wärmeabfuhr das aus den Textilien entfernte Wasser (Wasserdampf) an kalten Oberflächen (Wärmetauscher) kondensiert (bei geschlossenen Luftkreisläufen: Funktionsprinzip Haushaltskondensationstrockner) oder die mit Feuchtigkeit beladene Luft abgeführt und durch trockene Frischluft ersetzt wird (offener Luftkreislauf).
- Wird einem offenen Luftkreislauf keine Wärme zugeführt, kühlt die Luft durch die entstehende Verdunstungskälte ab. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt durch diese Abkühlung sowie durch die verdunstete Wassermenge an.
- Textil-schädigendes Überrocknen der Ware ist Zeit- und Energieverschwendung, da Textilien immer Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen. Bei üblichen Umgebungstemperaturen von 20 °C und 65 % relative Luftfeuchte stellt sich eine Gleichgewichtsfeuchte im Textil nach **Tabelle 7** ein.

Tabelle 7: Gleichgewichtsfeuchte unterschiedlicher Gewebearten [21]

Textilart	Gleichgewichtsfeuchte [%]
Baumwolle	9
Wolle	16
Polyamid	4
Polyester	0,4

4.4.3.1 Aufbereitung der Wäsche und Trocknerbeladung

Wieviel Energie Sie für die Wäschetrocknung benötigen, entscheidet sich bereits beim Waschprozess. Je höher die Wäsche- bzw. Wassertemperatur und je geringer der Restfeuchtegehalt zu Beginn des Trocknungsprozesses ist, desto geringer ist der Energieaufwand für die Trocknung und – bei entsprechend intelligenter Steuerung des Trocknungsprozesses – desto kürzer der Trocknungsprozess.

MERKE: Grundsätze, die jeder beachten sollte:

- ⇒ **Unterbrechen Sie nie einen begonnenen Trocknungsprozess durch Nachlegen von feuchter Wäsche! Egal wie gut die Steuerung ist, es wird immer überrocknete, trockene und noch feuchte Ware am Prozessende zu finden sein – oft wird dann einfach nochmals getrocknet. Sinnvoller ist ein extra angelegtes kurzes Nachtrocknenprogramm.**
- ⇒ **Vermeiden Sie Unterbeladung! Die Beladungsmenge sollte mindestens 50 % der Nennbeladung des Trockners entsprechen, außer bei extrem voluminöser Ware. Man kann behelfsweise eine Markierung (z.B. Lackstift am Bullauge) als Orientierung für die Füllmenge anbringen. Ideal sind Tageslisten am Trockner und ein Transportwagen mit integrierter Wiegezone zur Notierung des Entladegewichts, so dass mit wenig Aufwand die Trockenleistung des Trockners erfasst werden kann. Sie kennen das sicher von Ihrer Textilreinigungsmaschine.**
- ⇒ **Kleine Posten werden in einem passenden Kleintrockner, Trocknerschrank oder in einem Netz zusammen mit anderen Posten getrocknet.**



- ⇒ **Faustformel 1:** Die Halbierung des Feuchtegehalts der zu trocknenden Wäsche kann die Trocknungsdauer bei infrarotgesteuerten Trocknungsprozessen auf ca. die halbe Zeit reduzieren.
- ⇒ **Faustformel 2:** Die Reduzierung der Restfeuchte durch mechanische Entwässerung um 1 % spart ca. 4 % Energie thermische Energie im Wäschetrockner [22].
Warme Wäsche wird besser entwässert und muss – ohne Abkühlpause, ggf. in Transportwagen abgedeckt – auch weniger im Trocknungsprozess erwärmt werden (siehe auch Kapitel 4.4.2.2 und 6.1).

4.4.3.2 Bauliche Maßnahmen zur Optimierung

Zur Optimierung von Wäschetrocknern (Tumbler) stehen unterschiedliche Optionen zur Verfügung. Alle Maßnahmen, die über die Prozessgrenzen hinausgehen, sind in **Kapitel 7** dargestellt.

Alle Maßnahmen sollten bezüglich ihrer Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Eine Einbindung eines Fachberaters ist empfehlenswert. Der DTV in Bonn kann dazu Ansprechpartner nennen.

Folgende baulichen Maßnahmen führen am Trockner selbst zu einer Effizienzsteigerung:

- **Dämmen heißer Bauteile**

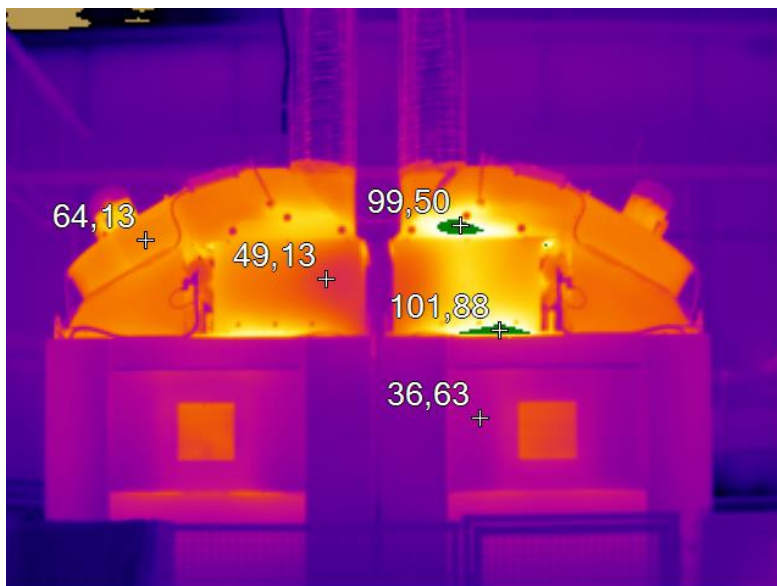


Abbildung 28: Thermografie von zwei erdgasbeheizten Wäschetrocknern [23]

Meistens werden Trockner nur wegen auftretender Schallemissionen im Bereich des Ventilators und ggf. an der Außentrommel mit einer 10 - 20 mm dünnen Dämmung verkleidet. Entsprechend stark strahlen vor allem Dampf- und Erdgas-beheizte Trockner große Wärmemengen in den Aufstellraum ab. Obwohl in Textilreinigungsbetrieben Abluftanlagen vorhanden sind, werden unbehaglich hohe Raumlufttemperaturen und -luftfeuchtigkeit erreicht, weshalb Fenster bzw. Türen permanent

geöffnet sind. Das erhöht zusätzlich die Wärmeverluste aller Maschinen und Rohrleitungen durch den ständigen Kühlluftstrom.

Wenn man Trockner zusätzlich dämmen will, muss man folgende Anforderungen beachten:

- Ideal: Unbrennbar, Mindestanforderung: Temperaturbeständigkeit bis ca. 250 °C
- Bei Kontakt mit dem Luftstrom:
 - Keine Abgabe von Schadstoffen oder Fasern
 - Keine Aufnahme von Kondensat
- Einfache Reinigung

Die Anforderungen an eine im Luftstrom liegende Dämmung sind hoch und erhöhen die Kosten für die Maßnahme. Es bietet sich eine Außendämmung (außerhalb des Luftstroms) an. Die Dämmung sollte durch Blechverkleidungen gegen mechanische Beschädigung geschützt und leicht demontierbar sein (zum Beispiel Spannsysteme oder Flügelschrauben an vorhandenen Bohrungen/Gewinden).

Je nach Trocknertyp sind folgende Bauteile meistens nur wenig gedämmt und können gedämmt werden:

- Heizregister bei Dampf-beheizten Trocknern
- Oberseite / Brennerhaube bei Erdgas-beheizten Trocknern
- Anschlusskasten Hauptgebläse (der Lüftermotor muss frei bleiben, sonst kann der Motor überhitzen!)
- Umluftkasten (bei größeren Trocknern)
- Luftkanal von der Trommel bis zum Ventilator
- Außentrommel (bei großen Trocknern mit gelochter Trommel und tangentialer bzw. vertikaler Luftführung)

- **Abdichten des Trockners**

Vor allem größere Wäschetrockner haben durch zahlreiche Bauteile, die unter Verwendung von Dichtmasse verschraubt sind, eine enorm hohe Leckluft rate. Alle Ablufttrockner arbeiten von der Luftansaugung bis zum Gebläse mit Unterdruck. Alle Leckagen in der Luftführung hinter der Trommel stellen eine Ansaugung von Raumluft ohne Nutzen für den Trocknungsprozess dar. Diese können durch temperaturbeständiges Klebeband (z.B. Aluklebeband aus dem Heizungsbau) oder temperaturbeständige Dichtmasse abgedichtet werden. Türdichtungen sollten regelmäßig geprüft, gereinigt und bei Defekt ersetzt werden.

MERKE: Bohrungen für Sensoren, vor allem für Infrarotsensoren, müssen als Leck erhalten bleiben, weil die Sensoren nur durch die Kühlwirkung der vorbeiströmenden, kühleren Luft nicht überhitzen und ausfallen. Gleichzeitig lagern sich weniger Flusen an, die die Funktion des Sensors stören.



- **Nachrüsten einer Luftansaugleitung**

Nahezu jeder Betrieb saugt die Frischluft für den Trocknungsprozess aus dem Aufstellraum an. Raumluft ist jedoch nicht die geeignetste Luft für den Trocknungsprozess:

- Raumluft enthält mehr oder weniger viele Flusen, die sich am Flusensieb absetzen und den Luftvolumenstrom mindern. Der Trocknungsprozess verlängert sich und die Reinigung des Flusensiebs muss häufiger durchgeführt werden.
- Ablufttrockner saugen Raumluft an. Der entstehende Unterdruck führt zu einer unkontrollierten Nachströmung durch Tür- und Fensterspalten im Aufstellraum. Das kann die Behaglichkeit beeinträchtigen und zusätzlichen Heizbedarf verursachen. Der Heizbedarf wird bei den meisten Betrieben durch mangelhafte Dämmung von Dampfleitungen und Verluste der Maschinen (über-)kompensiert. Die Heizkostenrechnung vieler Betriebe ist somit zum Teil in den Kosten der Dampfversorgung versteckt.
- Raumluft ist meist warm und enthält je nach Maschinenanordnung im Jahresdurchschnitt mehr Feuchte als die Außenluft.

- **Nachrüsten einer kombinierten Abluft - / Zuluftleitung (Luftabgassystem, LAS)**

In einem Doppelrohr werden Abgas (inneres Rohr) und Frischluft für die Verbrennung (äußeres Rohr) der Gasbrennwerttherme zur Gebäudebeheizung ab- bzw. zugeführt.

Dieses System lässt sich auch auf Wäschetrockner übertragen und wird optional gegen Aufpreis bereits von einzelnen Herstellern angeboten.

Neben den Vorteilen, die auch eine Luftansaugleitung bietet, wirkt das LAS wie ein Wärmetauscher und beheizt die Zuluft mit der Wärme der Abluft. Gerade im Winter können dabei größere Mengen Kondensat in der Abluft ausfallen. Diese müssen abgeführt werden und können größere Mengen Flusen enthalten.

- **Nachrüsten eines Abluftwärmetauschers**

Die Abluft von Wäschetrocknern enthält fast die gesamte Energie, die dem Wäschetrockner zugeführt wurde. Ohne Wärmetauscher führt man teuer eingekaufte Energie über das Hausdach ab! **Abbildung 29** zeigt den Temperaturunterschied der Abluft vor und hinter einem Abluftwärmetauscher.

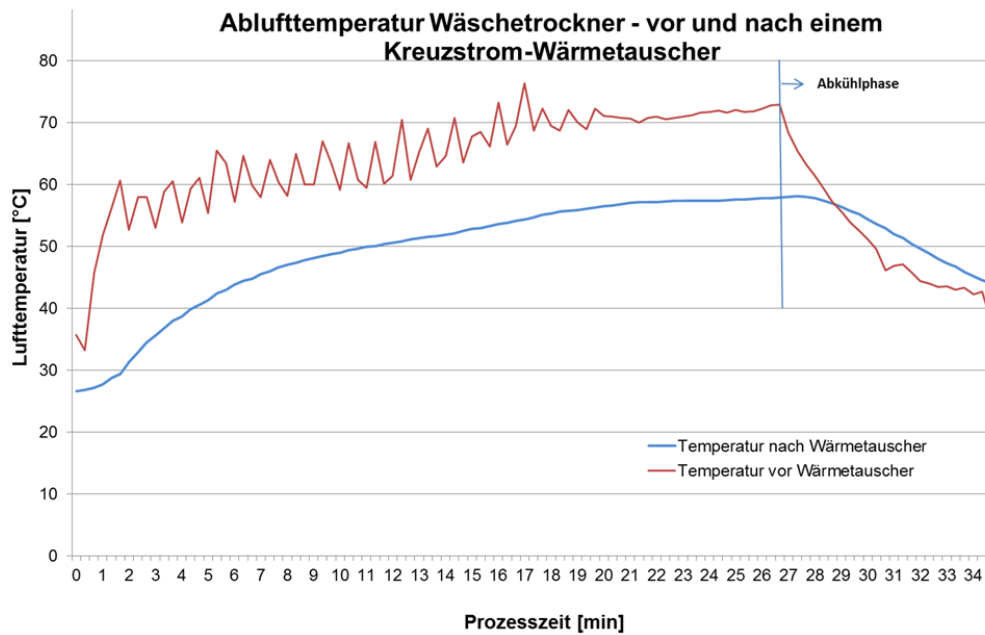


Abbildung 29: Ablufttemperatur Wäschetrockner vor und hinter einem Kreuzstromwärmetauscher

Bei „trockener“ Abluft können bis zu 30 % der zugeführten Wärme zurückgewonnen werden. Wenn in der Abluft enthaltener Wasserdampf im Wärmetauscher kondensiert (sogenannte „latente“ Wärme wird frei), kann deutlich mehr Wärme übertragen werden. Dazu muss der Taupunkt der Abluft unterschritten werden.

MERKE:

Zuerst den Trocknungsprozess durch Umluftnutzung optimieren, dann einen Wärmetauscher nachrüsten!



Trocknen Sie in ihrem Betrieb im Trockner mehr als 4 Posten pro Tag, könnte der Einbau eines Abluftwärmetauschers sinnvoll sein, um die Zuluft vorzuheizen. Damit können Temperaturen der Zuluft nach dem Wärmetauscher von über 50 °C bei Dampf- und Erdgas-beheizten Trocknern erreicht werden. Beim Einbau eines Wärmetauschers ist Folgendes zu beachten:

- Geeigneter Wärmetauscher
 - Ausreichend dimensioniert: der max. Luft-Nennvolumenstrom nach Herstellerangabe muss innerhalb des zulässigen Druckverlusts vom Trockner transportiert werden können.
 - Hohe Dichtheitsklasse (DIN EN 13779) zwischen Abluft- und Zuluftseite, um keine Abgase anzusaugen oder ggfs. Kondensat der Zuluft zuzuführen.
 - Es gibt mehrere Ansätze, um den deutlich verschlechterten Wärmeübergang durch anhaftende Flusen zu minimieren:
 - Erhöhter Plattenabstand bei Kreuzstrom- und Plattenwärmetauschern zur Vermeidung von Verstopfungen durch Flusen
 - Glatte Oberflächen zur Reduzierung der Faserhaftung
 - Vorgelagerter Flusenfilter
 - Reinigung des Wärmetauschers durch
 - Druckluft
 - Mechanische Reinigung (Spiralen, Schaber, etc.)

- Wasser einsprühen
- Eine Kombination aus Wasser einsprühen und optimierter Prozessführung zum erhöhten Kondensatausfall
- Insbesondere bei erdgasbeheizten Trocknern ist auf den maximal zulässigen Druckverlust im Luftkanalnetz zu achten.
- Bypass-Funktion für den Wärmetauscher vorsehen, um die Abkühlzeiten so niedrig wie ohne Wärmetauscher halten zu können.
- Erdgasbeheizte Wäschetrockner verfügen in den meisten Fällen über zwei Luftströme:
 - Brennerzuluft
 - Prozesszuluft

Trockner einiger Hersteller saugen Luft nicht direkt über außenliegende Anschlussstutzen an, sondern innerhalb des Gerätegehäuses. Ohne Wärmerückgewinnung und gedämmte Trommel wird die angesaugte kühle Raumluft durch die Verluste vorgewärmt: Es gelangen aber auch Flusen in die Maschine. Zusätzlich kann bei Nachrüstung eines Abluftwärmetauschers am äußeren Stutzen der Druckverlust dazu führen, dass ein Teil der Frischluft nicht über den Wärmetauscher, sondern über vorhandene Spalten und Schlitze im Trockner angesaugt wird. Erst eine Verlängerung der Ansaugstutzen nach außen ist bei diesen Trocknern eine Wärmerückgewinnung sinnvoll. Die vorgewärmte Luft wird direkt dem Trocknungsprozess zugeführt.

Wenn Sie nicht sicher sind, welche Maßnahme für Ihren Trockner am besten geeignet ist, wenden Sie sich an den DTV. Dort kann man Ihnen einen geeigneten Berater aus der Wäscherei- und Textilreinigungsbranche nennen.

Wäschetrockner mit Erdgasbeheizung unterliegen der Feuerstätten-Verordnung. Binden Sie bei Maßnahmen am Abluftsystem frühzeitig den zuständigen Bezirksschornsteinfeger ein. Je besser Sie vorbereitet sind, umso größer sind Ihre Chancen, dass Sie eine zustimmende Aussage bekommen.

MERKE: Die mechanische Trocknung durch Schleudern sollte der thermischen immer – soweit möglich – vorgezogen werden, da der energetische Aufwand geringer ist.

Ein erhöhter Umluftanteil sollte im Aufheizvorgang eingesetzt werden.

Während der eigentlichen Trocknung sollte er hoch sein.

Die Abwärme des Trockners sollte durch einen Wärmetauscher zurückgewonnen werden.

Es sollte überprüft werden, ob die Abwärme des Druckluftheizers für die Prozessluftvorwärmung verwendet werden kann. Außerdem sollte man kontrollieren, ob das Aufheizen von Waschwasser durch die Abluft des Wäschetrockners wirtschaftlich möglich ist.

Übertrocknung sollte vermieden werden, nicht nur aufgrund der Energieeinsparung, sondern vor allem wegen möglichen Schäden an der Wäsche.

Der Trockner sollte im Idealfall immer nach Herstellerangaben beladen werden. Ist dies aus organisatorischen Gründen nicht möglich, sollte das Programm der niedrigeren Beladung angepasst werden.



4.4.4 Hinweise bei Neuanschaffung

Die technische Entwicklung verläuft heutzutage extrem schnell, weshalb Empfehlungen nur sehr allgemein gehalten werden können.

Bei Neuanschaffung sollte eine betriebsspezifische Gewichtung zwischen Prozessdauer und Energiebedarf durchgeführt werden. Im Allgemeinen führen geringe Energieverbräuche zu längeren Prozesszeiten. Lange Prozesszeiten mindern den täglichen Wäshedurchsatz und erfordern einen größeren Maschinenpark. Erst die Information über den Energieverbrauch bei gleichzeitiger Prozessdauer liefert eine Aussage zur Effizienz eines Trockners.

- Grundsätzlich bestimmen die betrieblichen Rahmenbedingungen die Anschaffung von Trocknern.
 - Wirtschaftlichkeit: Investitionsbudget bzw. Finanzierungskosten, Strom- und Erdgasarif bzw. Dampferzeugungs- und Personalkosten
 - Kundenstruktur: Leasinggeschäft, Großkunden oder Laufkundschaft
 - Technische Rahmenbedingungen: Vorhandene Anschlussleistungen der Erdgas-, Dampf- und Stromversorgung, ggf. Kosten für Ausbau der Anschlussleistung
- Erdgastrockner sind Stand der Technik in Bezug auf Prozessdauer und Erreichen niedriger spezifischer Werte des Energiebedarfs (s. **Kapitel 8.4**)
- Das Trocknen mit elektrischer Energie kann zukünftig dann sinnvoll sein, wenn im Rahmen des „smart metering“ (intelligente Stromabrechnung) flexible Stromtarife angeboten werden. Bei sommerlichem Überschuss an regenerativem Strom und entsprechend niedrigen Strompreisen würde ein „Hybrid“-Wäschetrockner zum Beispiel von Erdgas- auf Strombetrieb umschalten.
- Große Bedeutung bekommt auch die Vernetzung der Prozesse. RFID-Technik könnte dann die manuelle Auswahl von Programmen erübrigen, wenn ein Chip in jedem Textil der Maschine beim Beladen die Textileigenschaften mitteilt.

5 Energie und Gebäude

Textilreinigungen und Wäschereien benötigen große Mengen Energie. Dabei wird Wärme zu etwa 75 bis 90 % benötigt und nur 10 bis 25 % entfallen auf die elektrische Energie für Beleuchtung, Antriebe und sonstige Verbraucher.

Über den Bedarf an Wärme zur Gebäudebeheizung in diesen Betrieben gibt es derzeit keine Informationen. Die Wärmeverluste der Betriebsprozesse decken in der Heizperiode bis auf wenige Tage im Jahr den kompletten Wärmebedarf und führen in den Sommermonaten zu überhöhten Raumlufttemperaturen.

5.1 Wärme

Dampf kann entweder zentral hergestellt und über ein Dampfleitungsnetz verteilt werden, dezentral an einem oder mehreren Verbrauchern oder direkt in einer Maschine selbst erzeugt werden. In Textilreinigungen werden zur zentralen Dampferzeugung oft sogenannte Schnelldampferzeuger und Großraumwasserkessel eingesetzt. Neuere Dampferzeuger besitzen „Economiser“ (Abgaswärmetauscher zur Nutzung des Wärmeinhalts des Rauchgases) und haben erhöhten Wirkungsgrad durch zusätzlich verbesserte Strömungsführung (bei Schnelldampferzeugern) und gute Dämmung. Besondere Bedeutung kommt dem Speisewassermanagement zu, mit dem eine möglichst hohe Temperatur im Speisewassergefäß bei gleichzeitig geringen Brühdampfverlusten gewährleistet werden soll. Den Hauptanteil des Kesselspeisewassers bildet das zurückgeführte Kondensat. Nachgespeistes Frischwasser kann über Wärmetauscher vorgewärmt werden (Wärmequellen: Abgas, Brühdampf, Absalz-/Abschlammwasser). Bei gasbefeuerten Dampferzeugern werden heute modulierende Brenner eingesetzt, deren Leistung bis auf 20 % der Nennleistung stufenlos abgesenkt werden kann. Bei Ölfeuerungen stehen diese stufenlos regelbaren Brenner erst bei größeren Leistungen von ca. 300 kW zur Verfügung. Dies senkt energieintensives Aus- und Wiedereinschalten auf ein Minimum und führt zu einer bedarfsgerechten Dampfversorgung. Elektrodampfkessel sollten mit einem geschlossenen System kombiniert werden. Solche Systeme arbeiten ohne Speisewassergefäß, erfordern jedoch kompliziertere Installationen bei Anschluss mehrerer Verbraucher (ausreichende Entlüftung, Höherstellung jeden Heizregisters zum Wasserstand im Dampfkessel bei Nutzung der Schwerkraft zur Zirkulation).

Die dezentrale Dampfversorgung erfordert keine Ringleitung für die Kondensatrückführung zu einem zentralen Sammler und es treten keine Probleme mit Kondensatableitern und Undichtigkeiten auf. Nicht benötigte Maschinen können einfach und schnell ausgeschaltet werden. Nachteilig sind die höheren Anschaffungs- und Stromkosten sowie die meist längere Aufheizdauer für Maschinen mit integrierter elektrischer Dampferzeugung im Vergleich zu öl- oder gasbeheizten Kesseln.

5.1.1 Brennstoffe und Prozesswärmeerzeugung

Die gängigen Brennstoffe zur Prozesswärmeerzeugung sind Pellets, Öl oder Erdgas.

Pelletkessel

- Höhere Investitionskosten: teurer Kessel, Pelletlager, Transportvorrichtung
- Lagerkosten und Lagerflächenbedarf zur Bevorratung der Pellets

- Entsorgungsaufwand und -kosten für Asche
- Hoher Strombedarf (Hilfsenergie) zum Hochfahren der Anlage nötig
- Relativ gute Regelungsmöglichkeit
- Heizwert: 4,8 kWh/kg
- Preis: ca. 230 €/t bzw. ca. 0,046 €/kWh (Stand 2017, www.carmen-ev.de)
- Nachwachsender Rohstoff, genormter Brennstoff

Ölkessel

- Lagerkosten für Öltanks
- Leistungsanpassung an den Wärmebedarf nur eingeschränkt möglich, oft nur ein- oder zweistufige Ausführungen
- Heizwert: ca. 10 kWh/l
- Preis: ca. 0,57 €/Liter bzw. ca. 0,057 €/kWh (Stand 2017, große Preisschwankungen)

Erdgaskessel

- Vorteil gegenüber Ölkessel: Brennwerttechnologie besser nutzbar. Die Brennwerttechnologie nutzt den im Abgas enthaltenen Wasserdampf durch Kondensation. Bei der Kondensation werden große Energiemengen freigesetzt (ca. 2.500 kJ/kg ohne Temperaturverlust, „latente Wärme“), die dem Speisewasser zugeführt werden können. Dazu ist bei Dampfkesseln ein für die Kondensation zugelassener Wärmetauscher nötig. Bei Wärmetauschern, bei denen die Abluft nur geringen Anteil an flüssigem Wasser enthält, wird lediglich die durch Luftabkühlung mögliche, geringere Wärme übertragen („fühlbare Wärme“). Das entstehende Kondensat hat einen pH-Wert unter 6,5 und kann damit ungeeignete Rohre (z.B. aus Stahl, Kupfer) angreifen. Bei Anlagen mit einer Feuerungsleistung über 200 kW muss das Kondensat vor der Einleitung neutralisiert werden.
- Monatliche Abrechnung, während bei Pellets und Öl auf Vorrat gekauft werden muss
- Heizwert, üblich: 10,1 kWh/m³ (Erdgas H, Stand 2017)
- Brennwert, üblich: ca. 11,3 kWh/m³ (Erdgas H, Stand 2017)
- Maximale Einsparung bei Umstellung von Heizwert auf Brennwert ca. 11 %
- Preis: ca. 0,04 €/kWh (Stand 2017)
- Stufenlose Modulation zwischen ca. 30 und 100 % der Nennleistung

Dampferzeuger sind oft überdimensioniert. In vielen Fällen zeigen die Brenner dies durch häufige Start/Stop-Zyklen an. Durch das Lüften des Brennraums und instabile Flamme beim Brennerstart wird dabei viel Energie ungenutzt durch den Kamin an die Umwelt abgegeben.

Aus diesem Grund sollte der Dampferzeuger über die gesamte Arbeitszeit hinweg kontinuierlich arbeiten. Ist dies nicht der Fall, empfiehlt sich eine Kontrolle nach folgender Vorgehensweise:

- ✓ Überprüfen, ob sich der Brenner öfter abschaltet, auch bei normalem Arbeitsbetrieb
- ✓ Erfassung der Abgastemperatur über einen typischen Arbeitstag (Thermometer bis 300 °C, mit Speicherfunktion ab ca. 300 € am Markt erhältlich)
- ✓ Erfassung des Erdgasverbrauchs (Erdgaszähler) für 1 - 2 Stunden, am besten mit Serienfoto einer Digitalkamera, z.B. 30 s-Takt oder 1-min-Takt
- ✓ Ideal: Erfassung des Dampfverbrauchs, erfordert jedoch den Einbau eines Dampfmengezahlers in die Hauptdampfleitung

Was kann man aus den Daten ablesen:

- ✓ Brennerabschaltung im laufenden Betrieb: zu geringe Abnahme bzw. zu große Brennerleistung (ein-/zweistufig) bzw. zu große Minimalleistung bei modulierenden Brennern
- ✓ Abgastemperatur:
 - Temperaturen über 200 °C → Optimierungspotenzial durch bessere Brennereinstellung und Einsatz von Abgaswärmetauschern
 - Bei Brennerstopp und Neustart treten Spitzen in den Temperaturwerten auf. Die Anzahl der Spitzen bzw. Täler im zeitlichen Verlauf der Temperatur zeigt die Anzahl der Start/Stop-Zyklen
- ✓ Erdgasverbrauch: Der Erdgasverbrauch am Zähler in m³ muss ggfs. in kWh umgerechnet werden. Zur groben Abschätzung kann zur Umrechnung der abgelesene m³-Wert mit 11 multipliziert werden. Der Erdgasverbrauch in m³ geteilt durch die Messzeit (zwischen zwei Aufnahmen; z.B. zwischen einer Stunde oder einem Tag Messdauer) ergibt die jeweilige mittlere Feuerungsleistung. Dieser Wert sollte größer als 50 % der Nennleistung, aber unbedingt immer größer als die Modulationsgrenze (ca. 30 % der Nennleistung) des Brenners sein. Das Verhältnis des Erdgasverbrauchs pro Tag zur z.B. getrockneten Wäschemenge liefert den spezifischen, thermischen Energiebedarf. Dieser Kennwert kann zum Vergleich mit anderen Betrieben dienen.
- ✓ Dampfverbrauch: Mit Hilfe eines Dampfmengenzählers können einerseits der Gesamtdampfbedarf des Betriebs als auch der Dampfbedarf eines einzelnen Verbrauchers bei Alleinbetrieb ermittelt werden. Bei gleichzeitig ermitteltem Brennstoffbedarf des Dampferzeugers kann der Nutzungsgrad (Verhältnis von eingesetztem Brennstoff zur Dampfmenge) ermittelt werden.

MERKE: Dampferzeugungsanlagen sollten einen Nutzungsgrad über 90 % erreichen. Betriebe mit einem Nutzungsgrad unter 70 % haben deutlichen Optimierungsbedarf.



Allgemeine Verluste im Kessel und deren Einsparmaßnahmen und –potentiale [24]:

- Abgasverluste: Einsatz eines Economisers, Verbrennungsluftvorwärmer, Brennwerttechnik
 - 3 - 15 % Einsparpotenzial
- Oberflächenverluste durch Dämmen minimieren, Absenken des Kesseldrucks, warme Verbrennungsluft aus Deckenhöhe ansaugen
 - 0,3 – 1,0 % Einsparpotenzial
- Kesselstein: Durch die Ablagerungen an der Dampfkesselinnenwand können Spannungen im Kessel entstehen. Dadurch besteht erhöhte Gefahr der Rissbildung.
 - Korrekte Wasseraufbereitung, Kesselreinigung
 - Unterschiedliche Ablagerungen verursachen folgende Energieverluste:
 - Calciumcarbonat 7,5 %
 - Silikat 6,8 %
 - Calciumphosphat 2,2 % (Werte für Krustendicke von 0,5 mm)
- Abschlamm- und Absalzverluste: Absalzregelung, Absalzventil korrekt einstellen, Laugenkühler optimieren bzw. Ersetzen durch Wärmerückgewinnung
 - 0,5 – 5,0 % Einsparpotenzial

- Absalzen nicht nach Zeitsteuerung, sondern nach Leitfähigkeitsmessung
 - Anstelle eines Laugenkühlers, welcher das Abschlamm- und Absalzwasser ohne weitere Nutzung der enthaltenen Wärme durch Frischwasser im Mischkühler von ca. 170 auf ca. 35 °C abkühlt, kann ein Economiser angewendet werden, der zum Beispiel das Speisewasser vorwärmt.
- Wrasendampf: Wrasendampfkondensator, Entgasungsregelung, Magnetventil nachrüsten
- 0,3 - 4 % Einsparpotenzial

MERKE: Kompakte Schnelldampferzeuger werden heute als Komplettsystem einschließlich Speisewasseraufbereitung, Wrasendampfkondensator, Abschlammwasserwärmerückgewinnung und Economiser angeboten. Der Planungsaufwand für einzeln zusammengestellte Komponenten entfällt. Für vorhandene Schnelldampferzeuger können diese Anlagenteile individuell ausgelegt und nachgerüstet werden.



5.1.1.1 Optimierung der Dampferzeugung

Bei der Dampferzeugung lassen sich durch folgende Maßnahmen Energieeinsparungen erzielen:

Einfache Maßnahmen, die jeder Betreiber selbst durchführen kann:

- ✓ Dämmen des Dampfkessels, des Speisewasserbehälters und der Dampf- und Kondensatleitungen (siehe **Abbildung 30** und **Abbildung 31**).
- ✓ Regelmäßige Überprüfung der Speisewasserqualität zur Vermeidung von Kesselstein und Korrosion im Dampferzeuger. Schnelldampferzeuger stellen hohe Anforderungen an die Wasserqualität. Ist diese unzureichend, reduziert sich die Wirtschaftlichkeit und die Gefahr der Beschädigung des Kessels steigt.
- ✓ Drucksenkung des Dampfdrucks auf das geringstmögliche, benötigte Druckniveau!
- ✓ Prüfung des Leistungsbedarfs des Brenners (siehe **Kapitel 5.1.1**)
- ✓ Regelmäßige Tarifprüfung: Der Bezug von Energie sollte immer wieder an die Bedürfnisse des Betriebs mit einem günstigen Vertrag angepasst werden. Zum Preisvergleich stehen neben dem direkten Kontakt zu Energieversorgern und Brennstoffhändlern auch Vergleichsportale im Internet (zum Beispiel heizuel24.de, check24.de, verivox.de, etc.) zur Verfügung. Mitgliedern des Deutschen Textilreinigungsverbands steht auch ein Rahmenabkommen mit der Firma Ampere offen, um kostengünstig Energie zu beziehen (<https://www.ampere/dtv>).

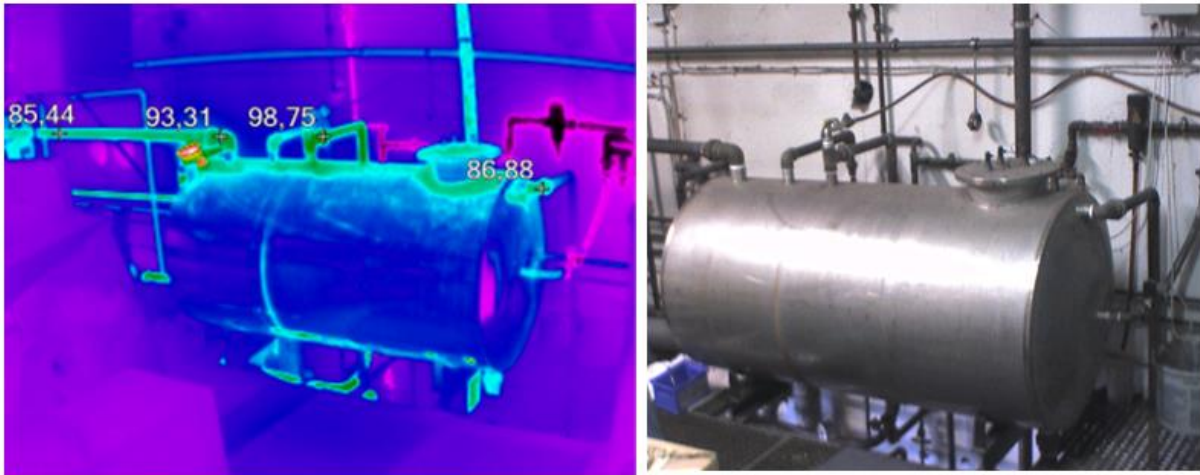


Abbildung 30: Spisewasserbehälter und Leitungen ohne effektive Dämmung



Abbildung 31: Dampfkessel mit nicht isoliertem Mannloch und Anbauteilen

Komplexe Maßnahmen, die mit Hilfe von Herstellern realisiert werden können:

- ✓ Senkung der Brennerleistung oder Austausch des Brenners gegen einen geeigneten Brenner
- ✓ Einbindung und optimierte Nutzung von Abgaswärmetauschern durch kontinuierliche Speisewasserzufuhr mittels SPS-Regelung und drehzahl geregelter Speisepumpe
- ✓ Vorwärmung der Verbrennungsluft, wenn möglich z.B. durch Nutzung warmer Abluft aus dem Betrieb oder Vorwärmung der Verbrennungsluft durch die Kesselabgase (Luft/Luft-Wärmetauscher)
- ✓ Nutzung der Energie aus dem Wrasendampf und aus dem heißen Abschlamm-/Absalzwasser mit einem Wärmetauscher
- ✓ Umstellung des Dampfkessels von Heizöl- auf Erdgasbetrieb und Umbau bzw. Einbau eines modulierenden Brenners für Erdgasbetrieb
- ✓ Optimierte Regelung des Brenners:
 - ✓ Drehzahlregelung mittels Frequenzumrichter zur Reduzierung des Luftüberschusses des Brenners und zur gleichzeitigen Senkung des Strombedarfs des Gebläses
 - ✓ Dazu nötig: Lambda-Sonde bzw. CO₂-Messung im Abgasstrom

MERKE: Die Absenkung der Abgastemperatur um 50 °C spart bis zu 4 % Energie [25]. Abgas öl- und gasbeheizter Kessel kann bei hohem Speisewasserbedarf zur Vorheizung von Speisewasser genutzt werden. Bei geringem Speisewasserbedarf empfiehlt sich die Nutzung der Wärme aus dem Abgas für Prozess- und Warmwassererwärmung in Kombination mit einem Pufferspeicher. Mit Brennwerttechnik ist eine Kesselabgastemperatur von unter 60 °C möglich, dazu sind Brennwertwärmetauscher aus korrosionsbeständigem Material nötig. Elektrisch beheizte Dampferzeuger benötigen keinen Kamin, sind aber im Betrieb und Unterhalt teurer.



Unter besonderen lokalen Gegebenheiten kann geprüft werden, ob der Bezug von Wärme (Dampf) aus einem benachbarten Betrieb ökonomische, ökologische und technische Vorteile bringt. Durch den Wegfall des eigenen Dampferzeugers werden Energieverluste durch Kesselverluste vermieden, die bei kurzer Entfernung zwischen Dampferzeuger und Reinigungsmaschine höher liegen als die zusätzlichen Leitungsverluste von der Wäscherei (Dampflieferant) bis zur Textilreinigung. In **Abbildung 32** ist eine Prinzipskizze zur Fremdversorgung einer Wäscherei dargestellt, die Dampf einem Textilreinigungsbetrieb zur Verfügung stellt. Der Vorteil dieser Konstellation liegt in der zusätzlichen Lieferung von erwärmten Kühlwasser aus der Textilreinigung für das Waschen in der Wäscherei.

Die in **Abbildung 32** dargestellte Leitungsführung im Boden stellt lediglich eine Variante dar. Die Entscheidung für diese Art des Leitungsbaus, in einem Kanal oder oberirdisch und die Materialwahl muss vor Ort unter Berücksichtigung der Genehmigungsfähigkeit, der Energieverluste und nicht zuletzt der Kosten getroffen werden.

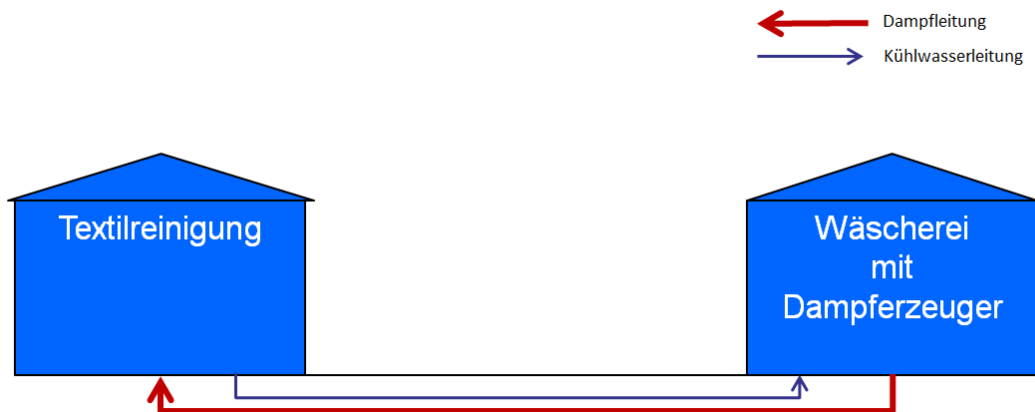


Abbildung 32: Prinzip des Fremddampfbezugs der Textilreinigung von der Wäscherei

5.1.2 Wärme- und Dampfverteilung

Der Wärmeeinsatz in Textilreinigungen lässt sich in zwei Hauptgruppen unterteilen und muss von bzw. zu den folgenden Erzeugern bzw. Verbrauchern transportiert werden.

- ⇒ Prozesswärme
 - Dampf- und Kondensatwirtschaft
 - Kühlwasser von Textilreinigungsmaschinen
 - Abwasser aus Waschprozessen zur Wiederverwendung

- ⇒ Gebäudebeheizung
 - Raumheizung
 - Warmwasserbereitung

Die Anforderungen an Dampf, Kondensat und verschiedene Wasserarten sind recht unterschiedlich und müssen für einen störungsfreien Betrieb und lange Einsatzdauer ausgelegt werden. Vor allem Dampf- und Kondensatleitungen verlangen Aufmerksamkeit, weil die betriebsbedingte gleichzeitige Anwesenheit von Dampf und flüssigem Wasser in der Leitung erhebliche Störungen und Schäden verursachen kann.

MERKE: Bei der Lagerung von warmen Wasser um 40 °C finden Krankheitserreger (z.B. Legionellen) ideale Wachstumsbedingungen. Bei der Aufbereitung von warmen Trinkwasser sind die einschlägigen Normen, insbesondere die Trinkwasserverordnung in der aktuellen Fassung und die Normen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) einzuhalten!



5.1.2.1 Auslegung und Optimierung von Dampfleitungen

Die lange Tradition der Nutzung von Dampf für energieintensive Prozesse liegt in den technischen Vorteilen begründet:

- Dampf strömt von alleine. Zusätzlicher technischer Aufwand für Pumpen ist nicht erforderlich.
- Dampf enthält große Mengen Energie, so dass bereits kleine Rohrdurchmesser in der Regel ausreichen.
- Dampf lässt sich einfach regeln und besitzt eine „Selbstregelfähigkeit“: Die größte Menge Dampf kondensiert an der kältesten Stelle, so dass z.B. Wärmetauscherflächen weitgehend gleichmäßig erwärmt werden.

Diese Eigenschaften bringen den Nachteil mit sich, dass auch an kalten, unzureichend oder nicht isolierten Dampf- und Kondensatleitungen Dampf kondensiert. Neben hoher Rohrtemperatur (Verbrennungsgefahr für Mitarbeiter) gehen erhebliche Mengen Energie verloren.

Die in Dampfleitungen eingebauten Kondensatableiter haben den Zweck entstehendes Kondensat aus Dampfleitungen, Wärmetauschern und Maschinen zu entfernen und Dampf zurückzuhalten. Es gibt unterschiedliche Wirkprinzipien, woraus unterschiedliche Bauarten resultieren (weitere Informationen erhalten Sie direkt bei den Herstellern).

Dieses Kondensat stört nicht nur in der Dampfleitung:

- Dampf darf erheblich schneller (bis 30 m/s) als Kondensat (max. 3 m/s) strömen. Werden jedoch Tröpfchen mitgerissen, wirken diese wie Sand an den Rohrwandungen (erhöhter Verschleiß) oder zerstören beim Auftreffen auf Bögen und Armaturen diese Bauteile.
- Weitere (schlagartige) Kondensation von Dampf kann zu schlagenden Geräuschen und Belastungen der Rohrleitungen führen, starkes Schwingen erhöht die mechanische Belastung der Dampfleitungen.
- Ein hoher Kondensatanteil im Dampf reduziert die im Dampf enthaltene Wärmemenge und Aufheizvorgänge dauern länger.
- "Spucken" des Bügeleisens bzw. des Finishers mit der möglichen Folge von Wasserflecken auf dem Textil sind unerwünscht. Erfahrene Mitarbeiter betätigen bei Betriebsbeginn und nach Pausen das Dampfventil, um Kondensat aus dem Leitungssystem zu entfernen. Das kostet Zeit, Energie und damit Geld.
- Der Zusatzwasserbedarf (Nachspeisung Speisewasser) für die Dampferzeugung erhöht sich (Kosten, Salz- und Härtebildnereintrag, Energie für Entgasung, Chemikalien für die Wasseraufbereitung)

Ein grundsätzliches Risiko von erhöhtem Kondensatgehalt im Dampf besteht bei Schnelldampferzeugern, weil hier größere Mengen Wassertröpfchen mitgerissen werden können.

Eine Abhilfe ist einfach:

- Dampfleitung mit leichtem Gefälle (ca. 0,5 - 1 %) in Strömungsrichtung montieren
- Eine ungedämmte Dampfleitung hat einen spezifischen Wärmeverlust von ca. 125 W/m (DN15) bis ca. 750 W/m (DN 100). **Deshalb: Dampfleitung ausreichend dämmen, empfehlenswert ist eine Dämmung mit zugelassenen Dämmschalen aus Steinwolle in der Stärke der Rohrleitung.**
- Zudem dient Dämmung gleichzeitig dem Schutz der Mitarbeiter vor Verbrennungen!
- Bei den Dämmungen werden regelmäßig die Anschlussschläuche (Panzerschläuche) der Dampfverbraucher vergessen: Es gibt temperaturbeständige Dämmschläuche, die für Dampf- und Kondensatleitungen zugelassen sind.
- Kondensatabscheider vorsehen bzw. nachrüsten:
 - Direkt nach einem Schnelldampferzeuger zur Trennung von Wasser und Dampf
 - Am Ende jeder Hauptdampfleitung; dort sollte ein Bogen/Rohrwinkel mit einer Länge von min. 250 mm nach unten zur Aufnahme für einen Kondensatabscheider und für eine Handentwässerung vorgesehen werden. Die Handentwässerung dient im Anfahrvorgang zur Entlüftung und zur manuellen Kondensatabfuhr für eine schnellere Betriebsfähigkeit der Dampfversorgung.
 - An jedem "Tiefpunkt" (Rohrbogen nach unten) der Dampfleitung; Bögen nach oben zum Überqueren von Hindernissen sind zu vermeiden!
 - Nach jedem Verbraucher mit ausreichend hohem Abstand zum Wärmetauscher / Dampfverbraucher, um eine rückstaufreie Wärmetauscherfläche zu gewährleisten. Bei Rückstau von Kondensat tritt „Absaufen“ des Wärmetauschers auf.
- Anschluss von Dampfverbrauchern immer rohroberseitig, um das Kondensat nicht in die Maschine einzutragen; das Kondensat soll in der Hauptleitung zum nächsten Kondensatabscheider strömen können.
- Einheitliches Leitungsmaterial verwenden; um sicherzustellen, dass Rohrwandungen und Dämmstärken im Dampfnetz gleich sind und nicht zuletzt die Erkennbarkeit für Mitarbeiter gegeben ist, sollte das Dampfnetz aus dem gleichen Materialien gebaut sein. Gleichzeitig

verhindert dies Korrosion an einem unedleren Metall (z.B. Kupfer- und verzinktes Stahlrohr: Zink und Eisen werden aufgelöst).

- Insgesamt kurzes Dampfleitungsnetz, um die Oberflächen der Rohrleitungen als Wärmeverlustquelle gering zu halten. Dies kann wie folgt erreicht werden:
 - zentraler Standort des Dampferzeugers
 - dezentrale Dampferzeugung bei wenig benutzten, weit entfernten Kleinverbrauchern (z.B. Bügeltisch, Detachiertisch)
 - Ringleitung mit geringem Durchmesser
 - Einbau von Dampfabsperrentilen für Teilbereiche, die kürzere Betriebszeiten haben; dadurch wird der Wärmeverlust auf diese Zeiten begrenzt.

MERKE: Kondensatabscheider regelmäßig auf Funktion prüfen. Dies ist möglich durch Temperaturmessung direkt vor und nach dem Kondensatabscheider. Die Temperatur nach dem Kondensatabscheider muss deutlich niedriger sein als davor. Ist dies nicht der Fall, sollte schnellstmöglich (bei drucklosem, abgekühltem Dampfnetz) der Kondensatableiter geöffnet und gereinigt oder ausgetauscht werden.



5.1.2.2 Auslegung und Optimierung von Kühlwasserleitungen

Grundsätzlich sollte Kühlwasser durch entsprechende Reinigungsmaschinenteknik und Kühlkonzepte vermieden werden. Dort, wo Kühlwasser nicht vermeidbar ist, kann mit einem optimierten Betrieb die im Kühlwasser enthaltene Wärme ohne nennenswerte Verluste einem Waschprozess oder anderen Zwecken zugeführt werden.

Aufgabe der Kühlwasserleitungen ist die Gewährleistung ausreichender Abfuhr von Wärme aus der Textilreinigungsmaschine.

Kleiner Rohrdurchmesser führt zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten:

- Geringe Verweilzeit und geringe Rohroberfläche bewirken geringe Erwärmung durch hohe Raumtemperaturen (oft über 30 °C in den Betrieben)
- Negativ: hoher Druckverlust führt zu höherem Energiebedarf für die Kühlwasserpumpe
- Negativ: erhöhte mittlere Kühlwassertemperaturen durch einen geringeren Volumenstrom haben direkten Einfluss auf die Effizienz der Kältemaschine, die wiederum den größten Anteil am elektrischen Energiebedarf des Textilreinigungsprozesses hat.

Große Rohrdurchmesser erhöhen die Kosten für Rohre und die Dämmung der Rohre. Kühlwasser als Transportmedium der Abwärme aus der Reinigungsmaschine sollte mit möglichst niedriger Temperatur den Kondensator der Kältemaschine zugeführt werden, um hohe Effizienz der Kältemaschine zu erreichen. Um hohe Effizienz der Kältemaschine zu erreichen, benötigt man einerseits möglichst niedrige Kühlwassertemperaturen. Andererseits benötigt man jedoch zur Verringerung des Frischdampfeinsatzes möglichst warmes Kühlwasser. Die optimale Abstimmung zwischen Effizienz der Kältemaschine und möglicher Dampfeinsparung beim Waschen muss individuell für jeden Betrieb ermittelt werden.

Der Zielkonflikt aus hoher Effizienz der Kältemaschine und höherer Kühlwassertemperatur zur Einsparung von Dampf im Waschprozess muss individuell für jeden Betrieb gelöst werden. Es hängt vom Kühlkonzept und der Nutzung des Kühlwassers ab.

Kühlturbetrieb

Generell ist Kühlturbetrieb zu vermeiden, denn es ist Energieverschwendung!

Offene Kühltürme bestehen aus einer Gitter-/Wabenstruktur, über die erwärmtes Kühlwasser rieselt. Im Gegenstrom (von unten nach oben) wird Kühlluft durchgeblasen, dabei verdunstet ein Teil dieses Kühlwassers. Das abgekühlte Restwasser läuft über eine drucklose Leitung aufgrund der Schwerkraft zurück in einen Kühlwassertank.

Kühltürme mit geschlossenem Kühlwasserkreislauf funktionieren ähnlich wie ein Autokühler. Die Kühlflüssigkeit wird lediglich über luftumströmte Kühlleitungen abgekühlt.

In Textilreinigungen, in denen aus betrieblichen Gründen keine wirtschaftliche Nutzung der Abwärme möglich und ein Kühlturm unvermeidlich ist, sollte Folgendes beachtet werden:

- Offene Kühltürme erfordern hohe Pumpleistungen, weil die sichere Funktion einen Mindestdruck (meist ca. 0,5 bar) am Kühlturm verlangt, um Kühlwasser gleichmäßig über Gitter-/Wabenstrukturen zu verrieseln. Zusätzlich muss der Höhenunterschied zwischen Kühlwassertank und Kühlturm durch die Pumpe überwunden werden.
- Auch die Kühlwassernachspeisung kann optimiert werden:
 - Kühles Nachspeisewasser sollte idealerweise immer dann zugefügt werden, wenn die Kühlwassertemperatur sehr hoch ist und hoher Kühlbedarf der Reinigungsmaschine besteht.
 - Die Nachspeisung (umgepumpte Kühlwassermenge) kann mit einem im Tank montierten senkrechten, oben und unten offenen KG-Rohr (DN70 bis DN100) optimiert werden: Zur Strömungsberuhigung und Vermeidung der Vermischung des kalten Frischwassers mit dem wärmeren Tankinhalt wird dieses KG-Rohr in unmittelbarer Nähe des Ansaugstutzens der Kühlwasserpumpe montiert und von oben als freier Einlauf mit Kühlwasser befüllt, um kühles Wasser direkt dem Kühlprozess zuzuführen.
- Kühltürme stehen meist auf dem Dach, was eine regelmäßige Überprüfung erschwert. Leicht zugängliche Aufstellorte, z.B. ebenerdig, erleichtern die Kontrolle.
- Um den Druckverlust in der Rohrleitung zu minimieren, sind größere Rohrdurchmesser (min. DN 20 bzw. 1 Zoll für die erste Reinigungsmaschine, für jede weitere Maschine Erhöhung um DN 5 bzw. ¼ Zoll) empfehlenswert.
- Vorteile der Umrüstung auf geschlossene Kühlsysteme:
 - Keine Hubarbeit der Pumpe, sondern nur noch Überwinden der Rohrreibung; dadurch deutlich geringere Pumpleistung als bei offenen Systemen notwendig; Einsparung der elektrischen Energie der Pumpe bis zu 90 %
 - Konstant hohe Kühlwasserqualität, kein Schmutzeintrag über den Kühlturm
 - Vernachlässigbare Ablagerungen auf Wärmetauscherflächen und deutlich besserer Wärmeübergang; häufiges Entkalken der Wärmetauscheroberflächen der Reinigungsmaschine entfällt.
 - Geringer Wartungsaufwand für die Kühlanlage (Sichtprüfung der Anlage, Prüfung des Frostschutzes und des Kühlmitteldrucks)

5.1.2.3 Auslegung und Optimierung der Gebäudebeheizung

Textilreinigungen mit angemieteten Betriebsräumen haben wenig Einfluss auf die Ausführung der Gebäudehülle.

Solange hohe Raumlufthtemperaturen die Behaglichkeit beeinträchtigen, ist eine Dämmung warmer Rohrleitungen (z.B. Dampf, Kondensat und Warmwasser) schnellstmöglich durchzuführen. Sobald Heizbedarf besteht, der nicht durch Abwärme gedeckt werden kann, ist eine Betrachtung der Gebäudehülle empfehlenswert. Auch Vermieter von Betriebsräumen können bei eigenem Vorteil (höhere Mieteinnahmen, Werterhalt des Gebäudes) an einer Verbesserung der Gebäudeaußenwände interessiert sein.

Es gibt zahlreiche Informationsquellen zur Optimierung der Gebäudebeheizung, so dass an dieser Stelle nur die wichtigsten, grundsätzlichen Empfehlungen dargestellt werden, die besonders auf die Gegebenheiten in Textilreinigungsbetrieben eingehen.

In den meisten Textilreinigungen wird nur außerhalb der Betriebszeiten, meist auch nur bei extrem kalten Wetterlagen eine Raumheizung benötigt. Hauptgründe sind:

- Unvermeidliche Prozessabwärme aus Sprühdampf und Heizgebläse beim Finishprozess
- Wärmeverluste über die Oberflächen von Maschinen
- Wärmeverluste von Dampf-, Kondensat- und Warmwasserleitungen und deren Einbauten (Ventile, Abscheider, Schmutzfangsiebe/Filter)

Diese „heimliche“, im ungeregelten Dauerbetrieb vorliegende Heizung kostet sehr viel Geld und wird gerade im Sommerhalbjahr durch offene Türen und Fenster (Dauerlüften) reguliert.

Es ist sinnvoll, zuerst die Wärmeverluste zu minimieren und dann nach Bedarf die Betriebsräume auf ein behagliches Niveau aufzuheizen. Wegen der derzeit relativ hohen Verluste von Maschinen besteht Heizbedarf vor allem in den frühen Morgenstunden, um morgens bei Betriebsbeginn die über Nacht aufgetretenen Wärmeverluste auszugleichen.

Die bauliche Situation von Textilreinigungen ist sehr unterschiedlich. Es ist bekannt, dass die Möglichkeiten zur Optimierung der Gebäudeheizung in Betrieben in Mietobjekten und Einkaufszentren über bauliche Maßnahmen erheblich stärker eingeschränkt sind als bei einem Neubau auf der grünen Wiese. Dennoch lassen sich mit Unterstützung engagierter Fachplaner und eigener Kreativität einige Verbesserungen umsetzen.

Die ideale Heizung in Textilreinigungen besteht aus folgenden Komponenten:

- Heizflächen für Niedertemperaturnutzung (Fußbodenheizung, Wandheizflächen)
- Elektronisch geregelte Umwälzpumpen
- (vorhandener) Kühlwassertank
- Ggfs. Pufferspeicher für Heizungswasser
- **Primäre Wärmequelle:**
 - Direkte Nutzung von Kühlwasser oder
 - Wärmepumpe zur Anhebung des Temperaturniveaus auf Heiztemperatur oder
 - Abwasserwärmetauscher oder
 - Abluftwärmetauscher (Luft-/Wasser-Wärmetauscher)
- **Sekundäre Wärmequelle:**
 - Kondensatwärmetauscher – Auskopplung der Wärme aus Dampferzeugung oder
 - Wärmeerzeuger mit Brennstoffnutzung nach lokalen, betrieblichen Vorgaben

Der Idealfall der Heizung in Textilreinigungsbetrieben lässt sich wie folgt beschreiben:

Zur ausreichenden Temperierung der Betriebsräume wird Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau verwendet. Es bieten sich dazu Abwärmequellen mit einer Temperatur von ca. 30

- 40 °C an, die ihre Wärme direkt an eine Flächenheizung abgeben. Die Abwärmequellen können sowohl der Kühlkreis einer Reinigungsmaschine, das Abwasser aus Waschprozessen oder die Abluft von Trocknern und Mangeln sein. Bei zu niedrigem Temperaturniveau kann durch eine Wärmepumpe und ggf. mit einem Speicher für Heizungswasser einerseits das Temperaturniveau angehoben und andererseits der zeitliche Unterschied zwischen Wärmeerzeugung und Wärmebedarf ausgeglichen werden. Die aktive Kühlung des Kühlwassertanks mittels Wärmepumpe zur Gebäudebeheizung (und Warmwasserbereitung) kann helfen, die Prozessdauer (Trocknung, Destillation) der Reinigungsmaschine zu verkürzen. Je größer der vorhandene Kühlwassertank, desto mehr Wärme kann für die Gebäudebeheizung bereitgestellt werden. Bei längeren Betriebspausen – z.B. Wochenende mit Feiertagen – wird die fehlende Energie über vorhandene Wärmeerzeuger zugeführt.

MERKE: Für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe ist ein möglichst hoher Jahresnutzungsgrad nötig. Dieser sollte größer 5 sein. Das bedeutet, dass mit 1 kWh elektrischer Energie 5 kWh Wärme erzeugt werden. Generell gilt: Je höher die Temperatur der Abwärme (Abluft, Abwasser) und je niedriger die notwendige Temperatur bei der Nutzung (Fußbodenheizung, Warmwasserbereitung) ist, umso höhere Jahresnutzungsgrade können erreicht werden.



Zur Minimierung des elektrischen Energiebedarfs für den Wärmetransport sollten auf die Förderleistung ausgelegte, elektronisch geregelte Umwälzpumpen eingebaut werden.

5.1.3 Gebäudeklima (Heizen, Kühlen, Arbeitsschutz)

Die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter ist auch abhängig von den Arbeitsbedingungen, die im Textilreinigungsbetrieb herrschen.

Die größte Leistungsfähigkeit liegt für die körperlich anspruchsvolle Arbeit bei etwa 19 bis 22 °C und bei einer relativen Luftfeuchte von ca. 30 bis 45 %.

In der Praxis bewegen sich die Raumlufttemperatur als auch die Luftfeuchte nach einem gewissen Zyklus:

⇒ **Morgens / bei Betriebsbeginn**

Niedrige Raumlufttemperaturen bei gleichzeitig meist hoher relativer Luftfeuchte:

Gefahr von Kondensatbildung und Schimmel an kalten Oberflächen (z.B. Fenster)

- ⇒ Abhilfe je nach Jahreszeit: Dauerlüften im Sommer oder
Heizbetrieb (Winter) mit aktivem Energieeinsatz (Heizung)
oder passivem Energieeinsatz (Wärmeverlust
Anlagentechnik)

⇒ **Im Tagesverlauf**

Meistens – bereits vor der Mittagspause – herrschen hohe, unbehagliche Temperaturen über 25 °C mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit besonders im Finishbereich. Abkühlen durch Lüfter oder permanentes Querlüften bewirkt jedoch hohe Energieverluste.

Die vorhandenen Lüftungsanlagen reichen meistens nicht aus, um behagliche Raumluftbedingungen zu erzeugen.

Den größten Einfluss auf das Gebäudeklima haben in der Regel die wärme- und feuchteabgebenden Maschinen und Anlagen. Diese sollten, wie in den vorhergehenden **Kapiteln 3.7, 4.2.3** und **5.1ff.** beschrieben, gedämmt und optimiert betrieben werden.

Es sollte jedoch nicht vergessen werden, dass es weitere Wärmequellen und Einflussfaktoren auf das Gebäudeklima gibt:

⇒ **Lüftung**

Gemäß § 3 Abs. 1 ArbStättV und BGR 500 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ Kapitel 2.14, Nr. 3.1.5 ist ein mindestens 5-facher Luftwechsel oder ein Frischluftvolumenstrom von 60 x Masse der Nennfüllmenge der Reinigungsmaschinen in m³/h umzusetzen. Damit ist einerseits eine Wärmeabgabe verbunden, die im Winter zu erhöhtem Energieverlust führt. Im Sommer strömt warme Außenluft in die Räume und an heißen Tagen heizt sich die Betriebsstätte stark auf. Es bietet sich deshalb gerade für Betriebe mit größerem Heizbedarf an, die Abluftanlage zu einer vollständigen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zu erweitern: Im Winter senkt der Wärmetauscher den Heizungsbedarf, während an heißen Sommertagen die Frischluft vorgekühlt wird, solange die Raumluft kühler als die Außenluft ist. Diese Vorkühlung um wenige Grad Celsius kann durch eine adiabate Kühlung unterstützt werden. Dabei wird enthärtetes Wasser in die Abluft gesprüht und verdunstet, die Luft kühlt durch die Verdunstungskälte ab. Ein Wärmetauscher überträgt diese „Kälte“ auf die Frischluft. Systeme zur adiabaten Kühlung sind bei Herstellern der Lüftungsbranche erhältlich. Planer und Handwerker der Gebäudetechnikbranche unterstützen und beraten Sie dazu.

Für eine effektive Lüftung sollte auch Folgendes beachtet werden:

⇒ **Flächenoptimierung:** Zur Reduzierung des notwendigen Luftwechsels durch kleine Betriebsräume sollte eine Abtrennung des Textilreinigungsmaschinenraums vom Rest des Betriebs erfolgen.

⇒ **Aufteilung der Lüftungsanlagen**

- Kopplung der Abluft mit dem Betrieb der Textilreinigungsmaschine zur Senkung der Betriebsdauer der Ventilatoren
- Räume oder Zonen, die nur stundenweise Bedarf an einer Luftversorgung haben, (z.B. Bereiche in denen Finisher oder Bügeltische große Mengen an Wärme und Feuchte erzeugen), können entweder durch eine eigene Lüftungsanlage abgedeckt oder an eine vorhandene Lüftungsanlage angeschlossen werden. Bei Nichtbenutzung der Finish- oder Bügelmaschinen das Abluftsystem über eine Klappe geschlossen bzw. die Lüftung abgeschaltet werden. Dabei muss die genannte Mindestluftwechselrate für die Textilreinigung zu jeder Zeit gesichert sein.

⇒ **Optimierung der Lüftung durch Luftverbund**

- Zufuhr von Frischluft in Räume bzw. Bereiche mit hohen Anforderungen
 - Kundenbereich / Theke
 - Pausen-/Aufenthaltsraum
 - Büro
 - Tür-/Torluftschleieranlagen (Kundenbereich)
- Überströmen in Bereiche mit geringeren Anforderungen (soweit vorhanden und belüftet)
 - Flure
 - Technikräume

- Lagerräume
- Absaugung in Bereiche mit hoher Temperatur und Feuchtebelastung sowie Geruchsbelastung.
 - Absaugung der am stärksten belasteten Luft direkt an bzw. über der Quelle:
 - Textilreinigungsmaschinen
 - Mangelarbeitsplätzen
 - Finishmaschinen, soweit keine maschineninterne Absaugung vorhanden ist
 - Bügeltische
- **Abbildung 33** zeigt einen einfachen Luftverbund: Eine Lüftungsanlage versorgt ein Büro mit sauberer, ggf. vorgeheizter oder gekühlter Frischluft. Diese Frischluft verdrängt Raumluft über offenen Türen, Türspalten oder ggf. auch Lüftungsgittern in den angrenzenden Flur. Im Arbeitsbereich wird über den Maschinen die feuchte und warme Luft abgesaugt. Dies führt zur Nachströmung von Luft aus angrenzenden Bereichen. Wenn keine Fenster und Türen offenstehen, strömt Luft aus dem Flur in den Arbeitsbereich nach. Die Einbindung eines Fachplaners für Lüftungstechnik wird für solche Maßnahmen dringend angeraten.

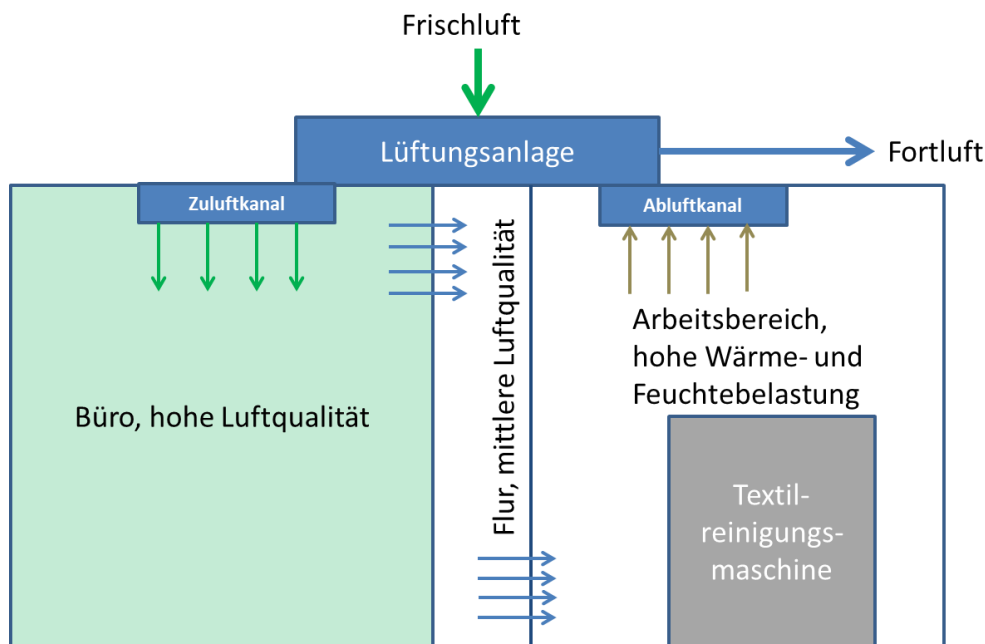


Abbildung 33: Beispiel eines Luftverbunds in Textilreinigungen

⇒ **Sommerlicher Wärmeschutz Dach, Fenster und Fassade**

Zu einem Teil ist auch der Wärmeeintrag über die Gebäudeaußenwände für unerträglich hohe Temperaturen im Sommer in den Betriebsräumen mitverantwortlich. Über nicht oder mangelhaft gedämmte Dächer, Fenster und Wände dringt Wärme ins Gebäude. Über diese warmen Flächen (einschließlich der wärmeabgebenden Maschinen und Anlagen) werden Raumtemperaturen auch bei moderater Lufttemperatur als unbehaglich empfunden. Abhilfe schaffen folgende Maßnahmen:

- **Dach**
 - Dachbegrünung

- Hinterlüftete Aufdach-Solaranlage (z.B. Photovoltaik-Anlage zur Stromerzeugung)
- Wärmedämmung
- **Wände**
 - Begrünung / Natürliche Verschattung
 - Wärmedämmung
- **Fenster**
 - Bauliche Verschattung im Sommer, z.B. verlängerter Dachüberstand, Balkon etc.
 - Verschattung durch Sonnenschutz; außenliegender Sonnenschutz ist von seiner Wirkung dabei deutlich besser; je nach Bauart ist eine Windüberwachung zum Schutz vor Schäden an der Verschattung notwendig
 - Austausch gegen 3fach-Verglasung (U-Wert < 1,0 W/m²K, g-Wert < 0,5)

⇒ **Wärmeeintrag Nebenräume**

Auch angrenzende Kesselhäuser und Technikräume stellen eine Wärmequelle dar. Es ist nicht mehr zeitgemäß, wenn in diesen Räumen Temperaturen von über 30 °C – auch im Winter – herrschen, sondern ein Zeichen für mangelhafte Dämmung, ungenutzte Abwärmenutzung und ineffizienten Energieeinsatz. In den **Kapiteln 5.1ff** und **5.2.3** finden Sie die notwendigen Informationen über Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs für Dampfkessel, Heizungen und Druckluftheizer.

Sollten Sie mit dem Gedanken einer umfangreicheren Renovierung oder Sanierung der Gebäudeaußenwände spielen, bietet es sich an, sich mit einem Energieberater für Nichtwohngebäude und einem Fachmann aus der Textilreinigungsbranche zusammenzusetzen. Einen passenden Energieberater, der auch die aktuellen Fördermöglichkeiten kennt, finden Sie bei der BAFA bzw. dena (Deutsche Energieagentur), die eine entsprechende Liste aktuell unter (<https://www.energie-effizienz-experten.de/>) führen. Auch die Energieberatung kann ggf. durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gefördert werden, so dass für Sie keine oder nur sehr geringe Kosten entstehen.

Der Fachmann aus der Branche kann dafür sorgen, dass vorhandene (Ab)wärmequellen des Betriebs für die Gebäudebeheizung als auch vorhandene Wärmequellen der Gebäudetechnik für den Betrieb genutzt werden können. Geeignete Fachleute aus der Textilreinigungsbranche kann Ihnen der Deutsche Textilreinigungsverband (DTV) nennen.

5.1.4 Checkliste: Optimierung der Wärmeversorgung des Gebäudes

Prüfpunkte	Optimierungsmaßnahme	Ja	Nein
Spez. installierte Leistung der Heizung beträgt über 100 W/m ² , häufiger Start des Brenners	Leistungsreduzierung des Brenners und/oder Einbau eines Pufferspeichers mit der Möglichkeit zur Einbindung einer Abwärmenutzung Heizlastberechnung oder Wärmemengenmessung zur Bestimmung des tatsächlichen Bedarfs		
Hohe Abgastemperaturen, hoher Lambdawert (hoher Luftüberschuss) der Kesselabluft	Einstellen des Brenners (Kundendienst / Heizungsfirma), alte Brenner gegen LowNOx-Brenner tauschen (LowNOx sind Brenner mit reduziertem NOx-Ausstoß)		
Keine Nutzung des Brennerts bei Erdgas und Heizöleinsatz	Ertüchtigung des Kamins zur Vermeidung von Kaminschäden durch Kondensation bei Brennwertnutzung, Austausch des Niedertemperaturkessels gegen einen Brennwertkessel bzw. Brennwerttherme oder Einbau eines nachgeschalteten Abgaswärmetauschers Senkung der Vorlauftemperatur zum Erreichen des Taupunkts im Abgas (Erdgas ab ca. 56 °C, Heizöl ab ca. 46 °C) Vergrößerung der Heizflächen durch Austausch/Ergänzung zu klein ausgelegter Heizkörper; Sanierung: Umrüstung auf Wand- oder Fußbodenheizung, großflächige Heizwände aus Stahl zur Senkung der notwendigen Vorlauftemperatur		
Abwärme des Betriebs (z.B. warmes Abwasser, Abluft etc.) steht zur Verfügung	Einbinden der Wärmequelle mittels Pufferspeicher, ggfs. Temperaturanhebung durch Einsatz einer Wärmepumpe oder Nutzung auf niedrigem Temperaturniveau (z.B. Fußbodenheizung ~ 30 °C)		
Drehzahl der Umwälzpumpe für Heizkreis konstant bzw. dreistufig einstellbar	Austausch der Pumpe gegen Hocheffizienzpumpe durch Fachfirma (ggfs. Fördermittel beantragen)		
Hohe Vorlauftemperatur für zufriedenstellenden Heizungsbetrieb	Entlüften der Heizkörper Entfernen von langen Gardinen und Regalen vor Heizkörpern und vor Thermostatventilen Hydraulischer Abgleich: Druckverlusteinstellung der einzelnen Heizkörper (Heizflächen) am Thermostatventil und der Heizkreise am Strangreguliertventil durch Fachmann zur ausreichenden Versorgung mit Heizungswasser. Das Strangreguliertventil befindet sich in jedem Heizkreis und stellt einen einstellbaren Druckverlust dar, so dass – im Idealfall – jeder Heizkreis den gleichen Druckverlust aufweist		

	und entsprechend der Heizlastberechnung seine Heizungswassermenge und Wärmemenge erhält Vergrößerung der Heizflächen durch Austausch/Ergänzung klein dimensionierter Heizkörper, Sanierung: Umrüstung auf Wand- oder Fußbodenheizung, großflächige Heizwände aus Stahl zur Senkung der notwendigen Vorlauftemperatur		
Heizanlagenbetriebsweise / Regelung prüfen und verbessern	Optimierung der Regelungseinstellung: Nutzung Nachtabsenkung/Nachtabstaltung Prüfung der Temperatursensoren auf Funktion		

5.2 Elektrische Energie

Obwohl elektrische Energie in den meisten Textilreinigungen nur einen relativ geringen Verbrauchsanteil von ca. 10 bis 30 % hat, ist es aufgrund der hohen Kosten wichtig, den Einsatz auf ein Optimum zu beschränken.

Der Blick sollte dabei nicht nur auf Großverbraucher fallen, sondern auch auf Gebäudetechnik und Prozesse, die sich nicht nur auf den eigentlichen Betrieb beziehen und lange Betriebszeiten oder im Dauerbetrieb sind.

MERKE: 1 Watt Leistungsbedarf eines Verbrauchers im Dauerbetrieb verursacht einen Energiebedarf von 8.760 Wh/a oder 8,76 kWh/a. Bei einem Strompreis von 20 Ct/kWh können somit pro Watt Leistungsreduzierung 1,75 €/a eingespart werden.



5.2.1 Arbeitsplatzumgebung: Beleuchtung und Klimatisierung

Die Beleuchtungstechnik hat in den letzten Jahren eine enorme Effizienzsteigerung erfahren.

Für die Beleuchtung sind dabei zu beachten:

- Wo immer es möglich ist, ist eine natürliche, blendfreie Beleuchtung der künstlichen vorzuziehen. Es fördert das Wohlbefinden der Mitarbeiter.
- Entsprechend Arbeitsstättenrichtlinie (ASR A3.4) sind für Kontroll- und Ausbesserungsarbeiten (Detachur) mindestens 750 Lux vorzusehen!

Die derzeit höchste Effizienz haben folgende Beleuchtungsarten:

⇒ (Halogen-) Metalldampfleuchten (HMI- und Natriumdampfleuchte)

- Diese Leuchten sind besonders geeignet für die Ausleuchtung großer Hallen und erreichen (Stand 2017) ähnliche Wirkungsgrade wie LED-Leuchten bei weniger Montageaufwand (größerer Leuchtwinkel bedeutet weniger Leuchten). Die Beleuchtung sollte nicht häufig ein- und ausgeschaltet werden (die Lebenserwartung sinkt drastisch); Metalldampfleuchten können nicht gedimmt werden.

⇒ LED-Leuchten

- Die Effizienz der LED variiert nach Typ und Anwendung: Nachgerüstete konventionelle Leuchten mit Reflektoren schneiden aufgrund der Wirkungsgradverluste in der Regel schlechter ab, als Leuchten, die nur für den

Betrieb mit LED-Leuchtmitteln konstruiert wurden. Auch viele einzelne Vorschaltgeräte im Leuchtmittel haben meist geringeren Wirkungsgrad und Lebensdauer als die zentrale Gleichstrom-Niederspannungsversorgung für LED.

- Die Eigenschaften der LED-Leuchte bzw. des Leuchtmittels variieren, wie auch die Anforderungen an Leuchten. Nicht jedes LED-Leuchtmittel ist dimmbar, andere LED-Leuchtmittel haben geringere Lebensdauer bei Dauerbetrieb und hohen Temperaturen. Bei der Beschaffung der Leuchtmittel sollte auf die erforderlichen Eigenschaften geachtet werden.

Hier sollte bei größeren Investitionen in die Lichttechnik ein Fachbetrieb oder ggf. ein Lichtplaner hinzugezogen werden. Gerade bei großen Umbauten sollte neben den Beschaffungskosten und den technischen Eigenschaften auch die Versorgungsmöglichkeiten mit passenden Ersatzleuchtmitteln nach über 10 Jahren Einsatz geklärt sein.

Auch wenn im Rahmen einer Verbesserungsmaßnahme noch kein Komplettaustausch möglich ist, können durch kostengünstige Verbesserungen hohe Einsparungen erreicht werden.

Der Aufwand für die Beleuchtung kann außerdem durch folgende Maßnahmen verringert werden:

- **Wartung**
Regelmäßige Reinigung von Reflektoren und Leuchtmitteln
- **Präsenzschtaltung bzw. kombinierte Präsenz-/Helligkeitsschtaltung**
Betrieb der Beleuchtung nur bei Anwesenheit einer Person bzw. bei Anwesenheit einer Person und Unterschreitung eines Helligkeitsgrenzwerts. Die Leuchtdauer ist einstellbar. Geeignete Anwendungsfälle: Flure, Lager, Kellerräume und Sanitärbereich
- **Decken und Wände weiß bzw. hell streichen**
Wenn die Umgebungsflächen den Großteil des Lichts reflektieren, kann der Beleuchtungsaufwand reduziert werden (z.B. Reduzierung der Anzahl der Leuchtmittel einer Lampe)
- **Ersatz von Glühbirnen und Halogenstrahlern durch gleichwertige LED-Leuchtmittel**

Der vorläufige Ersatz von konventionellen Leuchtmitteln durch LED-Leuchtmittel kann nur ein Kompromiss sein, um den Energiebedarf zu senken, ohne die komplette Leuchte tauschen zu müssen. Die in den LED-Leuchtmitteln (z.B. LED-Leuchtstoffröhre oder E27-Led-Leuchtmittel) eingebaute Elektronik begrenzt die Lebensdauer des Leuchtmittels. In vielen Fällen handelt es sich dabei um einfach konstruierte Vorschaltgeräte mit geringerem Wirkungsgrad. Trotz dieser Nachteile kann der Austausch der Leuchtmittel den Strombedarf um ca. 50 bis über 80 % senken. Das wirkt sich insbesondere bei Arbeitsplatzleuchten positiv auf das Raumklima aus. Die eingetragene Wärme durch die Leuchte wird reduziert.

MERKE: Der Austausch des Leuchtmittels ist meist sinnvoll, wenn das herkömmliche Leuchtmittel defekt ist. Während der Umstieg von einer 100 W Glühlampe auf eine 20 W Kompaktleuchtstofflampe bei vergleichbarer Lichtleistung eine Einsparung von 80 % ermöglicht, kann der Umstieg von der Kompaktleuchtstofflampe auf ein vergleichbares LED-Leuchtmittel mit E27-Fassung mit 12 W eine weitere Einsparung von ca. 40 % bewirken.



5.2.2 Elektrische Antriebe

Im Textilreinigungsbetrieb gibt es zahlreiche elektrische Antriebe. Die darin eingesetzten Elektromotoren werden in verschiedene Effizienzklassen eingeteilt (**Tabelle 8**).

Tabelle 8: Energieeffizienzklassen von Elektromotoren [26]

Alte Einteilung / CEMEP	Neue Einteilung / weltweiter Standard - EuP-Richtlinie	
	IE4	Super Premium Efficiency
	IE3	Premium Efficiency
EFF 1	IE2	High Efficiency
EFF 2	IE1	Standard Efficiency

Während die alte Einteilung für Motoren von 1,1 bis 90 kW Anwendung fand, werden in der neuen Einteilung Motoren von 0,75 bis 375 kW klassifiziert.

Leider sind Motoren, die vollständig in ein Produkt (Pumpe, Kompressor, Ventilator) integriert sind und nicht eigenständig geprüft werden können, von der EuP-Richtlinie freigestellt.

Seit 01.01.2017 ist die Einhaltung von IE3 für neue Motoren – soweit keine Ausnahmeregelung für Sonderanwendungen gilt – Pflicht für die Hersteller. Achten Sie trotzdem beim Kauf auf die vom Hersteller eingebauten Motoren für Lüfter, Pumpen und Trommelantriebe! Die meisten Hersteller verwenden kostengünstige Standardkomponenten, die bereits ab Werk eine EuP-Klassifizierung auf dem Typenschild ausweisen. Sollte dies nicht der Fall sein, fragen Sie konkret beim Hersteller nach! Da Elektromotoren langlebige Investitionen sind, legen Sie auch Ihren Energieverbrauch für diese Güter für oft 20 bis 30 Jahre fest.

Viele Anlagen mit elektrischen Antrieben werden in den Betrieben in Eigenregie geplant, gebaut oder im laufenden Betrieb geändert. Gerade bei Pumpen oder Ventilatoren wird oft keine Berechnung der erforderlichen Leistung durchgeführt, sondern günstig verfügbare Komponenten eingebaut, selbst wenn diese um den Faktor 2 bis 5 zu groß sind. Diese überdimensionierten Antriebe sind im Teillastbereich ineffizienter als Antriebe mit bedarfsorientierter Größe.

Während elektrische Antriebe in Maschinen, wie Pumpen und Ventilatoren, in Textilreinigungsmaschinen nur mit viel Aufwand modifiziert oder gegen effizientere Maschinen getauscht werden können, ist es sinnvoll, folgende elektromotorischen Anwendungen gegen hocheffiziente Lösungen auszutauschen:

⇒ **Kühlwasserpumpe**

○ Bei Neuplanung

Verzicht auf Pumpen durch Nutzung des Netzdrucks des Trinkwasserversorgers und durch Tankanordnung auf einem Höhenniveau über der Reinigungsmaschine. Das bedeutet, dass die Reinigungsmaschine mit Trinkwasser ohne Pumpe durchströmt wird und das Wasser in einem höher als die Waschmaschinen liegenden Tank für die Nutzung beim Waschen gespeichert wird.

○ Bei stark variablen Volumenströmen

In größeren Betrieben mit mehr als 3 Reinigungsmaschinen kann der Bedarf an Kühlwasser stark schwanken. Neben dem Einsatz drehzahl geregelter Pumpen kann eine Verbesserung auch durch Aufteilung der Pumpleistung auf 2 parallel eingebaute Pumpen erreicht werden: Eine Grundlastpumpe fördert eine Mindestmenge, eine

Spitzenlastpumpe erhöht den Volumenstrom bei Bedarf. Zur Planung und Umsetzung ist im Vorfeld eine Messung des Volumenstroms nötig, um die Pumpen richtig dimensionieren zu können.

- Pumpen
Effizient sind mehrstufige Pumpen im Vergleich zu Kreisel-/Jetpumpen. Während in Kreisel-/Jetpumpen ein Laufrad ansaugen und Druck aufbauen muss, wird in mehrstufigen Pumpen die Druckdifferenz über mehrere Laufradabschnitte aufgebaut. Dadurch ist mit niedriger Drehzahl und weniger Energieaufwand die gleiche Pumpleistung erreichbar.
 - Motoren
Hocheffizienzmotoren mit mindestens der Effizienzklasse IE3
 - Regelung
Betrieb nur nach Bedarf
- ⇒ Heizungspumpe: Heute ist die geregelte Hocheffizienzpumpe Standard im Heizungsbau. Die Einstellung der Pumpendrehzahl kann sowohl extern durch eine Regelung als auch durch interne Sensoren / Parametrierung erfolgen. Das Einsparpotenzial kann bis zu 70 % oder über 100 €/a pro Pumpe betragen.
- ⇒ Ventilatoren:
- Häufig werden als Ventilator Trommelläufer oder Ventilatoren mit vorwärtsgekrümmten Schaufeln eingesetzt. Diese sollten durch Ventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln ersetzt werden. Diese haben in der Regel deutlich höheren Wirkungsgrad und können bei gleicher Leistung oft höhere Drücke erzeugen.
 - In Lüftungsanlagen wurden früher zur Drehzahlregelung Standardmotoren mit Frequenzumrichter (FU) oder Stufenschalter eingesetzt. Bei Tausch sollte darauf geachtet werden, dass EC-Motoren („EC“ bedeutet elektronisch kommutiert) eingesetzt werden. Deren Drehzahlregelung über Leistungselektronik ist in der Regel kostengünstiger als die aufwändigeren Frequenzumrichter und der Nutzungsgrad bei Betrieb mit variablen Drehzahlen ist noch größer als beim Standardmotor mit FU.

MERKE: Überdimensionierung vermeiden!

Da der Austausch von Pumpen und Ventilatoren in der Regel im Rahmen größerer Umbaumaßnahmen erfolgt, sollte ein in der Textilreinigungsbranche erfahrener Planer mit ausreichenden Kenntnissen in der Strömungsmechanik eingebunden werden.



Achten Sie bei der Auswahl von Antrieben darauf, dass diese den neuesten Standards entsprechen. Der Wechsel eines Antriebs der Effizienzklasse von IE1 zu IE3 bringt eine Energieeinsparung von 4 %.

5.2.3 Druckluftherzeugung und Druckluftverteilung

Die Erzeugung von Druckluft ist sehr teuer und sollte daher so sparsam wie möglich eingesetzt werden. Nur 5 bis 6 % der eingesetzten elektrischen Energie werden für die Druckerhöhung eingesetzt, der Rest wird vor allem in Abwärme umgewandelt. Je höher der benötigte Druck, umso

geringer wird die Liefermenge des Kompressors. Man kann sich das einfach vor Augen führen, in dem man eine Luftpumpe zusammendrückt:

Je stärker man das in dem Kolben vorhandene Luftvolumen zusammendrückt, desto höher ist der Druck und umso weniger Raum nimmt dieses Luftvolumen ein. Gleichzeitig muss am Kolben mehr Kraft aufgewendet werden und der Zylinder erwärmt sich stärker. Diese Wärme muss abgeführt werden, um ein Überhitzen von Kolben und Zylinder zu verhindern.

Aus diesem Grund sollte Druckluft sparsam und bei möglichst niedrigem Druck verwendet werden und bei geeigneten Rahmenbedingungen anfallende Abwärme ganzjährig genutzt werden.

Textilreinigungen haben je nach Betriebsgröße stark unterschiedlichen Druckluftbedarf:

⇒ **Kleinbetrieb**

- Geringer Druckluftbedarf für Steuerungsfunktionen
- Ggf. während wenigen Betriebsstunden Bedarf für Finisher für Pneumatiktrieb
- In der Praxis meist alte Kompressoren und billige Kolbenkompressoren
- Geringe Einsparpotenziale wegen oft geringer Laufzeit von weniger als 1 h/d
- Kompressoren in der Regel luftgekühlt
- Aktive Abwärmenutzung meist unwirtschaftlich

⇒ **Mittlerer Betrieb**

- Geringer Druckluftbedarf für Steuerungsfunktionen (pneumatische Ventile)
- Bei Dämpfpuppen zusätzlicher Bedarf für pneumatische Zylinder
- Während weniger Stunden Bedarf für Großverbraucher wie Mangeln
- Oft alte Kompressoren
- Größeres Einsparpotenzial, sobald Kompressoren für den Industriebedarf wirtschaftlich eingesetzt werden können. Langlebige Schraubenkompressoren sind bereits ab 2,2 kW elektrischer Leistung erhältlich.
- Die spezifische elektrische Leistung des Kompressors gibt an, mit welcher Leistung der Motor arbeitet, um den vom Hersteller angegebenen Luftvolumenstrom (Lieferleistung als „FAD“ = Free Air Delivery angegeben) zu erreichen. Meist wird die FAD bezogen auf drei Druckstufen (7,5, 10 und 13 bar) angegeben. Dieser Wert kann für gute Kompressoren bei ca. 4 kW/m³/min beginnen und sollte einen Wert von 6 kW/m³/min nicht überschreiten. Billigergeräte können Werte von 10 kW/m³/min überschreiten.
- Der Aufstellort für Kompressor und Druckluftspeicher sollte kühl aber frostfrei sein.
- Da manche Kompressoren keine standardisierte Abwärmenutzung erlauben, kann ein Luftverbund einen Teil der Wärme nutzen: Ein mit Außenluft durchströmter Aufstellraum für den Kompressor kann vorgewärmte, trockene Luft für andere Prozesse liefern, zum Beispiel für Wäschetrockner.

• **Großbetrieb**

- Druckluftbedarf vergleichbar mit einer Wäscherei, meist auch Wäschereiabteilung vorhanden
- Mindestdruckbedarf wird bestimmt durch Großverbraucher (z.B. Faltmaschine, Mangel)

- Verbrauch für Tunnelfinisher und weitere Schalt- und Hebevorgänge (auch für andere Maschinen)
- Meist kontinuierlicher Bedarf für Großverbraucher
- Großes Einsparpotenzial und oft wirtschaftliche Nutzung der Abwärme möglich
- Analog zu Wäschereien ist aktive Abwärmenutzung in Form von Lufterwärmung oder Warmwasserbereitung möglich. So kann bis zu ca. 70 % der Abwärme des Kompressors an Wasser bis 60 °C abgegeben werden. Das ist sowohl für die Warmwasserbereitung als auch für die meisten Gebäudeheizungen ausreichend.

Wie kann der Energieaufwand für die Druckluft gesenkt werden?

Die einzelnen durchzuführenden Prüfungen finden sich in **Kapitel 5.2.5** (Checkliste Druckluft). Grundsätzlich kann man für alle Größen und Netzausbaustufen folgende Ansätze zugrunde legen:

- ⇒ Geringstmöglicher Netzdruck für maximale Liefermengen; die Reduzierung um 1 bar spart zwischen 6 und 8 % Energie ein.
- ⇒ Frostfreier, kühler und gut belüfteter Aufstellort des Kompressors
- ⇒ Ausreichend dimensioniertes Stern- oder Ringnetz mit der Möglichkeit zur Abschaltung nicht benötigter Teilbereiche
- ⇒ Druckluftspeicher an kritischen Verbrauchern, die zyklisch große Druckluftmengen benötigen
- ⇒ Regelmäßige Leckageprüfung: Zielwert für eine gute Druckluftanlage ist 5 % Verlust bezogen auf die genutzte Liefermenge.

MERKE: Die Reduzierung des Druckluftdrucks um 1 bar senkt den Energiebedarf um 6 – 8 %!

Druckluft-Leckagen schnellstmöglich beheben!

Druckluft vermeiden und auf elektrische Antriebe umrüsten, wo es möglich ist:

- **Druckluftwerkzeuge**
- **Ventilantriebe**
- **Sonstige Stellantriebe**



5.2.4 Checkliste Einsparung elektrischer Energiebedarf

Die folgende Checkliste beinhaltet wichtige Prüfungen, die mit dem eigentlichen Reinigungs- und Wäscheaufbereitungsprozess nichts zu tun haben.

Gebäude / Prozessbereich		ja	nein
Beleuchtung	Reinigung und Wartung 1 x im Jahr		
	Austausch bestehender Beleuchtung gegen moderne Lampen mit über 100 lm/W (LED, Halogenmetалldampfleuchte)		
	Tageslichtabhängige Schaltung vorhanden und in Benutzung		
	Präsenzschtaltung an Arbeitsplätzen und in untergeordneten Räumen (z.B. Lager, Kesselhaus, Sozialbereich)		
	Außenbeleuchtung: effiziente Beleuchtung mit Helligkeits- und Präsenzschtaltung		
Gebäudebeheizung	Prüfung der vorhandenen Einstellung der Zeitschaltuhren auf benötigten Bedarf		
	Betriebszeiten der Umwälzpumpen (Heizkreispumpe, Zirkulationspumpe etc.) prüfen.		
	Sommerliche Komplettabschtaltung der Heizung (ohne Warmwasserbereitung)		
	Sensoren, insbesondere Außenlufttemperatursensor prüfen		
	Pumpentausch gegen Hocheffizienzpumpen		
Warmwasserbereitung	Prüfung verschiedener Varianten der Warmwasserbereitung: Geringer Warmwasserbedarf: Durchlauferhitzer (DLE), ggfs. einschl. Abwärmenutzung bei geeignetem DLE Bei Kühlbedarf in den Betriebsräumen: Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung Großer Warmwasserbedarf: Einbindung von Abwärme (z.B. Kompressor, Abluft, Abwasser) in einen Pufferspeicher mit Heizungsunterstützung, geringere Gefahr von Biofilmbildung bei Warmwassererwärmung mit Plattenwärmetauscher		
	Abschtalten von Untertischboilern über Nacht / Wochenende bzw. Austausch gegen Durchlauferhitzer		
	Begrenzung Warmwasserdurchsatz mit Durchlaufbegrenzer, Drosseln Warmwasserabsperrrhahn, Duschen mit Selbstschlussarmaturen, Handwaschbecken nur mit Kaltwasseranschluss		

Büro/Verwaltung	<p>Vermeidung von Standby-Verbrauchern: Einsatz von Multifunktionsgeräten (Drucker, Fax, Kopierer in einem Gerät verursacht 1 x Standby statt 3 x Standby) Nutzung <u>eines</u> Druckers als Gruppengerät für mehrere Mitarbeiter über Netzwerk Nutzung von abschaltbaren Steckdosen/Steckerleisten Nachmessen des Standby-Verbrauchs verdächtiger Geräte mit Messgerät</p>		
	<p>Einsatz von energiesparenden Computern, moderne Kleincomputer und Laptops reichen oft selbst für umfangreiche Arbeiten aus</p>		
	<p>Auswahl geeigneter Aufstellorte: Maschinen mit Kühlfunktionen (z.B. Kühlschrank und Getränkeautomaten) in kalten Räumen, z.B. Keller, Flur Maschinen mit Heizfunktion (Durchlauferhitzer, Kaffeemaschinen oder Kocher) in warmen Räumen</p>		
	<p>Verzicht auf mobile Kühlgeräte, bei Kühlbedarf vorhandene Lüftungsanlagen ergänzen, nächtliche Luftspülung oder Fensterlüftung nutzen</p>		
	<p>Bei umfangreichem Einsatz von Niederspannungsverbrauchern (12-Volt-Beleuchtung im Büro, Laptops, Kommunikationsanlagen, Akku-betriebenes Werkzeug im Betrieb, sonstige Ladegeräte) kann eine 12-Volt-Solarinselanlage (ggfs. mit Netzladegerät für solare „Winterlücken“) überlegenswert sein.</p>		

5.2.5 Checkliste Effiziente Druckluftversorgung

			Ja	Nein
Planung, Bau und Umbau	1.	<u>Prüfung aller vorhandenen oder geplanten Verbraucher</u> : Ersatz von Funktionen, die direkt mit elektrischen Antrieben durchgeführt werden können: Druckluftwerkzeug, Druckluftpistolen, Ventile		
	2.	<u>Installation von Druckluftspeichern</u> für Verbraucher mit stark schwankenden Lastprofilen; der Aufstellungsort sollte so nah wie möglich an Großverbrauchern sein.		
	3.	Wenn kein Verbraucher in einem <u>Netzabschnitt</u> versorgt werden muss, sollte dieser Abschnitt vom Netz <u>automatisch abschaltbar</u> sein. Mögliche Lösung: Nachrüstung mit Hilfsrelais an den Hauptschaltern der Druckluftverbraucher und Ansteuerung durch einen Regler. Der Regler gibt ein Signal an einen Stellantrieb für einen Druckluftkugelhahn.		
	4.	<u>Größere Ringnetze</u> können als Speicher dienen, eine Überdimensionierung des Rohrquerschnitts senkt die Druckverluste.		
	5.	<u>Geringe Rohrrauhigkeit, Bogen- und Hosenstücke</u> anstelle von Knie- und T-Stücken der Druckluftleitungen zur Minderung der Leitungsverluste: je geringer der Druckverlust, umso höher die Liefermenge des Kompressors		
	6.	<u>Nutzung der Kompressorabwärme</u> zur Beheizung von Betrieb und Büro, Vorwärmung von Brauchwasser oder der Prozesswärme überprüfen		
	7.	Einsatz von <u>Kompressoren unterschiedlicher Leistungen</u> : . Ermöglicht bessere Auslastung. Erster Schritt sollte dabei die Ermittlung des Druckluftbedarfs durch Zähler oder Laufzeitermittlung eines vorhandenen Kompressors sein. Bei Neuanschaffung rentiert sich ein Mietkompressor zur Bedarfsermittlung. Ab 4 kW sollte ein Schraubenkompressor angeschafft werden, da stabile Druckzufuhr.		
	8.	<u>Der Standort des Kompressors</u> ist so gewählt, dass die Ansaugung ausreichend trockener, kalter und sauberer Luft gewährleistet ist		
	9.	<u>Auswahl Kompressor</u> : spez. Leistung [kW/m ³ /h]; Effizienz; Art der Abwärmenutzung (Abwärmenutzung mit Wasser zur Warmwasserbereitung für die Heizung mittels integriertem Wärmetauscher ab Werk oder Abwärmenutzung durch Nutzung der aufgewärmten Luft), Qualität der Druckluft (Ölgehalt)		
Parametrierung	10.	Anlage wird nachts, an Wochenenden und an Feiertagen ausgeschaltet		
	11.	Der Luftdruck sollte idealerweise nicht mehr als 6 bar betragen bzw. an den größten Verbraucher angepasst werden (z.B. Mangel). Ziel: niedrigster Druck bei sicherem Betrieb der		

		Anlagen		
Wartung und Prüfung	12a.	Laufende Überwachung von Leckagen; mindestens wöchentlicher Rundgang nach Betriebsende und sofortiges Beheben oder Kennzeichnen		
	12b.	Ermittlung Luftverlust: Betrieb des Kompressors nach Schichtende, Ermittlung Lastlauf/Leerlauf (einstufiger Kompressor) oder Auswertung über Regler/Kompressormanagementsystem (Liefermenge / FAD)		
	13.	Bestehende Armaturen, Kupplungen und Stecknippel durch verlustarme ersetzen		
	14.	Spiralschläuche ersetzen		
	15.	Den Schlauchquerschnitt und die Schlauchlänge kontrollieren		
	16.	Die Druckluftschläuche auf Beschädigung kontrollieren		
	17.	Druckniveau des Netzes und der Verbraucher überprüfen		
	18.	Druckluftanforderungen überprüfen		
	19.	Zeitgesteuerte Kondensatableiter durch elektrisch niveaugesteuerte austauschen		
	20.	Kondensatableiter reinigen		
	21.	Filterelemente auswechseln, prüfen und reinigen		
	22.	Aktivkohle-Elemente auswechseln		
	23.	Funktion des Trockners überprüfen		
	24.	Funktion des Öl-Wasser-Trenners überprüfen		
	25.	Zusammenspiel Kompressoren optimieren: Grundlast und Spitzenlast		
26.	Filtermatte Ansaugluft reinigen bzw. bei Bedarf austauschen			
27.	Wartung des Kompressors durch Fachfirma			

6 Umgang mit Wasser und Betriebsstoffen

6.1 Wasser

Wasser ist ein wertvoll. Der Aufwand zur Gewinnung von Trinkwasser und zur Reinigung von Abwasser verursacht ständig steigende Kosten. Gleichzeitig muss folgendes bezüglich der Wasserver- und -entsorgung beachtet werden:

- Geringe Schmutzfrachten, bezogen auf eine große Menge Abwasser, sind vorteilhaft für den Transport des Abwassers zur Kläranlage.
- Hoher Wasserverbrauch zur Erzielung niedriger Schmutzfrachten bewirkt geringere Ablagerungen in den Rohren. Gleichzeitig wird die Gefahr der Verkeimung reduziert.

Unabhängig davon ist es für jeden Textilreinigungsbetrieb im eigenen Interesse, möglichst wenig Wasser einzusetzen und als Abwasser abzuführen.

Es gibt für Textilreinigungsbetriebe eine Reihe von Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserverbrauchs, die sich wie folgt unterscheiden lassen:

- Optimierung von Waschprozessen – siehe **Kapitel 3.6.3** und **Kapitel 4.2**
- Optimierung von Ver- und Entsorgungsprozessen siehe **Kapitel 4.2.2**
- Vermeidung von Frischwasserbezug durch Ersatz vorhandener, bislang als Abwasser entsorgter Wässer, siehe unten
- Einbinden weiterer Wasserquellen, siehe unten

6.1.1 Auswahl der Wasserqualität

Wie im Kapitel zuvor bereits erwähnt, können auch Wässer geringerer Qualität und Kondensate aus der Wärmerückgewinnung für betriebliche Zwecke genutzt werden.

Als alternative Wasserquellen zum Trinkwasser stehen zur Verfügung:

- Kühlwasser
- Brunnenwasser, enthalten gelöste Mineralien, Salze, Erdalkalien
- Regenwasser, enthält Staub, Ruß, sonstige Partikel, ggf. niedriger pH-Wert
- Kondensat aus Wäschetrockner durch Abwärmenutzung, enthält Flusen
- Kondensat aus Mangeln durch Abwärmenutzung, enthält Flusen und Mangelwachs
- Kondensat aus Erdgasverbrennung (Brennwertnutzung / Wärmetauscher nötig), niedriger pH-Wert des Kondensats
- Spülwasser aus Waschprozessen, enthält Flusen, Waschchemikalien, gelösten Schmutz
- aufbereitetes Abwasser (in verschiedene Aufbereitungsstufen: Grobfiltration, Flockung, Feinfiltration, Ultrafiltration, Umkehrosmose, Destillation)

Die Aufbereitung von Abwasser verursacht Kosten, die im Einzelfall geklärt werden müssen. Die sich aus der Aufbereitung ergebende Konzentration von Schadstoffen kann zu Qualitätsproblemen führen und weitere Maßnahmen erfordern (siehe auch **Kapitel 7.1**).

Der Einsatz der verschiedenen Wasserarten hängt von ihrer Qualität ab. Zur Vermeidung von Qualitätsproblemen sind genaue Kenntnisse der Inhaltsstoffe der Wässer nötig. In der Praxis ist es deshalb oft günstiger, aufbereitete Wässer und Kondensate nicht oder nur als Beimischung in Waschprozessen zu verwenden. Meist weniger kritisch ist der Einsatz bei

- Mischkühlern zur Kanaleinleitung (beim Absalzen und Abschlämmen des Dampferzeugers) und
- Sanitäranlagen (WC-Spülung) oder als
- Beimischung zur Vorwäsche stark verschmutzter Textilien (z.B. Schmutzfangmatten).

6.1.2 Auswahl geeigneter Wasseraufbereitungsanlagen

Prinzipiell werden folgende Arten der Wasseraufbereitung angewandt:

⇒ **Physikalische Aufbereitung**

- Filtration
- Umkehrosmose
- Thermische Entgasung
- Absetzen schwerer Partikel und Flüssigkeiten (Sedimentation)
- Abscheiden leichter Partikel und Flüssigkeiten
- Ionentausch / Enthärtung
- UV-Bestrahlung zur Keiminaktivierung

⇒ **Chemische Aufbereitung**

- Chemische Entgasung durch Reduktion bzw. Sauerstoff-/Stickstoffbindung
- Senkung des pH-Wertes
- Anhebung des pH-Wertes
- Chemische Desinfektion
- Fällung von Phosphaten durch Eisenchloride, Eisen(II)-Sulfat, Kalkmilch
- Fällung von Schwermetallen durch Lauge/Kalk

Die Möglichkeiten der Wasseraufbereitung sind vielfältig, sollen hier jedoch auf die in Textilreinigungsbetrieben sinnvoll einsetzbaren Varianten begrenzt werden.

Die vorgestellten Techniken werden im Folgenden nach Einsatzgebiet und erreichbarer Qualität des Wassers (vom Rohwasser bis zum jeweiligen Anwendungsfall des Wassers) unterschieden.

⇒ **Speisewasseraufbereitung**

Die Hauptanforderung an Speisewasser ist das möglichst rückstandsfreie Verdampfen. Außerdem sollen Dampferzeuger, Wärmetauscher und Rohrleitungen nicht korrosiv angegriffen und durch Ablagerungen im Wärmeübergang beeinträchtigt werden.

- Je nach Quelle des Rohwassers (Härte, Partikel, Sauerstoff und Fremdstoffgehalt; vor allem Metalle, wie Eisen, Nickel, Mangan und Mineralien, wie Natrium, Magnesium und Calcium)
- Schnelldampferzeuger sind deutlich empfindlicher und erfordern die Einhaltung der geforderten Wasserqualität für langen, störungsfreien Betrieb.

- Im Gegensatz zu Schnelldampferzeugern führen auftretende Ablagerungen in Großraumwasserkesseln erst deutlich später zu Beeinträchtigungen und Beschädigungen.
- Nur bei Einhaltung der Wasserhärte setzen sich die Rohrleitungen (insbesondere bei Schnelldampferzeugern) nicht schnell mit Ablagerungen zu.
- Wasseraufbereitungstechniken:
 - Absetztank für grobe Verunreinigungen, Vorwärmung durch Abwärme möglich
 - Filtration auf 0,03 mm (Maschenweite des Filters) bei Nutzung von Kondensaten und Regenwasser
 - Enthärtung auf etwa 0,1 °dH bei Einsatz von Trinkwasser oder Enthärtung auf 3 °dH mit nachgeschalteter Umkehrosmose auf 0,1 °dH
 - pH-Wert-Einstellung auf ca. 8,5-9,5
 - Entgasung:
 - Thermisch durch Aufheizen auf 100 - 110 °C
 - Chemisch durch Sauerstoffbinder über Dosierstation

⇒ **Kühlwasseraufbereitung**

Kühlwasser sollte Wärmetauscherflächen, Pumpen und Kühltürme nicht durch Ausfällungen und Oxidation in ihrer Funktion schädigen und keine Korrosion verursachen. Für eine weitere Nutzung in Waschprozessen dürfen keine Inhaltsstoffe enthalten sein oder zugegeben werden, die für Wäsche, Maschinen oder Benutzer der Wäsche gefährlich werden könnten.

- Differenzierung nach Kühlsystemart:
 - Geschlossenes Kühlsystem:
 - Wasser-Frostschutz-Gemisch,
 - Nachfüllung durch gebrauchsfertige oder vor Ort zu erstellende Mischung
 - Nachfüllen nur bei Leckagen oder Alterung bzw. nachlassendem Frostschutz nötig; Kein nennenswerter Wasserbedarf, keine wesentliche Änderung der Eigenschaften und in der Regel keine Verschlechterung des Wärmeübergangs an Wärmetauscherflächen
 - Offenes Kühlsystem:
 - Hohe Anforderungen an die Wasserqualität: Vermeidung von Keimbelastung in der Umwelt (Legionellen!), bei Nutzung des Kühlwassers für Waschprozesse keine chemische Belastung des Washwassers und keine Reaktionen mit den eingesetzten Waschchemikalien
 - Analog zur Dampferzeugung muss auch hier die Wasserqualität überwacht werden. Die Aufkonzentration des Kühlwassers durch spezielle Inhaltsstoffe (Calcium, Mangan, Eisen, etc.) und zusätzlichen Eintrag von Staub und Sand kann zu Schlamm- und Korrosionsbildung führen. Gleichzeitig führt dies zu schwer zu entfernenden Ablagerungen in Rohrleitungen und Tanks. Zusätzlich erschwert dies das Reinigen des Kühlsystems.
 - Vorgeschalteter Absetztank bzw. Beruhigungsstrecke im Tank zur Entfernung grober Verunreinigungen

- Laufende Filtration auf 0,03 mm (Maschenweite eines rückspülbaren Filters) des gesamten Umlaufwassers zur Reduktion der Verschmutzung im Kühlwasser (Ausfällungen, Staub, Laub etc.)
- Enthärtung auf etwa 0,1 °dH bei Einsatz von Trinkwasser oder Enthärtung auf 3 °dH und nachgeschaltete Umkehrosmose auf 0,1 °dH
- Ggf. pH-Wert-Einstellung auf ca. 9,0, z.B. automatisch mittels Dosierpumpe (analog Anwendung in Schwimmbädern oder Dampfkesselanlagen)
- Bei Nutzung in Waschprozessen kein Zusatz von Fungiziden und sonstigen Bioziden, sondern regelmäßiges Abschlämmen und Ergänzen durch aufbereitetes Wasser nötig

⇒ **Waschwasser**

- Das letzte Spülbad erfordert Wasser mit Trinkwasserqualität; das gilt auch für durch Reinigungsmaschinen oder sonstige Abwärmequellen erwärmtes Trinkwasser und auf Trinkwasserqualität gereinigtes, sonstiges Wasser.
- Waschprozesse zur Bearbeitung von Wäsche mit hohen Ansprüchen (Desinfektion, weiße Wäsche, etc.) erfordert hohe Wasserqualität, Waschprozesse mit geringeren Ansprüchen (Schmutzfangmatten etc.) geringere Wasserqualität.
 - Techniken zur Aufbereitung von Wässern für den Einsatz als
 - Spülwasser: Filtration mit Feinfilter (0,03 mm), Ultra-/Nanofiltration bzw. Umkehrosmose, Ozon zur Oxidation von Kohlenstoffverbindungen, pH-Wert-Anhebung/Senkung auf ~ 7; ggfs. Desinfektion, z.B. mit Wasserstoffperoxid und Aktivkohlefilter; in der Regel ist dies nur in seltenen Ausnahmefällen wirtschaftlich und erfordert eine Nutzung der Teilströme (Konzentrat aus Umkehrosmose) für geringere Qualitätsanforderungen
 - Klarwaschwasser: Filtration mit Trinkwasserfilter (0,1 mm), ggfs. Fällung und pH-Wert-Einstellung
 - Vorwaschwasser: ggf. grobe Filterung und Begrenzung der Temperatur auf max. 40 °C (bluthaltige Wäsche), keine hohen Metallionengehalte, ggf. Deaktivierung von Bleichmitteln

⇒ **Wasser für Toiletten**

- Nur geringe Anforderungen, bei Abweichung von Trinkwasserqualität Kennzeichnungspflicht (DIN 1988) und getrennte, farblich unterschiedlich gekennzeichnete Rohrleitungen (DIN 2403)
- Hartes Wasser aus Enthärtungsanlagen und Umkehrosmose (Konzentrate) ggf. mit Regenwasser mischen
- Notwendige Aufbereitungen:
 - Filtration mit Trinkwasserfilter (0,1 mm)
 - Bei Erdgasverbrennung anfallendes Kondensat (z.B. Brennwerttherme) neutralisieren und zu anderen Wasserarten beimischen
 - Regenwasser ggf. Aufhärten durch Zugabe von Kalkstein als Korrosionsschutz für Leitungen, langfristig empfiehlt sich der Tausch von Metallleitungen gegen Kunststoff- bzw. Kunststoffverbundleitungen.

MERKE: Keine Verbindung von Trinkwasserleitungen mit Wasserleitungen für andere Wasserarten!

Rückflussverhinderer sind nicht zulässig.

Sicherste Lösung: Freier Auslauf in ein separates Leitungsnetz, Abstand von Oberkante Wasserpegel zu Auslauf mindestens 20 mm oder 2 x Rohrdurchmesser.



6.1.3 Checkliste: Effizienter Umgang mit Wasser

Tabelle 9: Checkliste: Effizienter Umgang mit Wasser

		Ja	Nein
1.	Alle organisatorischen und technischen Möglichkeiten zur Einsparung von Frischwasser in Zusammenarbeit mit einem Haustechniker und der Belegschaft auf ihre Umsetzbarkeit prüfen.		
2.	Im Sozialbereich werden wassersparende Armaturen und ggfs. wasserlose Urinale verwendet. Es sollte geprüft werden, ob für WC und Urinal der Einsatz gering verschmutzten Wassers (Grauwasser) möglich ist: z.B. Konzentrat der Umkehrosmoseanlage, Rückspülwasser der Enthärtungsanlage oder Kühlwasser der Reinigungsmaschine.		
3.	Spülwasser für Vor- und Klarwäsche des gleichen Waschprozesses nutzen		
4.	Abwasser aus Waschmaschinen mit anspruchsvoller Wäsche für Vor- und Klarwäsche für weniger anspruchsvolle Wäsche nutzen (je nach Wäscheart, z.B. Abwasser von Hemden für Matten nutzen)		
5.	Einhaltung der Vorschriften bezüglich der Einleitung von Abwässern in das öffentliche Netz		
6.	Entsalzung und Abschlammung bei Dampfkesseln wurde optimiert		
7.	Reduktion des Speisewasserbedarfs durch: <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Dämmung aller Dampfleitungen ⇒ Rückführung von Kondensat auch aus den Frischdampfleitungen mittels Kondensatableitern ⇒ Begrenzung Dämpfdauer bei Finishern auf die qualitativ notwendige Mindestdauer ⇒ Senkung Wärmebedarf bei Waschprozessen (Abwärmenutzung) 		
8.	Nutzung der Rückspül- bzw. Konzentratwässer von Enthärtungsanlagen und Umkehrosmoseanlagen für untergeordnete Aufgaben, z.B. für WC-Anlagen oder als Kühlwasser beim Abschlammern/Absalzen; Abwasser von Umkehrosmoseanlagen haben höhere Konzentration der Inhaltsstoffe und können in der Regel eingesetzt werden, solange ein Ausfall von Mineralien und Metalloxiden nicht zu erwarten ist. Eine typische Anwendung ist die Nutzung für Sanitäranlagen. Das Rückspülwasser aus Enthärtungsanlagen sollte mit anderen Wässern gestreckt werden, weil die enthaltenen Salze zu Korrosionsschäden an Leitungen, Tanks etc. führen könnten.		
9.	Die Investition einer Wasseraufbereitungsanlage zur Wasserwiederverwendung ist in manchen Sonderfällen sinnvoll.		

6.2 Umgang mit Chemikalien in Textilpflegebetrieben

Der Umgang (Benutzung, Lagerung und Entsorgung) aller im Betrieb eingesetzten Betriebsstoffe ist im jeweiligen Sicherheitsdatenblatt der Hersteller beschrieben. Diese Sicherheitsdatenblätter müssen Ihnen die Lösemittel- und Chemikalienlieferanten zur Verfügung stellen.

Lösemittelhaltige Abfälle, Destillationsschlämme, benutzte Filterpulver oder sonstige Betriebsstoffe, die nicht über den normalen Hausmüll entsorgt werden dürfen, müssen gesammelt und über ein zugelassenes Entsorgungsunternehmen abgeholt und entsorgt werden. Die entsprechenden Kosten variieren stark, weshalb auch hier ein Kostenvergleich zu empfehlen ist.

Es bestehen umfangreiche Dokumentationspflichten, die ggfs. von Behörden geprüft werden:

- ⇒ Lösemittelhandbuch zum Nachweis des Lösemittelverbrauchs
- ⇒ Entsorgungsnachweis für Destillationsschlamm

MERKE: Berücksichtigung der Gefahrstoffverordnung!

Erkundigen Sie sich regelmäßig nach den aktuellen regionalen Entsorgungs- und Dokumentationsvorschriften und passen Sie Ihre Arbeitsabläufe daraufhin an.



7 Ganzheitliche Maßnahmen (über Prozessgrenzen hinweg)

In den vorherigen Kapiteln wurde weitgehend die jeweilige Optimierung einzelner Maschinen und Anlagen betrachtet.

Im Folgenden sollen die Möglichkeiten zur Einsparung durch Vernetzung der Prozesse dargestellt werden

7.1 Vernetzte Prozesse mit Wasser

7.1.1 Optimierte Kühlwassernutzung

Nicht jeder Betrieb hat die Möglichkeit, geschlossene Kühlsysteme oder direkt luftgekühlte Kältemaschinen einzubauen, auch wenn diese nach heutigem Stand gegenüber offenen Kühlsystemen Vorteile bieten.

Die in diesem Kapitel beschriebenen Maßnahmen sollen die Energieabgabe über Kühltürme minimieren, den Wasserdurchsatz durch das Kühlsystem bezüglich hygienischer Ansprüche anpassen und die Zweitnutzung von Wasser und Wärme optimieren.

Die bei größeren Betrieben übliche Nutzung von erwärmtem Kühlwasser der Textilreinigungsmaschine für Waschprozesse kann durch organisatorische Maßnahmen verbessert werden und durch weitere Nutzungen ergänzt werden:

- Gleichzeitige Nutzung: Waschprozesse erst starten, wenn warmes Kühlwasser in ausreichend großen Mengen vorhanden ist oder hohe Temperaturen erreicht sind.
- Anpassung des Wassersparventils an der Reinigungsmaschine auf die benötigte Wassertemperatur: Bei fehlendem Warmwasseranschluss der Waschmaschinen kann die Temperatur des Kühlwassers durch Verringerung des Kühlwasservolumenstroms erhöht werden und einen Warmwasseranschluss ersetzen. Dem höheren Strombedarf der Kältemaschine der Reinigungsmaschine steht ein deutlich niedrigerer Energiebedarf der Waschmaschinen gegenüber.
- Bei Zweitnutzung von Waschwasser eines vorgelagerten Prozesses sollte der zweite Waschprozess erst gestartet werden, wenn ausreichend Wasser vorhanden und noch möglichst warm ist. In der Praxis kann das bedeuten, dass am Morgen Hemden, Gardinen und Tischdecken und gegen Mittag (auf dafür vorgesehenen Maschinen) Matten, Pferdedecken und Wischbezüge gewaschen werden.
- Um eine möglichst hohe Abwärmenutzung des Kühlwassers zu erzielen, sollte dieses direkt am Kühlwasseraustritt der Reinigungsmaschine abgegriffen werden, da dort die Temperatur am höchsten ist. Das bedeutet, dass die Entnahme von Kühlwasser direkt nach dem Reinigungsprozess und während des laufenden Destillationsbetriebs mit hoher Wärmeabgabe erfolgt. Das kann z.B. durch eine Mindesttemperatur des Kühlwassers bei Start des nachgeschalteten Prozesses erreicht werden.

7.1.2 Optimierte Dampfnutzung

Ziel einer optimierten Dampfnutzung ist die möglichst unterbrechungsfreie, gleichmäßige Auslastung des Dampferzeugers und ein möglichst kleines Dampfverteilstück im Betrieb. Wie in **Kapitel 5.1.1.1** erläutert, kann das tatsächlich betriebene Dampfnetz durch Teilnetzabschaltungen für einen Teil der

täglichen Betriebsstunden verkleinert werden. Weitere Maßnahmen für optimierte Anlagennutzung bei Erdgas- oder Heizöl-beheiztem Dampferzeuger über Systemgrenzen hinweg sind:

- Berücksichtigung der notwendigen Dampfleistung bei der Arbeitseinteilung und konstante Auslastung beim Dampfverbrauch:
 - Weniger Start-Stopp-Zyklen des Brenners: Kopplung der im Betrieb vorhandenen, zyklischen (Klein-) Dampfverbraucher (z.B. Bügeltisch, Dämpfpuppen) mit Maschinen, die permanent und gleichmäßigen Dampfbedarf haben (z.B. Mangel, durchgehend destillierende Reinigungsmaschinen)
 - Versetzter Betrieb gleicher, zyklischer Verbraucher mit längeren Laufzeiten (und Pausen), wie dampfbeheizte Trockner und destillierenden Textilreinigungsmaschinen: Start Maschine 2 ca. 15 - 20 Minuten nach Maschine 1
 - Bei vorhandener 2. Druckstufe (ca. 2 bar für Waschprozesse) mit Versorgung aus dem Kondensatsammler der 1. Druckstufe (z.B. 10 bar für Mangeln): Start der Waschprozesse nach dem Start der Mangeln zur Nutzung des Entspannungsdampfes

7.1.3 Verknüpfung von Waschen und Trocknen

Das Spülen mit bis auf 50 °C erwärmtem Wasser kann die Entwässerung um ca. 10 % gegenüber 20 °C kaltem Wasser verbessern [22]. Dieser Effekt lässt sich leicht mit den Eigenschaften von Wasser bei den beiden Temperaturen erklären. Tabelle 10 zeigt die Veränderung der Eigenschaften von Wasser, wenn es erwärmt wird. Die spezifische Wärmekapazität – also der Energieaufwand, um Wasser zu erwärmen – nimmt mit der Temperaturzunahme ab. Die Dichte des Wassers nimmt mit steigender Temperatur geringfügig ab. Entscheidend ist jedoch die Abnahme der Viskosität, Wasser wird mit zunehmender Temperatur dünnflüssiger und lässt sich beim Entwässerungsvorgang nach einem warmen Spülgang besser entfernen.

Tabelle 10: Ausgewählte Eigenschaften von Wasser bei 20 bzw. 50°C

Physikalische Größe bei 1 bar(abs)	20 °C	50 °C
Dichte von Wasser	998,21 kg/m ³	988,04 kg/m ³
Dynamische Viskosität von Wasser	1,002 mPa*s	0,546 mPa*s
Spezifische Wärmekapazität	4,183 kJ/kg*K	4,181 kJ/kg*K

Als zusätzlicher Effekt beginnt der Trocknungsprozess eines warm gespülten Wäschepostens bereits mit wärmerer Ware. Der Energieaufwand wird durch den mitgelieferten Wärmeinhalt verringert und eine geringere Restfeuchte senkt wiederum den Wärmebedarf für den Trocknungsprozess (siehe **Kapitel 4.4.3.1**).

Diese Vorwärmung kann mit relativ gering erwärmtem Kühlwasser der Textilreinigungsmaschine erfolgen. Eine weitere Verknüpfung der beiden Prozesse kann den Wärmebedarf nochmals senken (siehe **Abbildung 34**):

- Die Abwärme des Trockners wird mit einem Abluftwärmtauscher der Abluft entzogen und einem geschlossenen Wasserkreislauf mit Umwälzpumpe zugeführt.
- Ein einfacher Regler (nicht abgebildet) startet die Umwälzpumpe, wenn die Temperatur am Abluftwärmetauscher höher als im Warmwasserbereiter ist.
- Der Warmwasserbereiter besteht aus einem Trinkwasserbehälter mit innenliegendem Wärmetauscher und ggf. einem weiteren Anschluss für ein zweites Heizsystem, um eine konstant hohe Temperatur auch ohne Trocknerbetrieb zu garantieren.

- Der innenliegende Wärmetauscher gibt die Wärme des geschlossenen Wasserkreislaufs an das Wasser ab.
- Der Warmwasserbereiter wird mit Wasser über einen Anschluss zum Frischwasser oder Kühlwasser der Textilreinigungsmaschine versorgt. Bei jeder Wasserentnahme durch die Waschschleudermaschine (WSM) wird kaltes Wasser nachgespeist
- Bei drucklosen Warmwasserbereitern (Warmwassertanks) ist eine zusätzliche Pumpe für die Versorgung der WSM mit Warmwasser notwendig (siehe auch **Kapitel 4.2.2 und 4.2.3**).
- Die prinzipielle Anordnung mit je einer WSM und einem Ablufttrockner bzw. einem Abluftwärmetauscher kann auf mehrere Maschinen und Abluftwärmetauscher erweitert werden. Bei komplexeren Systemen sollte ein erfahrener Planer hinzugezogen werden.

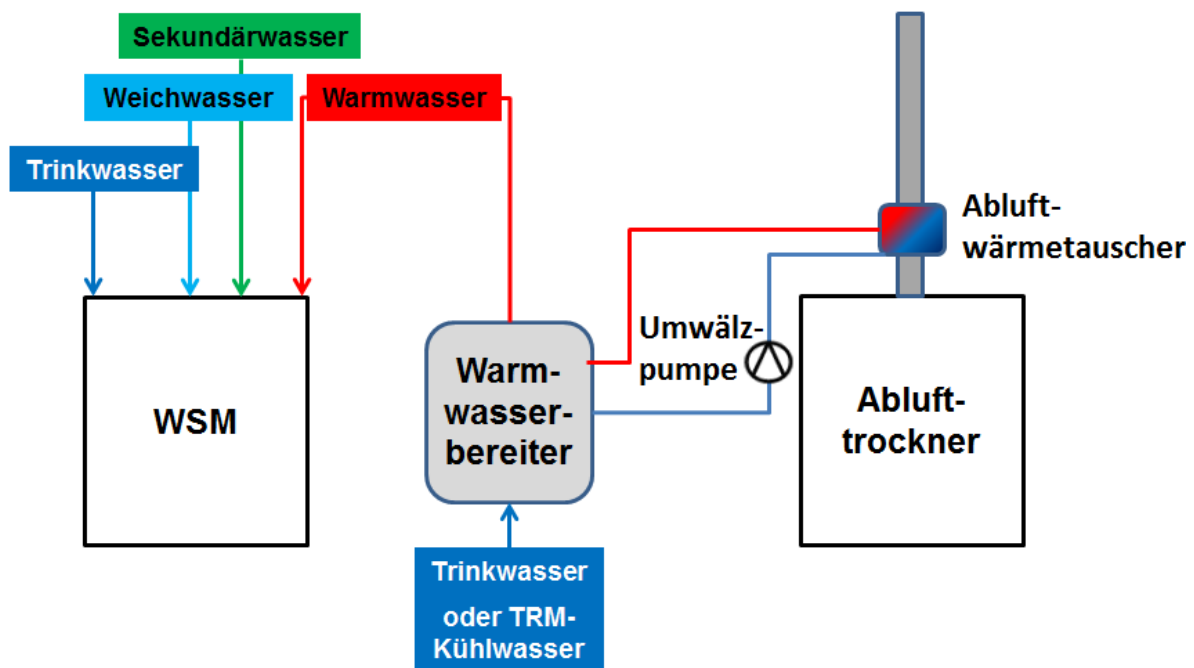


Abbildung 34: Wärmeverbund eines Ablufttrockners mit einer Waschmaschine (WSM)

7.2 Energie, Wasser und Betriebsstoffe einsparende Maßnahmen

Einsparungen in Teilbereichen von bis zu 30 % kann man durch die Optimierung einzelner Prozesse erreichen. Über den Gesamtbetrieb gelingt es jedoch kaum, zweistellige Einsparungen an Energie und Wasser zu erreichen. Will man 30 % und mehr über den gesamten Betrieb einsparen, ist eine Vernetzung der Prozesse Voraussetzung. Nur die Verwendung von Energie und Wasser über Systemgrenzen hinweg ermöglicht dies, was weitere Maßnahmen im Betriebsablauf erfordert.

Die Nutzung von Wasser für mehrere Prozessschritte erfordert eine systematische Betriebsplanung und die Sensibilisierung der Mitarbeiter.

7.2.1 Absalz-/Abschlammwasser

Absalz-/Abschlammwasser wird bislang ungenutzt, oft unter Verwendung von kostbarem Trinkwasser zur Kühlung über den Kanal entsorgt.

In den Betrieben gibt es zwei Hauptquellen für Absalz-/Abschlammwasser:

- Abwasser aus der Regeneration einer Enthärtungsanlage
- Abwasser aus dem Abschlamm und Absalzen eines Dampfkessels/Schnelldampferzeugers

Dabei wird die Qualität dieses Wassers bislang unterschätzt. Die Qualität dieses Wassers ist von den eingestellten Parametern am Regler des Dampferzeugers oder den Aufbereitungsanlageeinstellungen abhängig. Meistens sind die Werte der zulässigen Wasserinhaltsstoffe zum Schutz der Anlagen (Korrosionsschutz, Filtergängigkeit etc.) in einem Bereich, der auch von hartem Trinkwasser in Deutschland erreicht wird. Lediglich Ausfällungen und Salzkristalle müssen durch Absetzen/Filtration entfernt werden.

Bei Verwendung eines Wärmetauschers zur Vorerwärmung des Speisewassers kann die Temperatur des Absalz-/Abschlammwassers bereits unter 40 °C liegen. Bei heißem bzw. überhitztem Kesselwasser sollte eine Mischung mit kühlerem Wasser (z.B. Trinkwasser, Kühlwasser oder Spülwasser) eingesetzt werden, um Dampfstöße durch Nachverdampfung zu vermeiden.

7.2.2 Nutzung von Kühlwasser als Speisewasser

In einzelnen Fällen kann eine Nutzung von Kühlwasser als Speisewasser für die Dampferzeugung betriebswirtschaftlich sinnvoll sein.

Sowohl Kühlwasser als auch Speisewasser müssen niedrige Härte aufweisen, um Ablagerungen an Wärmetauschern zu vermeiden.

Zur Vermeidung von Schäden und Betriebsstörungen ist zu beachten:

- Untersuchung des Kühlwassers zur Einhaltung der strengeren Qualitätskriterien für Speisewasser
- Kein Betrieb eines offenen Kühlturms (Eintrag von Verschmutzungen und Aufkonzentration der Inhaltsstoffe)

Die Nutzung von Kühlwasser und Wasser aus dem Waschprozess wurde bereits in den **Kapiteln 4.2.2ff.** und **6.1.1** behandelt.

8 Energiedatenmanagement

In den folgenden Kapiteln sollen Textilreiniger schrittweise an das Thema Energiedatenmanagement herangeführt werden. Energiedatenmanagement ist kein Selbstzweck zur Schaffung von Datenfriedhöfen, sondern soll den Textilreinigungsbetrieb unterstützen, Effizienz- und Effektivitätsmängel im Betrieb zu entdecken und zu beseitigen.

Eine Vergleichsplattform für die Wäscherei- und Textilreinigungsbranche wurde durch den DTV geschaffen. Unter <http://www.brancheninitiative-energie.de/brancheninitiative/oekobench> kann jeder Betrieb seine Verbrauchswerte anonym einstellen und im Gegenzug eine Aussage darüber erhalten, wo er im Vergleich zu anderen Betrieben energetisch bzw. generell bezüglich seines Ressourcenverbrauchs steht.

In **Kapitel 8.4** werden Empfehlungen gegeben, wie Sie bei erhöhten Verbräuchen oder scheinbar unerklärbaren Verbrauchswerten vorgehen sollten.

8.1 Der Weg zur betriebsweiten Energiebilanz

Eine betriebsweite Energiebilanz stellt die Energie- und Medienströme dar. Sie zeigt auf, wo die Energie dem Betrieb zugeführt wird und an welchen Stellen Energie dem Betrieb verloren geht.

Da bei gleicher prozentualer Energieeinsparung die absolute Einsparung immer bei großen Energie- und Stoffströmen am größten ist, erfolgt eine Erfassung der Verbräuche immer vom in den Betrieb eintretenden Energie- und Stoffstrom hin bis zum kleinen Verbraucher.

Bei kleinen Betrieben reicht dabei oft der Hauptzähler, weil nur ein (Haupt-)Verbraucher vorhanden ist.

Je umfangreicher und komplexer die Prozesse im Textilreinigungsbetrieb sind, umso sinnvoller ist eine größere Detailtiefe der Datenerfassung. Im Detail müssen alle Kernprozesse separat erfasst und analysiert werden, um anschließend ganzheitliche Einsparkonzepte für den Betrieb erarbeiten zu können.

In **Abbildung 35** ist beispielhaft eine einfache Energie- und Wasserbilanz dargestellt, die mit den vorhandenen Daten der Energieversorger und wenigen Messstellen erstellt werden kann. Oft sind in den Betrieben Verbrauchszähler für Speisewasser (Dampferzeuger) vorhanden, so dass – in diesem Beispiel – die Differenz von Gesamtverbrauch und Dampferzeugerverbrauch den Wasserbedarf der Waschschleudermaschine (WSM) ergibt.

Betriebsweite Energie- und Wasserbilanz eines Textilreinigungsbetriebs

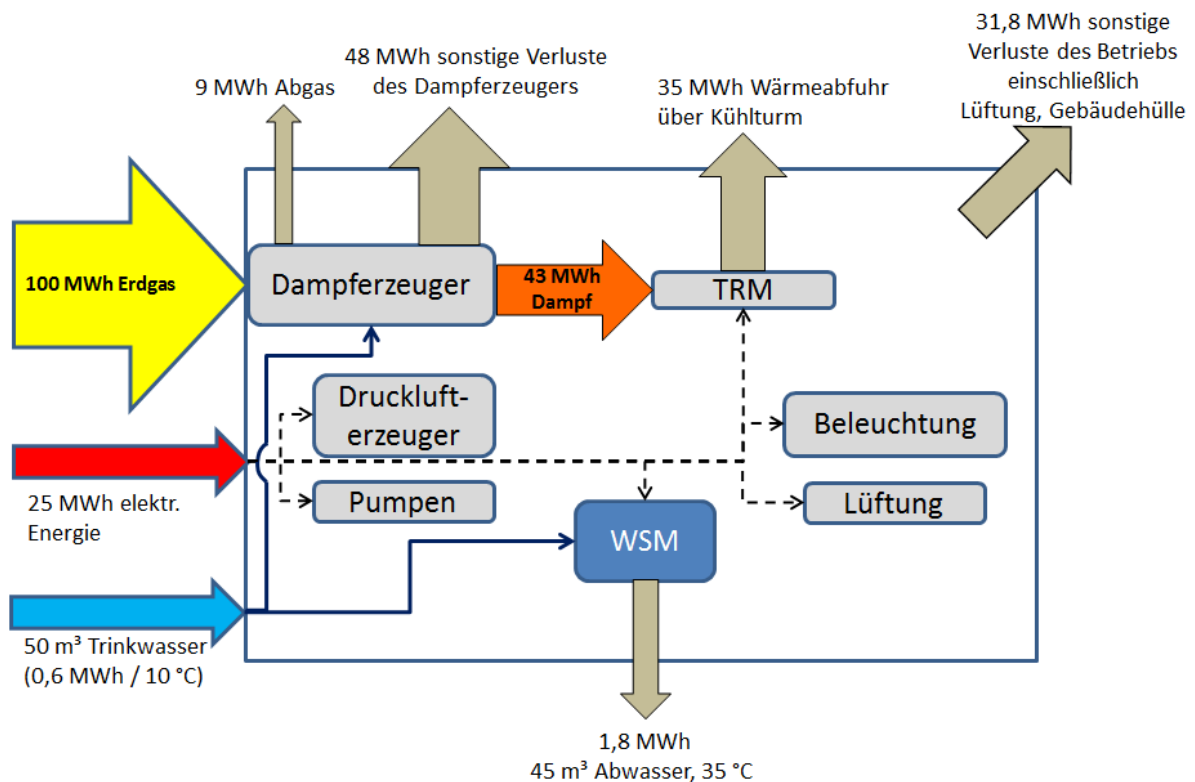


Abbildung 35: Beispiel für eine betriebsweite Energie- und Wasserbilanz eines Textilreinigungsbetriebs

Wie aus den Zahlen in **Abbildung 35** zu sehen ist, verfügt der Betrieb über einen Erdgas- und einen Dampfmengezähler am Dampferzeuger, der der einzige Erdgasverbraucher ist. Aus den Werten dieser Zähler kann die Effizienz des Dampferzeugers ermittelt werden:

$$\text{Nutzungsgrad} = \frac{\text{Nutzenergie (enthaltene Energie des verbrauchten Dampfs)}}{\text{Energieaufwand (Erdgasverbrauch)}}$$

Mit den Zahlen aus **Abbildung 35** kann der Nutzungsgrad wie folgt berechnet werden:

$$\text{Nutzungsgrad} = \frac{43 \text{ MWh Dampf}}{100 \text{ MWh Erdgas}} = 0,43 = 43 \%$$

In unserem Beispiel hätte der Dampferzeuger einen Nutzungsgrad von nur 43 Prozent. Die restliche Energie von 57 MWh (oder 57 %) gehen durch Abgas- und sonstige Verluste (u.a. Oberflächenverluste, Abschlämmen/Absalzen) verloren.

Nutzungsgrad ist das Verhältnis einer Nutzenergiemenge (Dampf, Strom, Druckluft) zur zugeführten Menge „Rohenergie“ einer Anlage im realen Betrieb über einen gewählten Zeitraum (z.B. 1 Tag, 1 Monat oder 1 Jahr). Der Nutzungsgrad ist (mit Ausnahme der Wärmepumpe bzw. Kältemaschine) immer kleiner als 100 %: der Nutzen kann nicht größer als der Aufwand sein (Energieerhaltungssatz). Je näher der Nutzungsgrad an 100 % liegt, desto effektiver ist der Umwandlungsprozess.

Wärmepumpen (und Kältemaschinen) stehen nur scheinbar im Widerspruch zum Energieerhaltungssatz. Tatsächlich kann pro eingesetzte Kilowattstunde elektrischer Energie mehr als

eine Kilowattstunde Nutzenergie in Form von Wärme gegenüberstehen. Der Wärmegewinn wird jedoch einer Wärmequelle (z.B. Abluft, Abwasser etc.) entzogen. Der Jahresnutzungsgrad für Wärmepumpen in Textilreinigungen sollte für einen wirtschaftlichen Betrieb größer als 5 sein.

MERKE: Die übliche Angabe eines Wirkungsgrades, der sich auf Vollastbetrieb bezieht, ist für die Jahresenergiebilanz und Wirtschaftlichkeitsberechnung ungeeignet. Um realistische Werte zu erhalten, sollte der Anwender den tatsächlichen Nutzungsgrad in seinem Betrieb berechnen und regelmäßig überprüfen (lassen).



Literatur- und Herstellerangaben zu Brennwerttechnik weisen ebenfalls oft Wirkungsgrade über 100% aus. Solche Wirkungsgrade beziehen sich auf den niedrigeren Heizwert!

Mit einer Energiebilanz nach dem Beispiel aus **Abbildung 35** kann der Betrieb bereits seine ersten „Problemstellen“ erkennen:

- Der Dampferzeuger ist nicht optimal, er setzt zu wenig Energie in Dampf um. Erste Sichtprüfungen auf Leckagen, fehlende Dämmelemente und falsche Einstellungen können bereits größere Einsparungen bringen. Weitere Ursachen und Lösungsmöglichkeiten sollten mit einem Spezialisten ermittelt werden.
- Der Kühlturm führt den Großteil der zugeführten Energie der Textilreinigungsmaschine ab.
- Die sonstigen Verluste sind mit rund 25 % so hoch, dass weitere Untersuchungen nach den dort bedeutendsten Ursachen sinnvoll erscheinen. Dazu können zusätzliche Zähler fest installiert oder von externen Beratern zeitlich befristet Messgeräte ausgeliehen und angebracht werden.
- Für weitere Aussagen, insbesondere bezüglich des Stromverbrauchs, werden weitere Daten benötigt. Nennenswerte Anteile am Stromverbrauch haben vor allem „Dauerläufer“ wie Kompressoren, Pumpen und Ventilatoren und die Textilreinigungsmaschine.
- Zur Abschätzung des Einflusses eines Verbrauchers helfen manchmal Betriebsstundenzähler und ggf. einmalige Verbrauchsmessungen. Der Energieverbrauch eines Kompressors im Ein/Aus-Betrieb kann damit ausreichend genau ermittelt und sein Anteil am Gesamtstromverbrauch berechnet werden.

Für die Erstellung einer einfachen Energie- und Ressourcenbilanz auf Jahressicht ist in den meisten Betrieben kein größerer Aufwand nötig. Dazu werden die Daten aller Energieträger berücksichtigt, die der Betriebsstätte zugeführt werden:

- Erdgas (und/oder Heizöl, Fernwärme, etc.)
- Elektrische Energie (ggf. inklusive Eigenstromerzeugung aus BHKW und Photovoltaik soweit nicht aufteilbar)
- Trinkwasser
- Ggf. weitere Wasserarten (z.B. Regenwasser, Brunnenwasser, externes Prozesswasser)
- Waschmittel / Waschchemie
- Lösemittel

Um die Übersichtlichkeit zu erleichtern bietet es sich an, bei mehreren Wasserarten eine gesonderte Bilanz für Wasser und (relevante) Betriebsstoffe zu erstellen.

Vor einer Bilanzierung ist die Datenerfassung nötig. Für einen Einstieg in die Bilanzierung des Betriebs ist ein Beginn mit Jahres- und Monatswerten ausreichend. Die Verfügbarkeit der Daten ist dabei unterschiedlich. Sind Zähler von Wasser- und Energieversorgern nicht vorhanden, wie das zum Beispiel bei Heizöl oder Regenwasser nur selten der Fall ist, ist eine Investition in Zähl- und Messeinrichtungen an dieser Stelle unvermeidlich. Je nach Größe des Betriebs kann hier differenziert werden:

- Kleines Ladengeschäft: Einfache elektronische oder mechanische Zähler und handschriftliche Listen
- Mittlere Textilreinigung: elektronische Zähler mit der Option zur digitalen Übertragung bzw. Erfassung von Verbräuchen, zu Beginn handschriftliche Erfassung möglich
- Große Betriebe: Elektronische Zähleinrichtungen mit Vernetzung der Zähler zu einem zentralen Computer mittels Busverbindung und Auswerteeinheit, ggf. Erfassung von Wäscheposten oder Einzelstücken per RFID

Die geringen, absoluten Einsparungen kleiner Textilreinigungen rechtfertigen nur einfache, aber zuverlässige Zähler. Diese müssen auch nicht zwingend geeicht sein, solange keine offizielle Abrechnung darüber erfolgt und die Genauigkeit innerhalb akzeptabler Toleranzgrenzen liegt. Bei vielen Betrieben werden Strom, Erdgas und Trinkwasser bereits durch geeichte Zähler der Versorger erfasst und müssen nur noch abgelesen werden.

Diese Daten sollten idealerweise immer zur gleichen Uhrzeit am ersten Tag im Monat (alternativ Monatsletzter) durch eine mit dem Ablesen der Zähleinrichtung vertrauten Person erfolgen.

Bei mittleren Betrieben (ab 2 Reinigungsmaschinen, Nassreinigungs- und Waschmaschinen sowie mindestens 2 - 3 Finisheinheiten, wie Bügeltische, Dämpfpuppen, Hemdenpressen) besteht bereits ein höheres Einsparpotenzial. In der weiteren Entwicklung des Energiemanagements könnte eine größere Anzahl von Messstellen für Energie- und Wasserzähler erforderlich sein. Ob diese manuell oder elektronisch aufgezeichnet und ausgewertet werden, muss für jeden Betrieb individuell geklärt werden. Folgendes sollte dabei betrachtet und abgewogen werden:

- Kosten für die Zähleinrichtungen sowie bei elektronischer Erfassung für die Peripherie: Netzwerk oder Busverbindung sowie PC oder Server
- Bindung von Personal für die manuelle Erfassung gegenüber Aufwand für die Einrichtung elektronischer Zähler und Aufbau eines Netzwerks zur zentralen Speicherung und Auswertung der Daten
- Bedarf an zusätzlichen Funktionen, die mit vertretbarem Aufwand nur mit elektronischer Datenerfassung und -auswertung möglich ist:

Erfassung aller Energieträger und Medien in einem kürzeren Messintervall

- Strom: ¼ h-Werte (Leistung und Energieverbrauch)
- Erdgas und Wasser: 1h-Werte (Leistung und Energieverbrauch bzw. Wassermengen)
- Maximale und minimale Verbräuche und Leistungen
- **Erdgas / Heizöl**
 - Automatische Umrechnung von m³ in kWh (Energie) bzw. von m³/h in kW bzw. Liter in kWh und Liter/h in kW

- **Wasser (alle Arten)**

- Alarmmeldung bei Leckage
- Erfassung von Wäscheposten-bezogenen Verbräuchen (in Verbindung mit einer digitalen Erfassung der Wäschedaten)

Für die Vergleichbarkeit mit anderen Betrieben wird in der Regel der spezifische Verbrauch ermittelt. Dazu sind die Mengen (können überschlagmäßig über Teilezahl und mittleres Teilgewicht berechnet werden) der bearbeiteten Ware zu erfassen.

- Gereinigte Ware (in kg)
- Gewaschene Ware (in kg; Waschprozesse und Nassreinigungsverfahren)

Da Sie als Betreiber einer Textilreinigungsmaschine verpflichtet sind, ein Lösemittelhandbuch zu führen, in dem die Masse der gereinigten Ware notiert wird, liegt dieser Wert bereits vor. Zusätzlich sollte grundsätzlich auch die Masse der gewaschenen bzw. nassgereinigten Wäsche durch Wiegen vor dem Waschen erfasst werden, um den eigenen Wäscheumsatz zu kennen und die Verbrauchskennwerten zu berechnen.

Die einzige Investition für den Waren-/Wäscheumsatz ist der Kauf einer geeigneten Waage für die Erfassung der Wäschemenge vor der Reinigung bzw. vor dem Waschen. Die viel aufwändigere Arbeit ist es, allen Mitarbeitern an den Maschinen dies so beizubringen, dass es „in Fleisch und Blut übergeht.“

Mit diesen Daten lassen sich bereits folgende Vergleichskennwerte ohne nennenswerte Investitionen in Messtechnik und Automation ermitteln.

Wie eine solche Statistik aussieht, ist in **Abbildung 36** zu sehen. Diese gesamte Excelliste mit allen Listen ist beim Deutschen Textilreinigungsverband online unter [_____ \(ggfs. hier direkt verlinken, DTV\)](#) kostenfrei downloadbar.

Betriebliche Energiebilanz der Textilreinigung						
Jahr:	2017					
Reinigungsmenge Gesamt:		18.070	kg			
Wäschemenge Nassreinigen/Waschen:		1.640	kg			
				Jahresbedarf	spezifischer Bedarf	Einheit
	Wärme (kWh, Erdgas und Heizöl):	40.400		2,2	kWh/kg	
	Elektrische Energie (kWh):	75.000		4,2	kWh/kg	
	Wasserbedarf (Liter, Trinkwasser):	75.000		45,7	Liter/kg	

Abbildung 36: Übersicht spez. Energieverbräuche für betriebliche Energiebilanz

Hinweise zur Anwendung

- ⇒ Die Tabellen sind offen und veränderbar: auch die Zellen mit Formeln; deshalb zuvor eine Sicherheitskopie abspeichern für den Fall, dass etwas aus Versehen gelöscht wurde
- ⇒ Man kann die Tabelle nach eigenen Wünschen und Bedürfnissen ergänzen oder verändern
- ⇒ Es bietet sich an, für jedes Jahr eine eigene Exceltabelle anzulegen und mit dem Jahr im Dateinamen abzuspeichern
- ⇒ Die farbigen Zellen sind in der Regel mit Formeln oder festen Inhalten versehen, Eingaben erfolgen in den nicht eingefärbten Zellen
- ⇒ Die vorhandenen Zahlenwerte sind Platzhalter

⇒ **Erdgas- und Heizölbedarf**

- ✓ Eintragen der Zählerstände
- ✓ Die Verbräuche werden automatisch in m³ ermittelt.
- ✓ Die Umrechnung in kWh verlangt die Eingabe eines Brennwertes. Dieser kann der Rechnung Ihres Erdgasversorgers entnommen werden. Liegt dieser Wert nicht vor, kann behelfsweise mit 11 kWh/m³ gerechnet werden (siehe **Abbildung 37**).
- ✓ Da Wärme für Textilreinigung und Waschverfahren eingesetzt wird, sollte der spezifische Wärmebedarf für die gesamte bearbeitete Wäsche angesetzt werden. Eine Unterscheidung nach der Bearbeitungsart kann nur dann erfolgen, wenn jeweils Energiezähler (z.B. Dampf) für die Maschinenarten im Betrieb vorhanden sind.
- ✓ Es wird empfohlen bei der Bilanz auch ggf. anfallenden Energiebedarf für die Raumheizung in den Betriebsaufwand für Wärme einzurechnen. Nur dann stellt eine (geplante) Nutzung von betrieblicher Abwärme eine Energieeinsparung und Effizienzsteigerung dar.

Aufstellung Energieverbrauch Erdgas & Heizöl										
Jahr:		2017		Heizwert von Heizöl:		10 kWh/Liter				
Erdgasverbrauch					Heizölverbrauch			Gesamtenergiebedarf Wärme	Wäschemenge [kg]	spez. Kennwert Wärme [kWh th/kg]
Monat	Zählerstand am Monatsende	Erdgasverbrauch in m ³	Brennwert [kWh/m ³]	Verbrauch in kWh	Zählerstand am Monatsende	Heizölverbrauch in Liter	Verbrauch in kWh			
Dezember Vorjahr	5.000,0				1.600,0					
Januar	5.200,0	200,0	11	2.200	1.800,0	200,0	2.000	4.200	2000	2,1
Februar	5.275,0	75,0	11	825	2.000,0	200,0	2.000	2.825	1200	2,4
März	5.375,0	100,0	11	1.100	2.100,0	100,0	1.000	2.100	1000	2,1
April	5.475,0	100,0	11	1.100	2.100,0	0,0	0	1.100	500	2,2
Mai	5.575,0	100,0	11	1.100	2.500,0	400,0	4.000	5.100	2500	2,0
Juni	5.675,0	100,0	11	1.100	2.600,0	100,0	1.000	2.100	900	2,3
Juli	5.775,0	100,0	11	1.100	2.600,0	0,0	0	1.100	500	2,2
August	5.875,0	100,0	11	1.100	2.600,0	0,0	0	1.100	440	2,5
September	5.975,0	100,0	11	1.100	2.600,0	0,0	0	1.100	450	2,4
Oktober	6.075,0	100,0	11	1.100	3.000,0	400,0	4.000	5.100	2200	2,3
November	6.200,0	125,0	11	1.375	3.500,0	500,0	5.000	6.375	2880	2,2
Dezember	6.400,0	200,0	11	2.200	4.100,0	600,0	6.000	8.200	3500	2,3
Gesamtjahr:		1.400,0		15.400		2.500,0	25.000	40.400	18.070	2,2

Abbildung 37: Liste zur Erfassung von Erdgas und Heizölverbrauch

⇒ **Elektrische Energie**

- ✓ Eintragen der Zählerstände
- ✓ Die maximale Leistung kann nur dann eingetragen werden, wenn der Zähler des Energieversorgungsunternehmens (EVU) diese Funktion hat und ggf. sogar in der monatlichen Abrechnung ausgewiesen wird.

- ✓ Der Nutzen der daraus berechneten Volllaststunden: Je höher der Wert, desto höher und in der Regel gleichmäßiger ist die Auslastung der vorhandenen elektrischen Verbraucher. Der maximale Wert ist begrenzt auf die monatliche bzw. jährliche Stundenzahl (Jahr: 8.760 h, 30-Tage-Monat: 720 h)
- ✓ Analog zur Wärme wird Strom für jede Wäscheaufbereitungsart eingesetzt und deshalb die gesamte Wäschemasse des Betriebs für die Berechnung angesetzt.

Aufstellung elektrischer Energieverbrauch						
Jahr:		2017				
Elektrische Energie						
Monat	Zählerstand am Monatsende	Strombedarf [kWh]	maximale Leistung [1/4h-Wert]	Volllaststunden [h]	Wäschemenge [kg]	spez. Kennwert Wärme [kWh_el/kg]
Dezember Vorj.	45.000,0					
Januar	52.000,0	7000,0	75	93	2000	3,5
Februar	57.000,0	5000,0	50	100	1200	4,2
März	65.000,0	8000,0	65	123	1000	8,0
April	68.000,0	3000,0	50	60	500	6,0
Mai	75.000,0	7000,0	55	127	2500	2,8
Juni	81.000,0	6000,0	80	75	900	6,7
Juli	88.000,0	7000,0	85	82	500	14,0
August	92.000,0	4000,0	50	80	440	9,1
September	98.000,0	6000,0	65	92	450	13,3
Oktober	105.000,0	7000,0	66	106	2200	3,2
November	112.000,0	7000,0	70	100	2880	2,4
Dezember	120.000,0	8000,0	80	100	3500	2,3
Gesamtjahr:		75.000,0			18.070	4,2
Maximalwerte:		8000,0	85,0	127		

Abbildung 38: Liste zur Erfassung des elektrischen Energieverbrauchs

⇒ **Trinkwasser**

- ✓ Eintragen der Zählerstände
- ✓ In den meisten Betrieben sind weitere Zähler, z.B. für Speisewasser, vorhanden und sollten für eine Kontrolle auch aufgezeichnet werden. Bei Leckagen und sonstigen Schäden kann ein unerwartet ansteigender Verbrauch erste Hinweise geben.
- ✓ Für weitere Zähler lassen sich die Spalten ergänzen.
- ✓ Bei Verwendung anderer Wasserarten sollte das komplette Tabellenblatt kopiert und umbenannt werden (z.B. Regenwasser oder Brunnenwasser). Diese

Vorgehensweise empfiehlt sich auch bei der Erfassung von Kühlwasser offener Kühlanlagen.

Aufstellung Wasserverbrauch						
Jahr:		2017				
Trinkwasser						
Monat	Haupt-einspeisung Zählerstand am Monatsende	Trinkwasser-bedarf Haupt-einspeisung [m³]	Speisewasser Dampferzeuger Zählerstand am Monatsende	Trinkwasser-bedarf Speisewasser Dampferzeuger [m³]	Wäschemenge [kg, nur Nassreinigung/Waschen]	spez. Kennwert Wasser [Liter/kg]
Dezember Vorjahr	45,0		250,0			
Januar	52,0	7,0	255,0	5,0	150	46,7
Februar	57,0	5,0	260,0	5,0	120	41,7
März	65,0	8,0	265,0	5,0	250	32,0
April	68,0	3,0	267,0	2,0	55	54,5
Mai	75,0	7,0	270,0	3,0	250	28,0
Juni	81,0	6,0	273,0	3,0	110	54,5
Juli	88,0	7,0	280,0	7,0	200	35,0
August	92,0	4,0	285,0	5,0	60	66,7
September	98,0	6,0	289,0	4,0	90	66,7
Oktober	105,0	7,0	292,0	3,0	110	63,6
November	112,0	7,0	296,0	4,0	120	58,3
Dezember	120,0	8,0	305,0	9,0	125	64,0
Gesamtjahr:		75,0		55,0	1.640	45,7
Maximalwerte:		8,0		9		

Abbildung 39: Liste zur Erfassung des Trinkwasserverbrauchs

8.2 Ermittlung von Verbrauchs- und Anlagendaten

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, werden die meisten Energie- und Medienströme im Betrieb durch Wasser- und Energiezähler (Erdgas, elektrischer Strom, Öl, etc.) erfasst.

Generell sind Zähler wegen der Genauigkeit und der in der Regel direkt nutzbaren Daten vorzuziehen. Soll in Ihrem Betrieb die Erfassung der Daten nicht manuell, sondern automatisiert erfolgen, dann gibt es zwei verschiedene Arten der Datenübertragung:

⇒ Relativwertübertragung

- Übertragung von Energie- und Medienverbräuchen
- Teils störungsanfällig, keine Übertragung von absoluten Zählerständen und dadurch erschwerte Ursachenforschung bei Datenfehlern und Rekonstruktion von Verbrauchsverläufen im Fehlerfall
- Arten der Datenübertragung:
 - Impulsausgang (potenzialfreier Kontakt, SO-Schnittstelle): Über die Anzahl der Impulse werden die Wasser- und Dampfmengen berechnet.
 - Standardstromsignal (0/4...20 mA): Die Höhe des Stroms entspricht einer zu definierenden Durchflussmenge oder Leistung. Dies kann bei vielen, aber

nicht allen, Messsystemen frei eingestellt werden. Bei 4 - 20 mA zeigt ein Wert unter 4 mA einen Fehler im Messsystem an.

- Vorteil: Überall im Übertragungskabel herrscht der gleiche Strom, der Messwert kann so mit mehreren Systemen an verschiedenen Orten verwendet werden.
 - Nachteil: Das Signal wird durch die Stromversorgung bzw. den ohmschen Widerstand begrenzt. In der Regel liegt die Länge der Messdatenleitung bei max. 50 - 100 m. Im laufenden Betrieb ist keine Veränderung des Messsystems oder eine Kontrolle mit einem Messgerät (Digitalmultimeter) möglich, ohne die Messung zu unterbrechen.
- Standardspannungssignal (0/2 – 10 V): Analog zum Standardstromsignal gibt es ein Spannungssignal: Die Höhe der Spannung entspricht einer definierten Durchflussmenge oder Leistung. Das kann bei den meisten Messsystemen frei eingestellt werden. Bei 2 - 10 V dient der Spannungsbereich unter 2 V für die Anzeige von Fehlern im System.
- Vorteil: Das Signal kann parallel mit einem Digitalmultimeter zu Prüfzwecken oder zur externen Aufzeichnung abgegriffen werden.
 - Nachteil: Das Signal wird durch den ohmschen Widerstand (Spannungsabfall je länger die Leitung ist) verfälscht, wenn keine Kompensation am Messsystem möglich ist. Bei der Kompensation wird der Widerstand der Leitung eingerechnet und das Spannungssignal um diesen Spannungsverlust erhöht.

⇒ **Absolutwertübertragung**

- Übertragung von absoluten Werten: Zählerstände, Leistungen und ggf. Momentverbräuche als Zahl, nicht als umzurechnender Signalwert oder Impulsanzahl
- Stand der Technik ist die Übertragung mittels Protokoll. Ein Protokoll ist eine standardisierte Abfolge von digital übertragenen Informationen.
- Ständige Weiterentwicklungen in unterschiedlichen Branchen führen zu vielen Lösungsansätzen. Diese Vielfalt an Lösungsansätzen ist jedoch nicht zwangsläufig miteinander kompatibel.
- Protokolle sollten nicht gemischt werden, um Schnittstellenprobleme zu vermeiden und stabil laufende Messsysteme zu erhalten, die langfristig betrieben werden können.
- Protokolle und Bussysteme, die im Bereich Energiedatenmanagement eingesetzt werden:
 - M-Bus (direkte Zählereinbindung)
 - HART-Protokoll (direkte Zählereinbindung)
 - TCP/IP (Netzwerkprotokoll)
 - EIB/KNX (direkte Zählereinbindung)
 - Modbus (direkte Zählereinbindung)
- Niemand kann die zukünftige Entwicklung vorhersehen: Jedoch hat TCP/IP bei einer Vernetzung aller Maschinen in einer Textilreinigung („Textilreinigung 4.0“) den Vorteil, dass klassische Netzwerke in manchen Betrieben bereits vorhanden sind und die Kommunikation mit einem PC und der geeigneten Software unkritisch ist. Die Einbindung über WLAN, auch zu mobilen Endgeräten, funktioniert darüber bereits.

⇒ **Hochrechnung von Verbräuchen und Abfrage des Betriebszustands**

- Bei untergeordneten Verbrauchern und bei einer Vielzahl von Messstellen ist es aus wirtschaftlichen Gründen überlegenswert, keine Zähler einzubauen. Vor allem kleinere Maschinen, die weniger als 2 Stunden pro Tag in Betrieb sind, benötigen keine eigene Erfassung mit einem Zähler.
- Damit deren Betriebszeiten aufgezeichnet werden können, wird das Anliegen einer Netzspannung am Verbraucher ermittelt. Dies erfolgt mit einem Koppelrelais. Dieses zieht einen potenzialfreien Kontakt an, wenn Netzspannung anliegt. Der potenzialfreie (oder mit einer Hilfsspannung versorgte) Schalter kann als binärer Eingang von gängigen Messsystemen erfasst werden und bekommt vom Messsystem eine (Zeitzuordnung). So kann später nachvollzogen werden, welcher Verbraucher zu welcher Zeit in Betrieb war und welcher Energieverbrauch ihm zugeordnet werden kann. In **Abbildung 40** ist beispielhaft der Schaltverlauf einer stark taktenden Trinkwasserdruckerhöhungsanlage dargestellt. Erst in der Datenaufbereitung wird aus der Information „AN“ und „AUS“ und der Zeitzuordnung der Energieverbrauch berechnet.

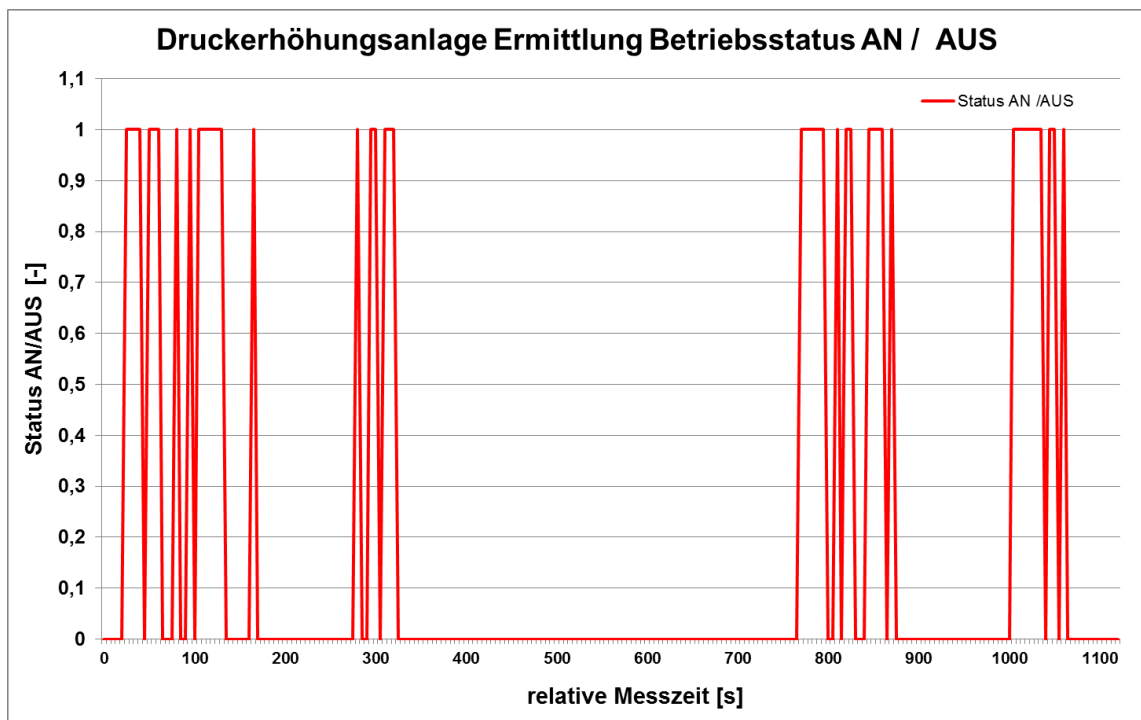


Abbildung 40: Beispiel der Datenauswertung einer Druckerhöhungsanlage, Status AN = 1, AUS = 0

- Voraussetzungen:
 - Die Verbraucher verfügen nur über zwei Betriebszustände:
 - EIN
 - AUS
 - Der Energieverbrauch bei Betrieb ist bekannt oder kann durch einmalige Messung ausreichend genau angegeben werden.
 - Im Betrieb verändern sich die Randbedingungen (Druckverluste, Volumenströme, Temperatur, Dichte etc.) nur unwesentlich.
- Geeignet ist dieses Ermittlungsverfahren für folgende Anlagen und Maschinen:

- Pumpen (für Kühlwasser, Abwasser, Regenwasser)
- Ventilatoren (Bügelischabsaugung, Abluftanlagen, Gebäudebelüftung)
- Einstufige Druckluftkompressoren ohne längeren Leerlaufbetrieb
- Beleuchtung, soweit keine Stufenschaltung, Dimmer etc. verbaut sind
- Ein- und zweistufige Erdgas- und Heizölbrenner (von Trockner, Gebäudeheizung und Dampfkessel) zur Ermittlung der Feuerungsleistung über Schaltvorgänge des Erdgasventils
- Kältemaschinen und Wärmepumpen, nicht modulierend
- Elektrische Heizgeräte (Heizpatronen an Warmwasserspeichern, fest installierte und extern geschaltete Heizlüfter)

8.3 Empfehlung zum stufenweisen Aufbau eines Energiedatenmanagements

Der Zweck eines betrieblichen Energiedatenmanagements bestimmt seinen Umfang. Deshalb sollte vor Einführung eines Energiedatenmanagements seine Aufgabe definiert werden:

- **Prüfung der Energiekosten- und Energiemengenabrechnung**
- **Verlaufsermittlung / Trendbeobachtung** über definierte Zeiträume (Stunden, Tage, Monate, Jahre)
- **Kennwertermittlung**
Berechnung spezifischer Verbrauchswerte, bezogen auf die bearbeitete Waren-/Wäschemenge und/oder Stückzahl
- **Laufende Effizienzüberwachung**
 - Wieviel kWh Nutzenergie (Dampf, Wärme, Druckluft) liefert eine Maschine pro eingesetzte kWh Energie (Erdgas, Heizöl, elektrische Energie)?
 - Wieviel kWh Dampf, Strom, Wasser oder Waschchemikalien benötigt eine Maschine (TRM, WSM, Trockner, Finisher) pro kg Textilien?
- **Laufende Kontrolle der Maschinen auf Leckagen und Defekte**
 - Um wieviel Liter weicht der Verbrauch der Waschschleudermaschine vom Mittelwert ab (siehe **Abbildung 41**: Wasserverbrauch einer WSM mit einem defektem Ablaufventil und nach Reparatur)?

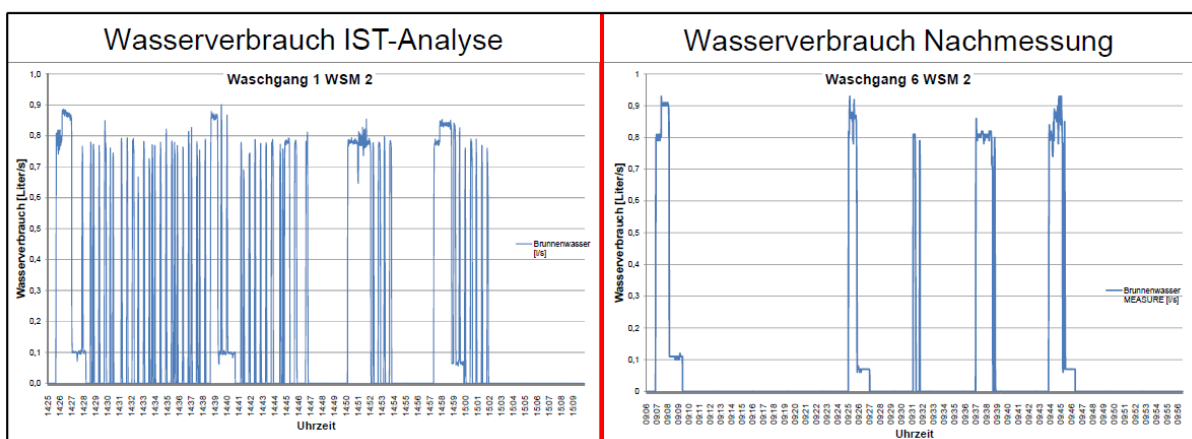


Abbildung 41: Wasserverbrauch einer WSM mit defektem (IST-Analyse) und mit repariertem Ablaufventil

- Wie hoch ist die Leckrate des betrieblichen Druckluftnetzes und welche Kosten entstehen dadurch?

➤ **Optimierter Energieeinkauf durch Profilloptimierung**

○ **Technisches Lastmanagement**

- Lastabwurf: Abschalten nicht benötigter Verbraucher
- Lastverschiebung: Betrieb von Verbraucher zu Niedertarifzeiten bzw. bei günstigen Einkaufsbedingungen
- eigene Speicher (Wärme, Kälte, Strom, Druckluft)
- **Optimierte Eigenstromnutzung**
 - Photovoltaik-Anlagen
 - Blockheizkraftwerk (BHKW)
 - Wasserkraftanlagen
 - Ggf. in Verbindung mit Batteriespeicheranlage

○ **Energiebezug an der Leipziger Strombörse /über Stromhändler**

MERKE: Je umfangreicher die gewünschten Funktionen des Energiemanagements sind, umso detailliertere Daten werden benötigt. Daraus folgt ein größerer Aufwand zur Ermittlung der:

- **Kosten zur Anschaffung der erforderlichen Hard- und Software**
- **Kosten zur Installation und Wartung der Hard- und Software**
- **Kosten zur Auswertung der Messdaten durch das vorhandene Personal**



Sobald im Betrieb die notwendigen Funktionalitäten des Energiemanagements feststehen, kann der Detaillierungsgrad festgelegt werden. Dieser lässt sich für alle Energie- und Medienarten wie folgt unterteilen:

- ⇒ Haupteinspeisung bzw. Gesamtverbrauch
 - ⇒ Unterzähler Verbrauchsgruppe (z.B. alle Textilreinigungsmaschinen, alle Trockner)
 - ⇒ Einzelverbraucher

Es ist nicht zwingend notwendig, für alle Energie- und Stoffströme die gleiche Detaillierung zu wählen.

Bei der Strukturierung des Energiedatenmanagements müssen die richtigen Fragen gestellt werden:

- ⇒ Wo wird der größte Anteil der Energie investiert?
- ⇒ Wo entstehen die größten Energiekosten?
- ⇒ An welcher Stelle weist der Betrieb das größte energetische und finanzielle Einsparpotenzial auf?
- ⇒ Welche sinnvollen Zusatzdaten sparen Personalkosten ein und erhöhen die Betriebssicherheit?

Bei den meisten Betrieben wird die meiste Energie über Erdgas bzw. Heizöl zugeführt und in Dampf umgewandelt. Deshalb sollten die Dampfverbraucher(gruppen) genauer erfasst werden.

MERKE: Jeder Datenmesspunkt kostet Geld. Überlegen Sie genau, welche Daten Sie dauerhaft erfassen wollen. Bei kurzfristig unklaren oder nicht erwarteten Abweichungen von einem erwarteten Verbrauchswert kann ein Messdienstleister oder Fachberater die günstigere Lösung sein.

Auch wenn Wärme bzw. Dampf in der Regel den größten Energieverbrauch in Textilreinigungen darstellt, kann elektrische Energie durch den deutlich höheren



Arbeitspreis (mit EEG-, KWK-Abgabe und Netznutzungsentgelt) die höheren Gesamtkosten verursachen.

Energiemanagement kann nicht von heute auf morgen umgesetzt werden. Neben hohen, oftmals unnötigen Kosten ist es auch nötig, die Mitarbeiter stetig darauf hinzuweisen und im richtigen Umgang zu schulen. Der wirtschaftliche Erfolg für Energiemanagement richtet sich auch danach, wie die richtige Maßnahme zum richtigen Zeitpunkt umgesetzt wird:

- (1) Sofortmaßnahmen (Führen handschriftlicher Listen, Auswertung von vorhandenen Energiedaten, Erfassen der Maschinen- und Anlagenparameter)
- (2) Bestandsaufnahme (Ermittlung vorhandener Zähleinrichtungen, Schnittstellen an Maschinen)
- (3) Planung / Beratung von Maßnahmen (Bedarfsermittlung, Definition der Aufgaben, Zeitplan)
- (4) Umsetzung von Maßnahmen (Vernetzung, Zählereinbau, etc.)
- (5) Prüfung des Erfolgs der Maßnahmen (Welche Daten fehlen oder sind unnötig?)
- (6) Zurück zu (2)

Über alle Maßnahmen sollte gleichzeitig eine Dokumentation angelegt werden.

8.4 Analyse der gewonnenen Daten und Ableitung von Verbesserungen

Die gewonnenen Daten sollten für jede Energieart, für jede Verbrauchergruppe und für jede (relevante) Maschine untersucht werden. Dazu gibt es im Folgenden Hilfestellungen, um die wichtigsten Prüfkennzahlen im Textilreinigungsbetrieb zu überprüfen:

⇒ Erdgas

- Dampfkessel / Schnelldampferzeuger
 - Zielwerte
 - Abgastemperatur unter 120 °C
 - Nutzungsgrad über 90 %
 - Start-/Stopp-Zyklen weniger als 5 Starts pro Tag
 - Abschlämmen/Absalzen nur nach Bedarf
 - Speisewassertemperatur am Eintritt über 130 °C
- Wäschetrockner
 - Zielwerte
 - Kurzfristiges Ziel: nicht mehr als 1,2 kWh pro Liter verdampftes Wasser
 - Mittelfristiges Ziel: weniger als 1 kWh pro Liter verdampftes Wasser
 - Maximale Zulufttemperatur unter 200 °C
 - Ablufttemperatur (im Mittel!) unter 70 °C
 - Mittlere Postengröße größer als 75 % der Nennbeladung
 - Mittlere Trocknungsdauer unter 30 min pro Posten
- Gebäudeheizung
 - Zielwerte
 - Abgastemperatur
 - Brennwertechnik unter 55 °C
 - NT-Technik unter 140 °C

- Start-/Stopp-Zyklen weniger als 10 Starts pro Tag

⇒ Prozesswärme / Dampf (aus Erdgas, Heizöl oder Biomasse)

- Übergeordnete Werte (gilt auch für erdgasbeheizte Dampferzeuger)
 - **Zielwerte**
 - Abgasverluste unter 5 % (Erdgas, Heizöl), unter 10% (Biomasse)
 - Leitungsverluste (erzeugter Dampf am Kessel abzüglich der Summe aller Verbraucher): unter 10 %
 - Kein Dampfverbrauch in abgeschalteten / ungenutzten Maschinen
 - Dampfdruck unter 6 bar (absolut) bzw. 5 bar (relativ, Anzeigewert Manometer)
 - Mittlere Mindestauslastung Dampferzeuger über 55 % (Verhältnis Dampfumsatz zu Brennstoffeinsatz)
- Textilreinigungsmaschine
 - **Zielwerte**
 - Dampfbedarf unter 0,5 kWh-Dampf/kg Textilien
 - Maximale Dampftemperatur unter 150 °C (Lösemittel PER)
- Wäschetrockner
 - **Zielwerte**
 - Spezifischer Energiebedarf unter 1,0 kWh/kg (siehe Erdgas)
 - Ablufttemperatur (im Mittel!) unter 70 °C
 - Mittlere Postengröße größer als 75 % der Nennbeladung
 - Mittlere Trocknungsdauer unter 30 min pro Posten

⇒ Elektrische Energie

- Hauptzähler (übergeordnete Werte)
 - **Zielwerte**
 - ¼-h-Leistungsbezug unterhalb der vertraglichen Grenze
 - Volllaststunden über 750 h (Einschichtbetrieb)
 - Verbrauch Blindstrom unter 10 %, bezogen auf die Wirkenergie (wenn der Blindstrom über 50 %, dann wird Blindstrom von EVU erfasst und entsprechend abgerechnet)
- Druckluftherzeugung
 - **Zielwerte**
 - Anteil am Gesamtstrombedarf unter 10 %
 - Leckrate unter 10 % (Verhältnis Lastlauf/Leerlauf bei ruhendem Betrieb)
 - Start-/Stopp-Zyklen unter 10 pro Tag (ohne Berücksichtigung der Umschaltung zwischen Lastlauf und Leerlauf)
- Textilreinigungsmaschine
 - **Zielwerte**
 - Strombedarf unter 0,15 kWh-Dampf/kg Textilien
 - Maximaler Leistungsbezug bei Maschinen bis 30 kg
 - unter 12 kW bei Dampfheizung

- unter 20 kW bei elektrischer Beheizung
- Wäschetrockner
 - Zielwert(e)
 - Strombedarf unter 0,06 kWh/kg
- **Sonstige Zielwerte**
 - Ventilator Lüftungsanlagen: Betriebsstunden gleich betrieblicher Arbeitszeit

Die angegebenen Zielwerte enthalten keine Verbraucher, die grundsätzlich aus energetischer Sicht vermieden werden sollen, wie Verbraucher des Kühlsystems (Pumpen, Kühlturm etc.). Auf dem Weg zur optimierten Textilreinigung kann trotzdem die Aufnahme dieser Daten sinnvoll sein. Nicht zuletzt wird jeder Anlagenbetreiber erschrecken, wenn jedes Jahr die über einen Kühlturm abgeführte Energie auf einer Energiedatenauswertung erscheint! Dabei ist folgendes zu beachten:

Bei offenen Kühltürmen erfolgt ein Teil der Wärmeabgabe über Verdunstung, die durch einfache Wärmemengenzähler nicht erfassbar ist. Die bessere Alternative ist hier die Messung der in den Textilreinigungsmaschinen an das Kühlwasser abgegebenen Wärme.

Wenn in Ihrem Betrieb die Zielwerte nicht erreicht werden, beginnt die Suche nach den Ursachen. Dabei sollen die Kapitel 2 bis 6 weiterhelfen. Sind Sie allein mit dem Handbuch nicht erfolgreich, empfiehlt sich die Anfrage bei brancheneigenen Fachleuten. Neben den Herstellern der Maschinen, den Lieferanten von Waschchemikalien und Zusätzen rund um die Textilreinigungsmaschinen steht hier vor allem der Deutsche Textilreinigungsverband mit seinen Partnern jedem Betrieb zur Verfügung (siehe auch **Kapitel 8**).

MERKE: **Wenn in Ihrem Betrieb die Zielwerte nicht erreicht werden, beginnt die Suche nach den Ursachen. Dabei sollen Ihnen die Kapitel 2 bis 6 weiterhelfen. Kommen Sie allein mit dem Handbuch nicht zum Erfolg, empfiehlt sich die Anfrage bei brancheneigenen Fachleuten. Neben den Herstellern der Maschinen, den Lieferanten von Waschchemikalien und Zusätzen rund um die Textilreinigungsmaschinen steht hier vor allem der Deutsche Textilreinigungsverband mit seinen Partnern jedem Betrieb zur Verfügung.**



Dieses Handbuch entstand mit freundlicher Unterstützung
der Deutschen Bundesstiftung für Umwelt. (DBU)



Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Textilreinigungsverband e.V., „Übersicht zu Reinigungsverfahren und Lösemitteln in der Textilreinigung,“ DTV, Bonn, 2011.
- [2] L. Hein, „Energieeinsparung von Chemisch-Reinigungsmaschinen unter Beibehaltung der Reinigungswirkung (Bachelorthesis),“ Krefeld, 2016.
- [3] Deutscher Textilreinigungsverband e.V., *Schulungsunterlagen DTV Meisterkurs*, Bonn, 2017.
- [4] A. Rohde Büfa Reinigungssysteme GmbH & Co. KG, „Reinigungsverstärker ist dem Lösemittel angepasst,“ Oldenburg, 2016.
- [5] Seitz GmbH, „Intense. Das alternative Lösemittel mit exzellenten Reinigungskraft!,“ Krefeld, 2014.
- [6] N.N., „[17] Wirtschaftliches Reinigen mit guter ökologischer Bilanz,“ *WRP*, p. Heft 3: 40, 2014.
- [7] N.N., „[21] Wasser und Energie sparen,“ *RW Textilservice*, p. Heft 4: 58, 2014.
- [8] Forschungsinstitut Hohenstein, „KWL - Reinigungsmaschinen - Destillation oder Adsorption: Ergebnisse eines FTR-Forschungsvorhabens,“ *Reiniger und Wäscher*, p. Heft 10: 21, 1997.
- [9] H. Hloch, J. Bohnen - wfk - Cleaning Technology Institute e.V., „Untersuchungen zur Optimierung der Verfahrenstechnik der Chemischreinigung in KWL-Lösemitteln unter besonderer Berücksichtigung der Reinigungsmechanik,“ Krefeld, k.A..
- [10] A. Rohde Büfa Reinigungssysteme GmbH & Co. KG, *Lösemittelübersicht Deutschland und Europa*, Düsseldorf, 2017.
- [11] E. Lasic; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei, Nassreinigung*, Krefeld, 2017.
- [12] P. Terberger; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei, Entwässerung*, Krefeld, 2017.
- [13] M. Tokos; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei, Waschschleudermaschinen*, Krefeld, 2017.
- [14] M. Tokos; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei, Waschtechnik und Programme*, Krefeld, 2017.
- [15] P. Casper; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei Grundlagen und physikalische Chemie des Waschens*, Krefeld, 2017.
- [16] M. Tokos; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei, Dosiertechnik*, Krefeld, 2017.
- [17] Fifl GmbH, „Entwicklung und Optimierung technischer Systeme am Beispiel einer Rotor-Schlauchpumpe,“ 06 12 2017. [Online]. Available: www.fifl.de/projekte/schlauchpumpe.htm.
- [18] Ecolab Deutschland GmbH, N.N., Monheim, 2017.

- [19] P. Terberger; wfk - Cleaning Technology Institute e.V., *Grundkurs Wäscherei, Trocknung*, Krefeld, 2017.
- [20] Institut für Energie und Gebäude der TH Nürnberg, *Improving energy efficiency in laundries*, Düsseldorf, 2017.
- [21] H.-K. Rouette, „Encyclopedia of Textile Finishing,“ Springer-Verlag, Berlin, 2002.
- [22] Verband Textilpflege Schweiz VTS/ASET, Branchenprojekt RessEff "Ressourceneffizienz in Textilreinigungen und Wäschereien", Bern, 2013.
- [23] DTV Deutscher Textilreinigungsverband Bonn e.V., „Abschlußbericht "Ganzheitliche energetische Betrachtung von Wäschereien [... DBU-AZ 28612/2]"“, Bonn, 2015.
- [24] A. Kohl, Jumag Dampferzeuger GmbH, *Energieeffiziente Dampferzeugung in der Textilpflege*, Düsseldorf, 2017.
- [25] V. V. T. Schweiz, *Ressourceneffizienz in Textilreinigungen und Wäschereien*, 2013.
- [26] Siemens AG (Siemens Österreich), „Neue Energieeffizienzklassen auf einen Blick,“ 06 12 2017. [Online]. Available: https://w5.siemens.com/web/at/de/industry/ia_dt/produkte-loesungen/antriebstechnik/ie2-norm/pages/default.aspx.
- [27] N.N, Kaltbügeltische, www.buegeltisch24.de , 12.06.2014.

Anhang 1 Formblatt Nassreinigung

Wäscheart			
Maschinenhersteller / Typ			
Trommelvolumen		l	Beladungsmenge
Füllverhältnis			l/kg
Arbeitsschritt			
Wasserart			
Flottenverhältnis			l/kg
Reversierrhythmus			
g- Faktor			
Flottentemperatur			°C
Dauer			min
Waschmitteldosierung	Produkt A		
	Produkt B		
	Produkt C		
Sonstiges / Besonderheiten			
Arbeitsschritt			
Wasserart			
Flottenverhältnis			l/kg
Reversierrhythmus			
g- Faktor			
Flottentemperatur			°C
Dauer			min
Waschmitteldosierung	Produkt A		
	Produkt B		
	Produkt C		
Sonstiges / Besonderheiten			
Arbeitsschritt			
Wasserart			
Flottenverhältnis			l/kg
Reversierrhythmus			
g- Faktor			
Flottentemperatur			°C
Dauer			min
Waschmitteldosierung	Produkt A		
	Produkt B		
	Produkt C		
Sonstiges / Besonderheiten			

Arbeitsschritt			
Wasserart			
Flottenverhältnis		l/kg	
Reversierrhythmus			
g- Faktor			
Flottentemperatur		°C	
Dauer		min	
Waschmitteldosierung	Produkt A		
	Produkt B		
	Produkt C		
Sonstiges / Besonderheiten			
Arbeitsschritt			
Wasserart			
Flottenverhältnis		l/kg	
Reversierrhythmus			
g- Faktor			
Flottentemperatur		°C	
Dauer		min	
Waschmitteldosierung	Produkt A		
	Produkt B		
	Produkt C		
Sonstiges / Besonderheiten			
Arbeitsschritt			
Wasserart			
Flottenverhältnis		l/kg	
Reversierrhythmus			
g- Faktor			
Flottentemperatur		°C	
Dauer		min	
Waschmitteldosierung	Produkt A		
	Produkt B		
	Produkt C		
Sonstiges / Besonderheiten			

Anhang 2 Wichtige Normen- und Richtlinien

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung Richtlinien DGUV / Arbeitsstättenverordnung, ArbSchG, Gefahrstoffverordnung, Technische Regeln Gefahrstoffe, Bundesimmissionsschutzgesetz

Erstellung der betrieblichen Gefährdungsbeurteilung	§§ 5, 6 ArbSchG, § 3 ArbStättV, §6 GefStoffV
Luftreinhalteung / Lösemittelbelastung am Arbeitsplatz	2. BImSchV, TRGS 900
Belastung durch patogene Keime in Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme	42. BImSchV zu Legionellen in Verdunstungskühlanlagen (Stand 2017)
Betriebspflicht und Regeln zum Betrieb einer Lüftungstechnischen Anlage in Textilreinigungsbetrieben	§3 ArbStättV, DGUV 500 /ehemals BGR 500
Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern	TRGS 507

DIN / EN-Normen

Pflegekennzeichnung	DIN EN ISO 3758:2013-12
Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen	DIN 1988
	DIN EN 806-1 bis -3
Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen	DIN EN 1717
Kennzeichnungsregeln für nichterdverlegte Rohrleitungen	DIN 2403
Wärmeschutz im Hochbau und Energie-Einsparung	DIN 4108

DVGW -Arbeitsblätter

Technische Regeln für Gasinstallationen	G 600
	DVGW – TRGI 86/1996
Installation von gewerblichen Gasverbrauchseinrichtungen	G 631

VDI-Normen

Wasserqualität von Warmwasserheizungen	VDI 2035
Hygiene bei Rückkühlwerken	VDI 2047 Blatt 2
Raumlufttechnik, Raumluftqualität, Betreiberpflichten bei Lüftungstechnik	VDI 6022
Hygiene in Trinkwasser-Installationen	VDI 6023