

Investigating Water Reusability in Cotton Processing Textile Dye-house by Applying Membrane Filtration

Kenan Güney

Abstract

The textile industry consumes large amounts of clean water in various production lines, especially in textile finishing processes in dye-house. Sustainable water management in textile dye-houses is only possible by including water reuse. Enhanced water reuse for a textile dye-house may be achieved by implementing a segregated wastewater treatment and reuse concept with which all wastewater streams with high water reuse potential and high economic feasibility are identified.

This thesis aimed at identifying reusable wastewater streams and investigating their reuse potential in cotton processing textile dye-houses. Thus cooperation with such a dye-house, located in Germany, was established for this thesis. This dye-house uses discontinuous batch operations for bleaching (hydrogen peroxide bleaching), dyeing (mainly reactive dyeing) and corresponding washing/rinsing steps. Accordingly, it produces bleaching wastewater (BW), bleaching washing wastewater (BWW), dyeing wastewater (DW) and dye-wash wastewater (DWW). These wastewater streams were investigated for their reuse potential by applying advanced membrane filtration processes.

The experimental runs presented in this thesis were carried out in three major stages. First two stages were performed in lab-scale while the third stage was performed in pilot scale. All experimental runs were conducted as batch runs.

During the first stage, each wastewater stream of textile dye-house was tested alone and additionally, the mixed stream of the dye-house wastewater (DHW) was looked at. All five streams were treated with various nanofiltration and reverse osmosis membranes in order to:

- assess which wastewater stream could be treated and subsequently reused
- assess which type of membrane processes are best suited for different wastewater streams.

A process combination of ultrafiltration followed by nanofiltration (NF270) was found effective to treat and reuse bleaching washing wastewater. Dye-wash wastewater could successfully be treated by using either nanofiltration (NF270) or reverse osmosis (XLE), depending on the waste water conductivity, for water reuse. No positive results were found for the treatment and reuse of BW, DW and DHW by tested membrane processes.

In the second stage, improvements of the processes selected for treating the BWW and DWW were investigated and evaluated. Effective pretreatment and membrane cleaning methods were investigated. In addition, special importance was put on the formation of biofouling on NF270 nanofiltration membrane used for the treatment of DWW, since no literature was found in this field.

In literature, it is proven that dosing phosphor based antiscalant increases biofouling. Consequently, phosphor free antiscalants are now being produced. This raised the necessity to compare phosphor based and phosphor free antiscalants. Therefore the performance of phosphor based and phosphor free antiscalants was investigated and compared in this thesis.

In the last stage of the thesis, the lab scale results of stage one and stage two could successfully be validated through piloting. The different pilot test durations varied up to three weeks.

The results obtained in this thesis revealed that only BWW and DWW can successfully be treated for reuse. By implementing membrane processes for treatment and reuse of these two wastewater streams, about two third of the wastewater produced in cotton processing textile dye-house can be reused.

Economical assessment of the selected water reuse applications revealed that a cost saving of more than 90% is possible. Besides, a payback period of less than three years is foreseen for implementing selected water reuse technologies in textile dye-houses.

Hopefully the promising technical and financial results obtained in this thesis will encourage textile dye-house owners and operators to establish water reuse processes and thus to increase water sustainability.

Zusammenfassung

In der Textilindustrie werden in verschiedenen Produktionslinien große Mengen an sauberem Wasser verbraucht; insbesondere bei Textilveredlungsprozessen in der Färberei. Ein nachhaltiges Wassermanagement in Färbereien ist nur durch Wasserrecycling zu erreichen, welches durch die Implementierung eines Teilstrombehandlungskonzepts erreicht werden kann, wozu zunächst alle Abwasserströme mit hohem Wiederverwendungspotential und hoher Wirtschaftlichkeit identifiziert werden müssen.

In der vorliegenden Arbeit geht es darum, wiederverwendbare Abwasserströme in der Baumwolltextilfärberei zu ermitteln und deren Wasserrecyclingpotential zu erfassen. Daher wurde mit einer in Deutschland ansässigen Färberei eine Kooperation eingegangen. Diese Färberei verwendet diskontinuierliche Batch-Prozesse für das Bleichen (mit Wasserstoffperoxid), das Färben (hauptsächlich mit Reaktivfarbstoffen) sowie für die entsprechenden Wasch- und Spülschritte. Folglich fallen Bleich-Abwasser (BA), Bleich-Nachwäsche-Abwasser (BNA), Färbe-Abwasser (FA) und Färbe-Nachwäsche-Abwasser (FNA) an. Diese Abwasserströme wurden mittels Anwendung hochentwickelter Membranfiltrationsverfahren auf ihre Eignung zur Wasserwiederverwendung im Textilveredlungsprozess untersucht.

Die in dieser Dissertation präsentierten Experimente wurden in drei Phasen durchgeführt. Die ersten beiden Phasen erfolgten im Labormaßstab und die dritte im Pilotmaßstab. Alle Versuche wurden als Batch-Experimente durchgeführt.

Während der ersten Phase wurde jeder Abwasserstrom der Textilfärberei getrennt getestet; zusätzlich wurde der gemischte Strom des Färbereiabwassers (GFA) untersucht. Alle vier Teilströme und GFA wurden mit verschiedenen Nanofiltrations- und Umkehrosiose-Membranen behandelt, um zu ermitteln

- welcher Abwasserstrom behandelt und anschließend wiederverwendet werden kann,
- welche Arten oder Kombinationen von Membranprozessen am besten für den jeweiligen Abwasserstrom geeignet sind.

Eine Kombination aus Ultrafiltration und anschließender Nanofiltration (NF270) erwies sich als geeignet für die Behandlung und das Recycling von Bleich-Nachwäsche-Abwasser. Das Färbe-Nachwäsche-Abwasser konnte je nach Leitfähigkeit des Abwassers erfolgreich mittels einer Nanofiltration (NF270) oder mittels Umkehrosiose (XLE) zur

Wiederverwendung aufbereitet werden. Keine positiven Ergebnisse ergaben sich hingegen für die Behandlung und das Recycling von BA, FA und GFA mit den getesteten Membranen.

In der zweiten Phase wurden verschiedene Wege zur Verbesserung der Prozesse zur Behandlung der BNA- und FNA-Ströme untersucht und bewertet. Effektive Methoden zur Vorbehandlung und/oder zur Membranreinigung wurden verglichen. Darüber hinaus wurde der Entstehung von Biofouling auf der NF270 Nanofiltrationsmembran bei der Behandlung des FNA-Stroms besondere Beachtung geschenkt, da hierfür keine Literaturangaben gefunden werden konnten.

In der Literatur gilt es als erwiesen, dass die Dosierung von phosphorbasierten Antiscalants das Biofouling erhöht. Folglich werden jetzt phosphorfreie Antiscalants hergestellt. Somit stieg die Notwendigkeit, phosphorbasierte und phosphorfreie Antiscalants miteinander zu vergleichen. Daher wurde die Leistungsfähigkeit von phosphorbasierten und phosphorfreien Antiscalants in dieser Arbeit untersucht und verglichen.

Im Rahmen einer Pilotierung konnten die Ergebnisse der Laborversuche aus den ersten beiden Phasen erfolgreich bestätigt werden. Die Dauer der Pilotierung betrug bis zu drei Wochen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass lediglich die BNA- und FNA-Ströme so aufbereitet werden können, dass sie zum Recycling geeignet sind. Durch die Behandlung dieser beiden Ströme mit Membran-Prozessen, lassen sich ca. zwei Drittel des in der baumwollverarbeitenden Textilfärberei anfallenden Abwassers wiederverwenden.

Wirtschaftliche Betrachtungen der ausgewählten Konzepte haben gezeigt, dass eine Kosteneinsparung von mehr als 90% möglich ist und eine Amortisationszeit von weniger als drei Jahren für die Implementierung ausgewählter Recycling Technologien möglich ist.

Es ist zu hoffen, dass die vielversprechenden technischen und finanziellen Ergebnisse, die im Rahmen dieser Arbeit gewonnen werden konnten, Besitzer und/oder Betreiber von Textilfärbereien ermutigen werden, Verfahren zur Wasserwiederverwendung zu etablieren und so die Nachhaltigkeit hinsichtlich des Wasserverbrauchs in den Betrieben zu verbessern.