

# UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

## **Abschlussbericht**

### **zum Vorhaben:**

„Kompakte und energieeffiziente Flaschenwaschmaschine für  
Bügelverschlussflaschen“

NKa3 - 003350

### **Zuwendungsempfänger/-in:**

Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG

### **Umweltbereich**

(Umweltschutz, Ressourceneffizienz, Energie)

### **Laufzeit des Vorhabens**

13.11.2017 – 31.12.2018

### **Autoren**

Marc Zinkler, Daniela Derißen

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

### **Datum der Erstellung**

18.03.2020

## Berichts-Kennblatt

<b>Aktenzeichen UBA:</b> 003350	<b>Vorhaben-Nr.</b> NKa3 – 003350
<b>Titel des Vorhabens:</b> „Kompakte und energieeffiziente Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen“	
<b>Autoren:</b> Marc Zinkler, Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG Daniela Derißen, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	<b>Vorhabensbeginn:</b> 13.11.2017
	<b>Vorhabenende (Abschlussdatum):</b> 31.12.2018
<b>Zuwendungsempfänger:</b> Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG Moritz-Fiege-Str. 1 44787 Bochum	<b>Veröffentlichungsdatum:</b> 18.03.2020
	<b>Seitenzahl:</b> 46
<b>Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit</b>	
<p>Die Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH &amp; Co. KG setzte erstmalig eine kompakte und energieeffiziente Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen ein.</p> <p>Die Innovation der Anlage besteht insbesondere darin, dass sie speziell für Bügelflaschen konzipiert ist und keine am Markt übliche Modifikation einer Serienmaschine darstellt. Es kommen zwei verstellbare pneumatische Einschubfinger zum Einsatz, die das Verklemmen der Bügelverschlüsse in der Waschkorbzelle in den Umlenkungen verhindern; zudem können die Flaschenformate 0,5 l und 0,33 l gleich gut verarbeitet werden. Durch den Einsatz der Einschubfinger in den Umlenkungen kann die Anlage deutlich kompakter gebaut werden und bietet damit den Platz für diverse Wärmerückgewinnungssysteme, die den Energieverbrauch beim Erwärmen des Wassers sowie beim Ausspülen und Abkühlen der Flasche vermindern.</p> <p>Die Ergebnisse des Vorhabens wurden nach einem Jahr Regelbetrieb über eine zwölfmonatige Erfolgskontrolle ermittelt und zeichnen sich durch die nachfolgenden positiven Effekte bzw. Umweltwirkungen aus (bezogen auf die Füllungen in 2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung des Wasserverbrauch um 460 ml/Flasche 0,5 l.</li> <li>• Reduzierung des Energiebedarf (Strom und Wärme) um 19,14 Wh/Flasche.</li> <li>• Steigerung des Wirkungsgrades der Gesamtanlage um ca. 4 % bei 0,5 l Flaschen und um 12% bei 0,33 l Flaschen.</li> <li>• Reduzierung der aufliegenden Bügel, der anhaftenden Etiketten, des Bruchs um 4,17 %.</li> <li>• Reduzierung Wartungsaufwand um 15.000 € pro Jahr.</li> <li>• Reduzierung von Verbrauchsmaterial (Zellen) um 3.540 Stück pro Jahr.</li> <li>• Reduzierung der Laugenverschleppung und –verbrauch (pro Flasche und insgesamt) um 120 m<sup>3</sup>/a.</li> <li>• Die Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt mit Umsetzung der Investition insgesamt ca. 169,9 t CO<sub>2</sub>/a.</li> </ul>	

Die kompakte und energieeffiziente Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen hat Modellcharakter für die Branche.

**Schlagwörter:** Flaschenwaschmaschine, Bügelverschlussflaschen

**Anzahl der gelieferten Berichte**

**Papierform: 6**

**Elektronischer Datenträger: 1**

**Sonstige Medien**

EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: <https://www.moritzfiege.de>

## Report-Coversheet

<b>Reference-No. Federal Environment Agency:</b> : 003350	<b>Project-No.:</b> NKa3 – : 003350
<b>Report Title: “Compact and energy-efficient bottle washing machine for swing top bottles”</b>	
<b>Authors:</b> Marc Zinkler, Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG Daniela Derißen, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	<b>Start of project:</b> 13.11.2017
	<b>End of project:</b> 31.12.2018
Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG Moritz-Fiege-Str. 1 44787 Bochum	<b>Publication Date:</b> 18.03.2020
	<b>No. of Pages:</b> 46
<b>Funded by the BMU Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.</b>	
<p><b>Summary:</b></p> <p>The private brewery Moritz Fiege GmbH &amp; Co. KG used a compact and energy-efficient bottle washing machine for swing top bottles for the first time.</p> <p>The innovation of the machine is particularly the fact that it is specifically designed for swing top bottles and does not just represent a modification of a common series machine for crown cork bottles. Two adjustable pneumatic insertion fingers are used to prevent the swing stoppers in the washing basket cell from jamming in the deflectors; in addition, the 0.5 l and 0.33 l bottle formats can be processed equally well. By using the insertion fingers in the deflectors, the plant can be built much more compactly and thus offers space for various heat recovery systems that reduce energy consumption when heating the water and while rinsing and cooling the bottles.</p> <p>The results of the project were determined after one year of regular operation over a twelve-month performance review and are characterised by the following positive environmental effects (in relation to total fillings in 2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of water consumption by 460 ml per 0.5 l bottle.</li> <li>• Reduction of the energy demand (electricity and heat) by 19.14 watt-hours per bottle.</li> <li>• Increased efficiency of the entire production line by approx. +4 % for 0.5 l bottles and +12 % for 0.33 l bottles.</li> <li>• Reduction of glass breakage during washing process by 4.17 % as well as a reduction in the number of bottles that have to be rinsed a second time due to adhesive label residue or closed swing tops.</li> <li>• Reduction of maintenance costs by 15.000 € per year.</li> <li>• Reduction of consumables (cells) by 3,540 units per year.</li> <li>• Reduction of lye consumption (per bottle and overall) by 120 cbm per year.</li> <li>• The investment will result in annual savings of CO<sub>2</sub> emissions totalling 169.9 tons per year.</li> </ul> <p>The compact and energy-efficient bottle washing machine for swing top bottles has model character for the brewing industry.</p>	

**Keywords:** bottle washing machine, swing top bottles

**No. of reports delivered:**

- Paper form: 6
- Electronic data carrier: 1

**Other media:**

- “EFA-Loseblattsammlung”
- Planned publication on company homepage: [www.moritzfiege.de](http://www.moritzfiege.de)

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
Abbildungsverzeichnis .....	8
Tabellenverzeichnis .....	9
1. Einleitung .....	10
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	10
1.2 Ausgangssituation .....	10
2. Vorhabensumsetzung .....	15
2.1 Ziel des Vorhabens.....	15
2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) .....	17
2.3 Umsetzung des Vorhabens .....	20
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) .....	25
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....	25
2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle .....	26
2.7 Externe Abnahme .....	26
2.8 Interne Abnahme .....	26
2.9 Versuchsdurchführung (Abnahmetermine 23. + 24.5.2019 und 27.11.2019) .....	27
2.10 Ergebnisse und deren Bewertung.....	27
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung .....	37
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung .....	37
3.2 Stoff- und Energiebilanz .....	37
3.3 Umweltbilanz .....	38
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	39
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren .....	41
4. Übertragbarkeit .....	41
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	41
4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit.....	42
5. Zusammenfassung/Summary .....	43

5.1	Zusammenfassung .....	43
5.2	Summary .....	45

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Foto des Produktionsstandortes (Moritz-Fiege-Str. 1, 44787 Bochum) .....	10
Abbildung 2: Bügelverschlussflaschenformat 0,5 l .....	12
Abbildung 3: Bügelverschlussflaschenformat 0,33 l .....	12
Abbildung 4: Darstellung der „alten“ Flaschenwaschmaschine nach Stand der Technik.....	13
Abbildung 5: Demontage Flaschenwaschmaschine .....	21
Abbildung 6: Ausbringung Altmaschine .....	22
Abbildung 7: Ausbringung Altmaschine mit zwei Autokränen .....	22
Abbildung 8: Einbringung Kastenwascher .....	23
Abbildung 9: Flaschenwaschmaschine auf Schwertransporter.....	23
Abbildung 10: Flaschenwaschmaschine am Haken von zwei Autokränen .....	24
Abbildung 11: Flaschenwaschmaschine wird in das Gebäude gezogen .....	24
Abbildung 12: Projektteam (von links: L. Töpferwein, J. Birschmann, D. Eichfeld, M. Zinkler) .....	25

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Füllungen in 2015 .....	13
Tabelle 2: Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen 2015 .....	14
Tabelle 3: Ist-Verbräuche in 2015 (Energie und Medien) .....	15
Tabelle 4: Umwelteffekte .....	17
Tabelle 5: Projektplan .....	20
Tabelle 6: Laugeverlust am Etikettenaustrag.....	28
Tabelle 7: Aufliegende Bügel.....	29
Tabelle 8: Temperaturen in den Behandlungszonen .....	30
Tabelle 9: Frischwasserverbrauch Flaschenformat .....	31
Tabelle 10: Heißwasserverbrauch 2015 aus dem Energiebericht .....	32
Tabelle 11: Heißwasserverbrauch 2019 aus dem Energiebericht .....	32
Tabelle 12: Prozessenergiebedarf .....	33
Tabelle 13: Auswertung Dampfverbrauch .....	34
Tabelle 14: Verbrauch elektrische Energie .....	34
Tabelle 15: Gebinde während der Erfolgskontrolle .....	37
Tabelle 16: Umwelteffekte und die daraus resultierende CO <sub>2</sub> -Einsparung des Vorhabens.....	38
Tabelle 17: Umwelteffekte in € .....	40
Tabelle 18: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts (mit rechnerischer Mitarbeitereinsparung).....	40
Tabelle 19: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts (ohne rechnerischer Mitarbeitereinsparung).....	40
Tabelle 20: Umwelteffekte nach Umsetzung des innovativen Verfahrens .....	44
Table 21: Environmental effects after implementation of the innovation.....	46

## 1. Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG ist eine mitteständische Brauerei (Bier- und Biermischgetränke) mit Sitz in Bochum und beschäftigt 59 Mitarbeiter, davon 7 Auszubildende.

Beliefert werden Einzelhandel und Gastronomie über den Getränkefachgroßhändler. Das Vertriebsgebiet ist regional und umfasst das mittlere Ruhrgebiet. Im Jahre 2015 hat die Privatbrauerei Moritz Fiege 129.504,61 hl in den Verkehr gebracht. Moritz Fiege grenzt sich als Familienbrauerei von den großen Anbietern über den Einsatz von Bügelverschlussflaschen (0,33 l und 0,5 l Gebinde) ab.

Die Flaschenabfüllung der Brauerei wurde 2015 an 267 Tagen betrieben, davon 198 Tage mit 0,5 l Bügel, 46 Tage mit 0,33 l Bügel und 9 Tage mit 0,33 l Kronenkorken. Aufgrund von Nachfragespitzen und jahreszeitlichen Schwankungen kommt man auf eine ungefähre Betriebslaufzeit von ca. 2.300 h in einem 1-1,5 schichtigen Betrieb.



Abbildung 1: Foto des Produktionsstandortes (Moritz-Fiege-Str. 1, 44787 Bochum)

### 1.2 Ausgangssituation

Nachfolgend wird der Stand der Technik zur Flaschenreinigung allgemein und der Bügelverschlussflaschen skizziert:

#### Stand der Technik Flaschenreinigung:

Die grundsätzlichen Prozessschritte im Reinigungsprozess sind, ob Kronenkorken- oder Bügelverschlussflasche, ähnlich und werden von Hersteller zu Hersteller nur modifiziert. Auf Basis des „Sinnerschen Reinigungskreises“ wirken auf unterschiedliche Weise die Faktoren Temperatur, Zeit, Mechanik und chemische Konzentration auf den Reinigungsprozess ein. Grundsätzlich bedarf es einer Restentleerung der Flaschen und einer Vorreinigung. Diese kann je nach Hersteller unterschiedlich ausfallen (mit/ohne Lauge). Die eigentliche Hauptreinigung passiert einheitlich in der Hauptlauge. Wichtig ist dabei ein schnellstmöglicher Austrag aller den Reinigungsprozess störender Bestandteile (Restflüssigkeit, Etiketten, Scherben, Schmutz).

In diesen Schritten erfolgt parallel zur Reinigung eine langsame Erwärmung der Flasche. Nach der Hauptlauge wird die Flasche noch einmal von außen mit Lauge überschwallt und dann langsam in einer Vielzahl von Spülschritten von dem Reinigungsmittel Lauge freigespült. Die Anzahl und Anordnung der Spülschritte (Warm-, Kalt- und Frischwasser) sind wiederum herstellerspezifisch. Der letzte Spülschritt muss immer mit Trinkwasser erfolgen. In diesen Schritten erfolgt gleichzeitig zur Ausspülung eine langsame Abkühlung der Flasche.

Grundsätzlich haben heutzutage alle Brauereien mehrere Flaschenformate im Einsatz. Die größten nationalen Brauereien (> 1.000.000 hl) haben daher i.d.R. pro Flaschenformat eine eigene Abfülllinie, die speziell auf diese optimiert ist. Große Brauereien (> 500.000 hl) haben meistens eine speziell auf ihre Hauptgebinde ausgelegte Linie und eine Linie, die auf die Nebengebinde umgebaut werden kann. Mittelständische Brauereien (> 60.000 hl) haben meist nur eine Linie, auf der alle Formate abgefüllt werden und die daher nur bedingt jedes Gebinde optimiert abfüllen kann. Die spezifischen Verbräuche von Wasser und Dampf sind bei größeren Leistungsbereichen (> 40.000 Flaschen pro Stunde/große Brauereien) dementsprechend niedriger als bei kleineren Maschinen. Dieses hängt insbesondere mit der Abstrahlung der Maschine zusammen.

#### Stand der Technik Flaschenreinigung für Bügelverschlussflaschen:

Bei der Bügelverschlussflasche muss nicht nur die Flasche, sondern auch der Bügelverschluss gereinigt werden. Die Mehrweg-Bügelverschlussflasche hat ein deutlich dickeres Glas als eine Mehrweg-Kronenkorkenflasche. Daher sind Mehrweg-Bügelverschlussflaschen haltbarer und länger nutzbar (Anzahl der Umläufe).

Die zusätzliche Masse muss aber immer auch mehr erwärmt bzw. mehr rückgekühlt werden. Der Wasser- und Energieverbrauch ist deshalb höher als bei Maschinen für Kronenkorken-Flaschen. Der Ressourcen-Verbrauch kann verbessert werden, wenn mehrere aufeinander abgestimmte Maßnahmen zur Energierückgewinnung eingesetzt werden, wie z.B. Wärmetauscher zwischen der Warmwasserzone und der Vorlauge, die Nutzung des Abwassers zur Reinigung von Flaschenkästen oder die Vorwärmung von Bier, wenn es zu kalt aus dem Lagerkeller kommt.

Weitere Möglichkeiten sind die Verringerung der Masse und die Werkstoffauswahl bei der vorgelagerten Prozesskette der Hersteller, weil diese in den verschiedenen Prozessschritten jeweils mit erwärmt und bzw. rückgekühlt werden müssen. Auch spezielle Pausenregelungen bei einem Maschinenstillstand werden von allen Herstellern angeboten. Diese sind die Kreislauffahrt und die Pausendruckabsenkung. Eine wesentliche Bedeutung kommt jedoch den Aspekten des „aufliegenden Bügels“, des „anhaftenden Etikettes“, die „umfallende Flasche bei der Abgabe“ und die „verklebte Flasche im Einschub“ zu. Die drei Ersteren vermindern die effektive Gutleistung der Maschine einmalig, der Letztere schädigt die Maschine dauerhaft, weil die Zelle zur Aufnahme der Flasche dauerhaft beschädigt wird.

Nachfolgende Abbildung 2 visualisiert die Abmaße des Flaschenformates 0,5 l, Abbildung 3 die Abmaße des Formates 0,33 l.

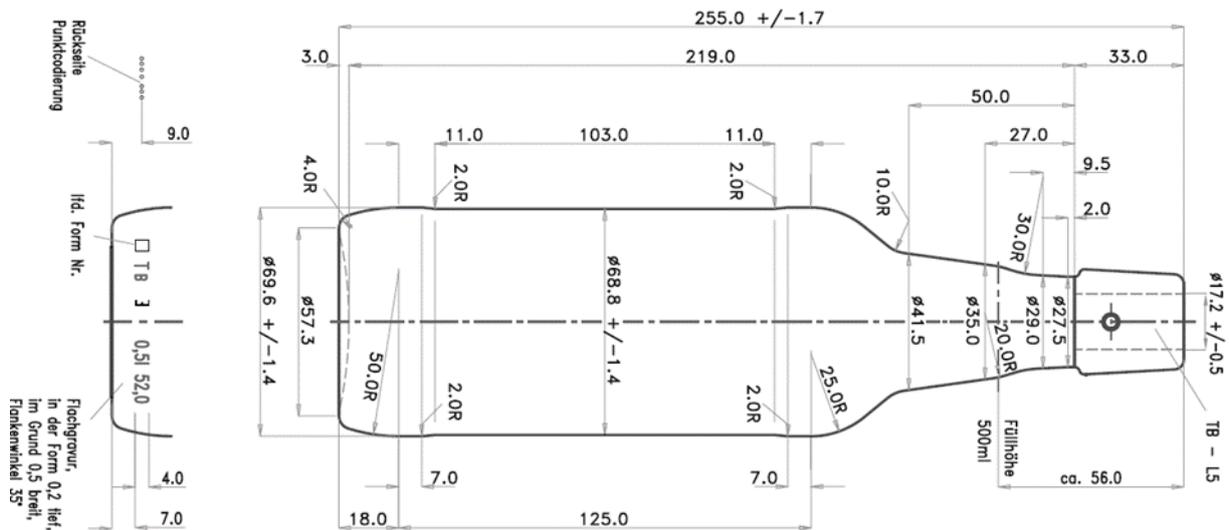


Abbildung 2: Bügelverschlussflaschenformat 0,5 l

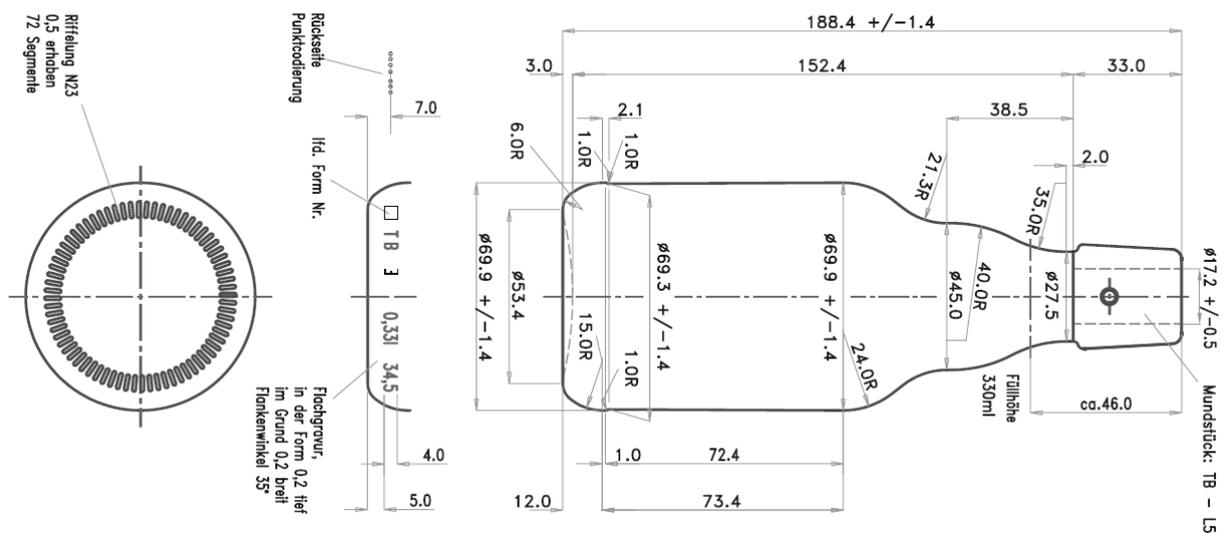


Abbildung 3: Bügelverschlussflaschenformat 0,33 l

### Ausgangslage bei Moritz Fiege

Der Produktionsprozess besteht aus einer Abfülllinie, welche sich aus einer Vielzahl mit einander in Linie verbundenen Maschinen, zusammensetzt. Die verschiedenen Maschinen sind durch Transportbänder verbunden. Zunächst wird das auf Paletten (40 Kästen pro Palette) Leergut entpalettiert. Danach werden die Flaschen ausgepackt (Auspacker), gewaschen (Flaschenwaschmaschine), kontrolliert (Inspektor), befüllt (Füller), verschlossen (Bügelverschluss), auf Dichtigkeit geprüft (Ultraschallbecken), etikettiert (Etikettierer) und in Kästen wieder eingepackt (Einpacker). Anschließend werden die Kästen wieder palettiert. Parallel dazu werden die leeren Kästen noch gewaschen (Kastenwascher) und verschlossene Flaschen geöffnet (Bügelöffner).

Die nachfolgende Tabelle 1 stellt die Anzahl der Füllungen (Angabe ohne Fassbier) im Jahre 2015 dar.

Gebinde	Stück
0,5 l Bügel	19.159.560
0,33 l Bügel	3.345.200
0,33 l Kronenkorken	692.928
Gesamt	23.197.688

Tabelle 1: Füllungen in 2015

Die vorhandene Flaschenwaschmaschine war eine Maschine des Typs ILOMA SE-WL-4B 30/95-150 vom slowenischen Hersteller Radenska & Steinle. Sie hat eine Nennleistung von 30.000 Flaschen pro Stunde. Die Maschine ist 2001-2002 durch die Privatbrauerei Moritz Fiege auf Bügelbetrieb umgerüstet worden. Dies geschah durch den Einbau größerer Korbzellen, Austausch von Pumpen, Einbau zusätzlicher Leitbleche in der Hauptlauge und einer auf Volumenstrom optimierten Laugeschwallerung (Ringdüsen), die durch eine wesentlich größere zusätzliche externe Umwälzpumpe betrieben wurde.

Die wesentlichen Betriebsparameter sind 80°C Laugetemperatur bei einer 2% Einsatzkonzentration, welche per Leitwert überwacht wird. Die bisherige Kontaktzeit im Hauptlaugebecken beträgt 9,36 Minuten. Die Maschine wird mit Bochumer Stadtwasser 13 °dH betrieben. Dem Wasser wird in der Kaltwasserzone-1 ClO<sub>2</sub> zugegeben, in Kaltwasserzone-2 Entsteiner sowie in der Heißlauge Entschäumer und Additiv.

Das Ablaufschema der früher eingesetzten Flaschenwaschmaschine wird nachfolgend in Abbildung 4 dargestellt.

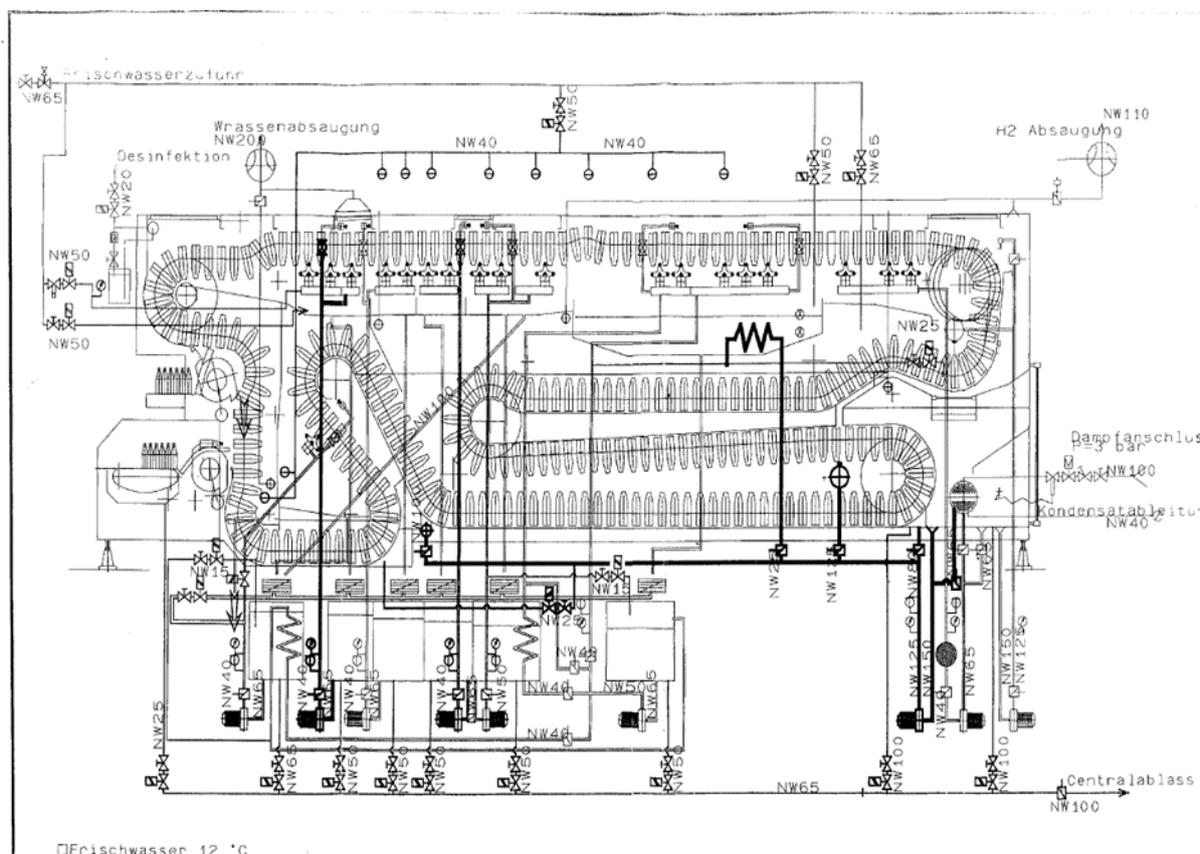


Abbildung 4: Darstellung der „alten“ Flaschenwaschmaschine nach Stand der Technik

Nachfolgende Tabelle 2 visualisiert den Einsatz an erforderlichen Hilfs- und Betriebsstoffen bezogen auf die Jahresproduktion 2015 von 129.504,61 hl (Abfüllung der Gebindegrößen siehe Tabelle 1, Angabe inklusive der Jahresproduktion von 20.381 hl Fassbier).

Produkt	Menge
Natronlauge 45%	42.320 kg
FT 230 Aditiv	2.100 kg
FT 23 FRG Entsteiner	680 kg
FT 22 FRG Entschäumer	740 kg
FT 131 Salzsäure	710 kg
FT 132 Natriumchlorid	730 kg
Fink Zitronesäuregranulat	1.375 kg

Tabelle 2: Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen 2015

Über den durch die Brauerei selbst erstellten monatlichen Energiebericht können die Energie- und Medienverbräuche ermittelt werden. Dabei handelt es sich jedoch um absolute Verbrauchswerte für Wasser und Strom inkl. aller Störungen und können nicht ohne weiteres mit den Verbrauchswerten im Normalbetrieb verglichen werden. Eine Dampfmengenmessung zum Energieverbrauch war zum Zeitpunkt der Antragstellung noch nicht vorhanden.

Nachfolgende Tabelle 3 zeigt die Energie- und Medienverbräuche an.

	Verbrauch	Gesamt	Flasche	Anmerkungen
1	Wasser	ca. 14772 m <sup>3</sup>	636 ml/ Flasche	Berechnung <sup>1</sup> / Daten gemäß Antragstellung
2	Dampf	ca. 532.600 kWh	22,96 Wh/Flasche	Berechnung <sup>2</sup> / Daten gemäß Antragstellung
3	Strom	ca. 147.805 kWh	6,37 Wh/Flasche	Berechnung <sup>3</sup> / Daten gemäß Antragstellung
4	Anhaftende Etiketten	1,5 %		Wert Flascheninspektor
5	Aufliegender Bügel	0,8 % 0,5l Bügel		Wert Puscher vor Flascheninspektor

<sup>1</sup> Für unsere weiteren Berechnungen haben wir einen konservativen Wert von 480 ml/Flasche als Normalwert angesetzt.

<sup>2</sup> Dieser Wert erscheint hoch, ist aber durch die zusätzlich installierte Pumpenleistung realistisch.

<sup>3</sup> Ein konservativer Wert von 22,96 Wh/Flasche wird als Normalwert für weitere Berechnungen angenommen. Der berechnete Wert basiert auf dem Auslegungswert gemäß der technischen Spezifikation der ursprünglich nicht für Bügel ausgelegten Maschine.

		10% 0,33l Bügel		
	Flaschenbruch	ca. 0,04 %		Schätzung
	Flaschenzellenverbrauch	3.600 Stk/a	---	Zählung
	Personal im Normalbetrieb	1 MA	--	
	Laugeverschleppung	k.A		
	Instandhaltung	ca. 25.000 €		Durchschnittswert

Tabelle 3: Ist-Verbräuche in 2015 (Energie und Medien)

## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Moritz Fiege will das bisherige Flaschenreinigungsverfahren für Bügelverschlussflaschen durch eine innovative Anlage ersetzen, die eigens für Bügelflaschen gebaut ist und nicht eine auf Bügel-modifizierte Kronenkorkenflaschen-Maschine aufsetzt.

Innovativ ist der Einsatz von zwei verstellbaren pneumatischen Einschubfingern, die das Verkleben des Bügelverschlusses an den neuralgischen Punkten verhindern. Weitere innovative Merkmale der Anlage sind die neu konstruierte kompakte Bauweise (damit unterscheidet sich die Anlage wesentlich von vorhandenen Anlagen) und der Einbau von diversen Wärmerückgewinnungssystemen.

Die Umweltschutzwirkung der Maschine wird somit durch eine Vielzahl von sinnvoll aufeinander abgestimmten Besonderheiten erreicht:

1. Flaschenaufgabe mit mechanisch drucküberwachten Aufgabefingern. Diese verhindern ein Verkleben des Bügels beim Einschub der Flasche und reduzieren die dadurch verursachte Minderleistung.
2. Wärmerückgewinnung der Vorreinigung aus Warmwasserzone-1 und Kaltwasserzone-2. Dies vermindert den Energie- und Wasserverbrauch der Maschine.
3. Nach der Vorreinigung erfolgt eine zusätzliche Vorlaugeüberrieselung. Dies erhöht die Kontaktzeit der Lauge am Etikett und sorgt für eine schnellere Trennung von der Flasche.
4. Die trotzdem erfolgende Beibehaltung eines bewährten Maschinenaufbaus (mit Vorlauge) sorgt für biologische Stabilität.
5. Vorlauge wird durch Wärmetauscher (Lauge 2 / Vorlauge) beheizt. Dies vermindert den Energie- und Wasserverbrauch der Maschine.
6. Vorlaugebecken hat eigenen Scherben- und Etikettenustrag - Schutz der Lauge als Reinigungsmedium.
7. Großes Hauptlaugebecken mit Scherben- und Etikettenustrag - Schutz der Lauge als Reinigungsmedium.
8. Am wichtigsten Kippunkt in der Flaschenführung der Hauptlauge ist ein pneumatischer Finger eingebaut der die Flasche in die Spitze der Zelle bewegt, so dass sich der Bügel nicht verklebt oder aufliegt. Verstärkt wird der Effekt durch eine kürzere Zelle.

9. Rüttel-Vorlaufwalze nach dem Laugebad, um Flasche aus der Zelle zu lösen. Dadurch weniger verklemmte Bügel.
10. Einstellbare effiziente Laugespritzung<sup>1</sup> (Stellung und Lage).
11. Druck und Volumenstrom sind durch frequenzgesteuerte Pumpen für jedes Flaschenformat individuell einstellbar.
12. Am wichtigsten Kippunkt in der Flaschenführung der Laugespritzung ist ein pneumatischer Finger eingebaut der die Flasche in die Spitze der Zelle fixiert, so dass sich der Bügel nicht verklemmt oder aufliegt. Verstärkt wird der Effekt durch eine kürzere Zelle.
13. Effiziente Laugespritzung 2 mit Kippschwelle, die für einen guten Ablauf der Lauge und eine geringe Verschleppung sorgt. Dadurch wird auch Frischwasser eingespart.
14. 5-stufige Wärmerückgewinnung in den Spritzzonen + Frischwasserspritzung. Je mehr Zonen, desto geringer ist der Wasserverbrauch und umso besser ist die Ausspülung.
15. Mikrobiologische Sicherheit durch getrennte Wrasenabzüge (Restentleerung, Knallgas, Kopfraum, Wrasen), kein Querzug möglich.
16. Keine Fallhöhe bei der Flaschenabgabe; Flaschen können bei der Abgabe nicht mehr umfallen.
17. Defekte Flaschenkörbe müssen nicht in der Reparaturposition gewechselt werden. Sie können im Bereich der Aufgabe mit Spezialwerkzeug sicher getauscht werden, da die Körbe über einen Bajonettverschluss verfügen.
18. Teilautomatische Kopfteilreinigung, die gut zugänglich ist.
19. Zusätzlich werden zukünftig die Etiketten gepresst und nicht mehr pneumatisch abgefördert.
20. Zusätzlich wird die überschüssige Lauge 2 als warmes Reinigungsmedium zum Reinigen der Flaschenkästen verwendet.
21. Anpassung und Zusammenlegung der Arbeitsbühnen von Flaschenwaschmaschine und Kastenwascher auf die räumlichen Gegebenheiten, um eine optimale Erreichbarkeit bei Entsorgungs-, Reinigungs-, Reparaturarbeiten zu erreichen.
22. Durch eine vorgeschaltete Enthärtung des Stadtwassers kann die an der Zelle anhaftende Kalkschicht vermieden werden. Durch die geringere Rauigkeit der Zellenwand kann so ein „Verklemmen“ des Bügels an der Seitenwand besser vermieden werden. Zusätzlich sind Zellen mit einer glatteren Oberfläche weniger anfällig gegen Biofilme und folglich biologisch als sicherer zu betrachten. Ferner wird dadurch die Einsatzkonzentration der Additive und Enthärter gesenkt.<sup>4</sup>
23. Bei Produktionsunterbrechung werden die frequenzgesteuerten Pumpen im Druck und im Volumenstrom gesenkt und sparen somit Wasser und Strom ein.

---

<sup>4</sup> Anmerkung: Eine Analyse im Vorfeld zur Vorenthärtung wurde nicht durchgeführt. Im Zuge der Erfolgskontrolle wurde der Verbrauch an Entsteinungsmittel FT 23 für die ersten 5 Monate mit dem Soll verglichen. Bezogen auf die kumulierte Menge von 266 kg (Durchschnitt 53,2 kg/Monat) wurden bezogen auf die vorherige Jahresgesamtmenge von 769 kg (Durchschnitt 64 kg/Monat) 16,88 % Einsparung erzielt. Da das Produkt jedoch nur 1,46 €/kg kostet, ist die Einsparung von 50,48 € nicht groß und wurde in der Erfolgskontrolle und in der Amortisationsrechnung nicht aufgenommen. Der wesentliche Effekt ist jedoch, dass die monatliche Kleinentsteinung mit Zitronensäure wegfällt bzw. die große jährliche Entsteinung mit Salzsäure. Die Maschine läuft immer mit glatten Körben, dadurch wird die Gefahr aufliegender Bügel wesentlich verringert. Ferner wird Zeit und Material geschont, weil die Entsteinung nicht durch Mitarbeiter am Wochenende vorgenommen werden muss. Die anderen Produkte FT 230 Aditiv und FT 22 Entschäumer haben keinen wesentlichen Mehr- oder Minderverbrauch in der Umsetzung nach sich gezogen.

Tabelle 4 visualisiert die durch diese innovative Anlage erwarteten Umwelteffekte:

		Altanlage Stand d. Technik	Zielwert Innovation
1	Wasser in ml/Flasche	636	170
2	Wasser <sup>5</sup> in m <sup>3</sup> /a	14.772	3.525
3	Abwasser in m <sup>3</sup> /a	14.772	3.525
4	Dampf in Wh/Flasche	22,96	11
5	Dampf in kWh/a	628.625	235.000
6	Strom in Wh/Flasche	6,37	1,8
7	Strom in kWh/a	147.805	42.300
8	Anhaftende Etiketten in %	1,5	0,5
9	Aufliegender Bügel in %	0,8-10%=3,1%	0,5
10	Fehlflaschen in Stück		115.500
11	Flaschenbruch in %	0,04	0,02
12	Flaschenzellverbrauch in Stück	3.600	100
13	Personal im Normalbetrieb	1	0,33
14	Laugeverschleppung in ml/Flasche	20	15
15	Laugeverschleppung in m <sup>3</sup> /a	470	352,5

Tabelle 4: Umwelteffekte

Zur Berechnung der Einspareffekte an CO<sub>2</sub>-Emissionen beziehen wir uns nur auf den Haupteffekt der erwarteten Dampfeinsparung in Höhe von 393.625 kWh/a. Bei einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 242 g/kWh<sup>6</sup> für Erdgas beträgt das Einsparpotenzial damit alleine 95,27 t/a. Die Werte sind angegeben ohne die Einbeziehung des Wirkungsgrades der Kesselanlage. Diese beträgt aufgrund von vielen Teillasten ungefähr 87,5 %. Folglich würde die Einsparung noch größer werden, wenn man den Wirkungsgrad der Kesselanlage mit einbeziehen würde.

## 2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Nachfolgende Abbildung 5 zeigt eine grobe schematische Darstellung der innovativen Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen.

<sup>5</sup> Das eingesetzte Wasser wird im Produktionsprozess „verschmutzt“ wird und daher als Abwasser abgeführt (vergl. Position 4).

<sup>6</sup> CO<sub>2</sub> - Äquivalent Faktor 2015 wurde bei der Antragstellung angesetzt.

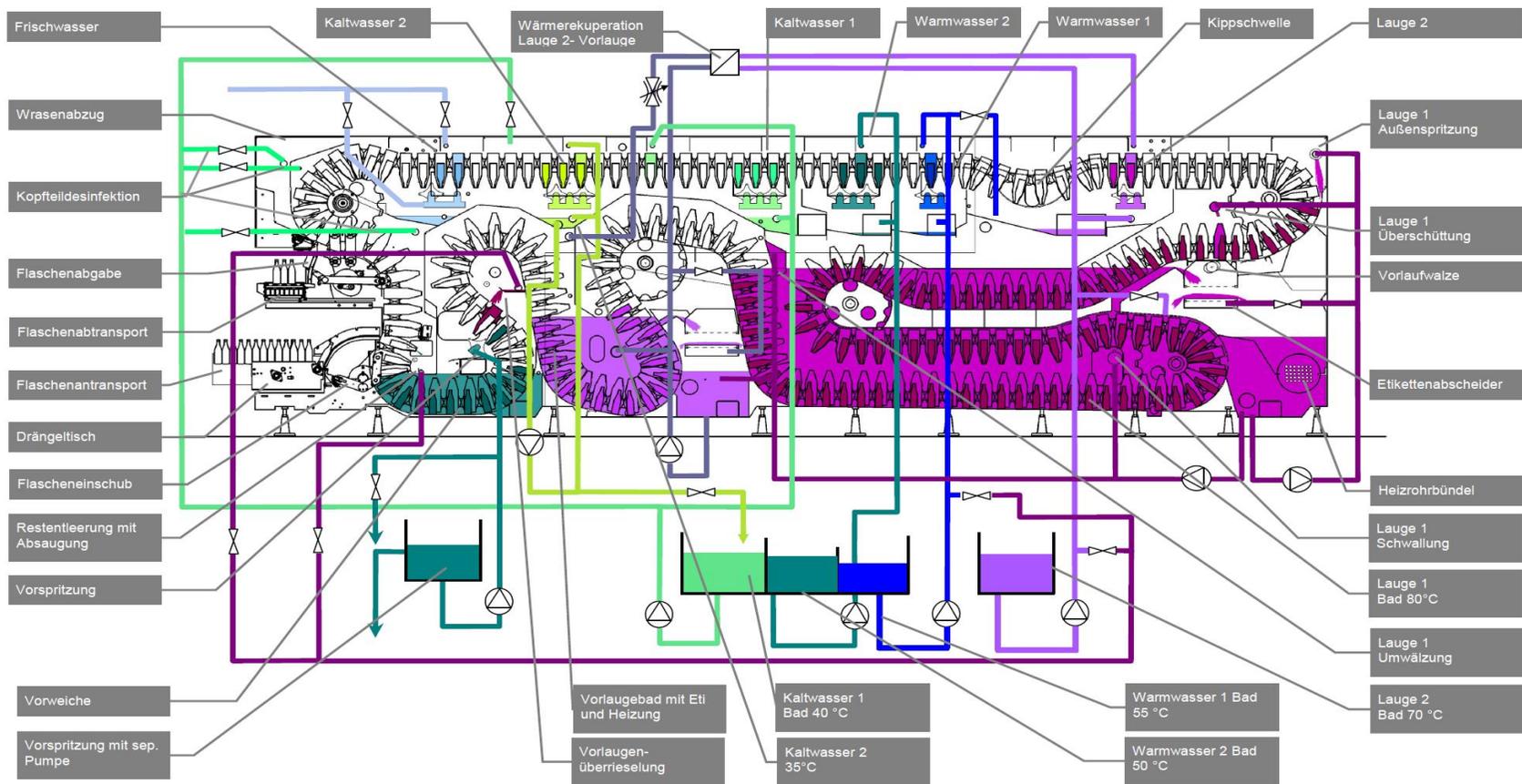


Abbildung 5: Schematische Darstellung der innovativen Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen

Im direkten Vergleich unterscheidet sich die innovative Anlage von der bisher eingesetzten Maschine wie folgt:

1. Flaschenaufgabe:  
Ist-Einschub der Flaschen erfolgt über flexible Nierenscheiben (Kunststoff) auf einer Welle => Bei Überlast können sich die Scheiben dauerhaft wegbiegen und werden ungenau.  
Soll-Einschub der Flaschen erfolgt über mechanisch gefederte Finger die bei Überlast den Einschubvorgang unterbrechen.
2. Zellengröße  
Ist: 95 mm pro Zelle im Durchmesser  
Soll: 110 mm pro Zelle im Durchmesser
3. Restentleerung  
Ist-Entleerung / Soll-Entleerung erfolgt direkt nach dem Einschub
4. Vorweiche  
Ist-Vorweiche: Vorwärmung der Flaschen durch Wasser aus den Zonen Warmwasserzone 1+2 und Scherbenaustrag.  
Soll-Vorweiche: Vorwärmung der Flaschen durch Wasser aus den Zonen Warmwasserzone 1+2, Kaltwasserzone 1+2. Zusätzliche Berieselung der Flaschen mit Vorlauge
5. Vorlauge  
Ist-Vorlauge ist nicht vorhanden  
Soll-Vorlauge beheizt durch Wärmetauscher (Lauge 2 / Vorlauge), zusätzlicher Scherben- und Etikettenustrag sowie eine zusätzliche Vorwärmung der Flaschen.
6. Hauptlauge: Keine Änderungen
7. Lauge 1+2  
Ist-Lauge 1+2: Mechanische „Holperstrecke“ zum Lösen der Flasche aus der Zelle, überdimensionierte großvolumige Lauge 1 Außenspritzung mit externer Pumpe und anschließender Lauge 2 Innenspritzung.  
Soll-Lauge 1+2: Mechanische Exenterstrecke zum Lösen der Flasche aus der Zelle, unterstützt durch eine Lauge Überschüttung, Fixierung der Flasche mit pneumatischen Finger im Kippunkt, effiziente großvolumige Lauge1- Außenspritzung und anschließende Lauge 2-Innenspritzung. Der Überschuss von Lauge 2 wird zur Reinigung und Beheizung im Kastenwascher benutzt.
8. Warmwasserzonen 1+2: Keine Änderungen
9. Kaltwasserzonen 1+2: Keine Änderungen
10. Frischwasserspritzung  
Ist-Frischwasserspritzung: Zwei Frischwasserspritzungen angeschlossen an das Stadtwassernetz ohne Aufbereitung 13° dH  
Soll-Frischwasserspritzung: Zwei Frischwasserspritzungen aufgrund geringeren Frischwasserverbrauches angeschlossen an das Stadtwasser- oder Brauwassernetz mit Aufbereitung auf 5° dH
11. Automatische Druckabsenkung  
Ist-Druckabsenkung: keine  
Soll-Druckabsenkung: Druckabsenkung der Pumpen mittels Frequenzumrichter, die automatisch nach einer bestimmten Zeit bei Stillständen einsetzt.
12. Wrasenabzüge  
Ist-Wrasenabzug: Separates Gebläse und Leitung für die Restentleerung. Separate Gebläse und gemeinschaftliche Leitung für die Knallgas- und Kopfraumwrasen.  
Soll-Wrasenabzug: Separates Gebläse und Leitung für die Restentleerung, die Knallgas- und die Kopfraumwrasen.
13. Kopfraumreinigung  
Ist-Kopfteilreinigung: Nur mechanisch durchführbar

Soll-Kopfraumreinigung: Teilautomatisch durchführbar (Ansatz per Hand, Ablauf automatisch)

14. Flaschenabgabe

Ist-Flaschenabgabe: Flaschen werden durch Abgabenerien geführt und haben eine von hinten geführte leicht schräge Fallhöhe von ca. 6 cm.

Soll-Flaschenabgabe: Flaschen werden durch eine Exenterkurve von der Zelle bis zum Band geleitet.

15. Neu: Wasserenthärtung

Einbau eines schwach sauren Ionenaustauschers mit Mischer, der das Stadtwasser von 13° dH auf 2 °dH senkt. Durch einen Proportionalmischer wird das Wasser mit Stadtwasser auf die optimale Einsatzkonzentration von 5 °dH gebracht. Der Ionentauscher wird umweltfreundlich mit Kochsalz regeneriert.

16. Energie- und Medienmessung

Ist-Messungen: Stadtwasser und Stromverbrauch

Soll-Messungen: Stadtwasser, Stromverbrauch und zusätzlich Dampfmen-  
messung

### 2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die nachfolgende Tabelle 5 beschreibt den zeitlichen Ablauf des Projektes.

Moritz Fiege GmbH & Co. KG																								
Projektmonat	2018												2019											
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Au	Sep	Okt	Nov	Dez
Bezeichnung																								
Detailplanung																								
Bestellung	■																							
Lieferzeit	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
Aufbau Anlage										■	■													
Inbetriebnahme/Probetrieb										■	■													
Optimierungsphase													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dauerbetrieb													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Messprogramm													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabelle 5: Projektplan

Mit Erhalt des Zuwendungsbescheides vom 15. November 2017 (Vorhabenbeginn ab dem 13. November 2017) wurden die Detailplanungen intensiviert. Die Bestellung der innovativen Flaschenwaschmaschine wurde am 31.01.2018 ausgelöst. Aufgrund von Lieferverzögerungen beim Anlagenbauer sowie den internen Arbeiten zur Umsetzung der innovativen Anlage betrug die Lieferzeit für die Anlage 6 Monate.

Einleitend gilt für die Planung zu sagen, wie wichtig ist es, während des Umbaues die Lieferfähigkeit der Brauerei aufrecht zu halten. Dies kann erstens intern durch den Aufbau größerer Lagerbestandsmengen erfolgen. Dabei ist jedoch sehr wichtig, den entsprechenden Kastenbestand an Leergut und ein nicht allzu großes Produkt Portfolio zu haben.

Zweitens besteht extern die kostenintensive Möglichkeit fremd abfüllen zu lassen. Insbesondere bei Bügelflaschen ist die Anzahl und die Entfernung an möglichen Abfüllmöglichkeiten stark eingeschränkt.

Drittens hilft am meisten die gemeinsame Optimierung der Umbauzeit mit dem Anlagenhersteller. Dabei ist es wichtig, alle Arbeitsprozesse so zu analysieren und zu planen, dass ein Großteil der vor und nach dem eigenedlichen Stillstand der Anlage erfolgen kann. Jegliche Form von Sicherheitspuffern muss kritisch in Frage gestellt werden. Es muss geprüft werden, welche Gewerke gleichzeitig ausgeführt werden können, ohne sich zu behindern. Eine kompakte

einteilige Maschine, die vor Ort erst nicht noch zusammen gesetzt werden muss bzw. der modulhafte Aufbau der Zusatzaggregate sind dabei sehr sinnvoll.

Ferner ist es enorm vorteilhaft, wenn die Maschine vorab schon einen kompletten Probeauf im Werk absolviert hat. In diese Planung muss vorab gerade von Seiten der Brauerei besonders viel Planungsarbeit gesteckt werden. Zeit, die im heutigen Arbeitsalltag nicht mehr vorhanden ist. So konnte erreicht werden, die Stillstandzeit von drei Wochen auf zwei Wochen zu verkürzen.

Der September 2018 wurde genutzt, um das Vollgutlager soweit wie möglich zu füllen. Ziel war es, einen Bestand vor dem Umbau von 56.000 Kästen im Vollgutlager zu haben. Dazu wurden zusätzliche Mitarbeiter eingesetzt und teilweise sogar Doppelschichten gefahren. Die Belastung für die Mitarbeiter der Abfüllung war groß. Insbesondere, weil das Leergut aufgrund der guten Wetterlage und des großartigen Verkaufes nicht schnell genug zurückkam.

An den Wochenenden wurden von der Firma Kowallik zwei Montageluken samt Gerüsten und von der Firma Hackert zwei Dachdurchführungen vorbereitet, die Firma Otto baute Lüftungskanäle um, die Firma Reiss baute die Schallschutzdecke zurück.

Am Mittwoch, den 3.10.2018, erfolgte die letzte Füllung. Mit einem Lagerbestand von knapp 40.800 Kästen ging es in den Umbau. Die Maschine wurde durch eigene Mitarbeiter von den Medien (Strom-, Wasser-, Abwasser-, Lauge-, Dampf-, Kondensat- und Chemieleitungen) abgetrennt und anschließend gespült und/oder gesichert. Am Donnerstag, den 4.10.2018, kam die für die Demontage und Montage beauftragte Firma Schneider, um alle Anbauteile der Flaschenwaschmaschine abzubauen, damit die Maschine durch die enge Montageöffnung passte. Ferner wurden die Transportbänder durch Firma Beyer zurückgebaut.

Nachfolgende Abbildungen visualisieren diese Arbeiten:



Abbildung 5: Demontage Flaschenwaschmaschine

Am Freitag, den 5.10.2018, erfolgte die Ausbringung. Am frühen Morgen hatte bereits die Firma Kowallik die große Montageöffnung geöffnet und das Gerüst zurückgebaut. Die Firma Bracht kam mit zwei Autokränen (2x250 t) und hob die 55 t schwere alte Maschine und große Anbauteile mit zwei Kränen gleichzeitig aus dem Gebäude. An der kleinen Montageöffnung wurden zeitgleich alle überschüssigen Anbauteile mittels eines Teleskopladere ausgebracht. Am Abend war die Montageluke bereits wieder geschlossen, so dass die Fliesenarbeiten nicht durch das Wetter gestört wurden.



Abbildung 6: Ausbringung Altmaschine



Abbildung 7: Ausbringung Altmaschine mit zwei Autokränen

Am Samstagnachmittag, den 6.10.2018, erfolgte die Übergabe an die Abbruchfirma Karabalta, die damit beauftragt war, 160 m<sup>2</sup> Fußboden über Nacht heraus zu stemmen. Parallel dazu wurden sämtliche Kernlochbohrungen durchgeführt. Dabei wurden jedoch in der Decke verlegte Stromkabel angebohrt. Ganz wichtig in dieser Zeit war, dass unsere eigenen Handwerker und die Firma Lischzena als Reserve im Hintergrund agierten und konsequent dafür sorgten, dass Störungen des Zeitablaufes im Keim beseitigt wurden. Auch hier erfolgte die schnelle Ausbringung des Bauschutts über den Teleskoplader.

Am Sonntag, den 7.10.2018, war der Abbruch aufgrund der massiven Bauweise immer noch nicht fertig. Es drohte ein Zeitverzug. Jedoch erklärte sich die mit den Bodenarbeiten beauftragte Firma Kargetec bereit, parallel mit den Arbeiten auf der noch nicht komplett freigegebenen Fläche zu beginnen. Dadurch konnte ein Zeitverlust vermieden werden. Bis Sonntagabend waren alle Bodenflächen mit Schweißbahnen abgedichtet und alle Gullys montiert.

Am Montag, den 8.10.2018, förderte ein großer Betonmischer der Firma Kagetec mit Pumpe über 24 t eines Spezialestrichs vom Hof in den dritten Stock. Diesem Estrich wurde ein Spezial-Kleber beigefügt, so dass dieser innerhalb von 12 Stunden voll aushärtete. Zeitgleich begann die tägliche Verschickung von Leergut und Tankwagenbier zur Fremdadfüllung zu einer Brauerei nach Franken (480 km). Aufgrund des Leergutbestandes konnte nur „just in time“ abgefüllt werden, was einen besonderen logistischen Aufwand darstellte. Da es in der abfüllenden Brauerei zu Störungen bei der Abfüllung kam, hat sich der Zeitplan ständig geändert.

Am Dienstag, den 9.10.2018, wurden 160 m<sup>2</sup> Fliesen von der Firma Kagetec verlegt und am Mittwoch, den 10.10.2018, die Fugen verlegt und abgedichtet. In dieser Woche bereitete auch die Firma Wang alle Versorgungsleitungen und die Firma Vieth alle Abflussleitungen im Zwischendeck vor.

Am Donnerstag, den 11.10.2018, wurde morgens die Montageöffnung geöffnet und der neue Kastenwäscher und die Flaschenwaschmaschine vom Hersteller Gera eingebracht. Die Firma Bracht transportierte wieder mit zwei Autokränen gleichzeitig die 75 t schwere neue Maschine, sowie den Kastenwascher in das Gebäude.



Abbildung 8: Einbringung Kastenwascher



Abbildung 9: Flaschenwaschmaschine auf Schwertransporter



Abbildung 10: Flaschenwaschmaschine am Haken von zwei Autokränen



Abbildung 11: Flaschenwaschmaschine wird in das Gebäude gezogen

Am Samstag, den 13.10.2018, wurde der Kastenwäscher auf ein Podest gezogen, alle Anbauteile an die Flaschenwaschmaschine angebaut und die Maschine mit dem Kastenwäscher auf ihre endgültige Position gebracht. Die Kastentransportbänder wurden durch die Firma Beyer zeitgleich aufgebaut.

Am Sonntag, den 14.10.2018, erfolgte dann der Rohrumschluss durch die Firma Wang. Sämtliche Medienleitungen wie Wasser-, Abwasser-, Lauge-, Dampf-, Kondensat- und Chemikalienleitungen wurden wieder neu angeschlossen. Zeitgleich begannen die Mitarbeiter der Firma Gera, die Maschine elektrisch vorzubereiten.

Am Montag und Dienstag, den 15. und 16.10.2018, wurden die vielen kleinen Gewerke abgearbeitet. Die Abluftgebläse der Maschine wurden von der Firma Otto angeschlossen, die Flaschentransportbänder wurden durch die Firma Beyer aufgebaut, Maurerarbeiten wurden durch die Firma Hoffmann durchgeführt, die Elektriker schlossen die Stromkabel an sowie eine Vielzahl von sonstigen Arbeiten wurden erledigt.

Am Mittwoch, den 17.10.2018, kamen die Programmierer der Firma Gera und überprüften alle Signale und Programme auf einwandfreie Funktion. Unsere Mitarbeiter der Flaschenabfüllung begannen mit der Reinigung aller Anlagen nach den Umbauarbeiten.

Am Donnerstag, den 18.10.2018, wurden erste Funktionstests durchgeführt. Die Maschine war mit allen Medien angeschlossen und wurde mit heißer Lauge ausgekocht, um Fett- und Lackreste von der Montage zu entfernen. Außerdem wurde der Laugesedimentationstank physikalisch und elektrisch mit der Flaschenwaschmaschine von der Firma PAS verbunden. Die Flaschentransporteure und der Vortisch wurden weiter von der Firma Beyer aufgebaut, die Firma Vieth verband die Bandschmierungsleitungen.

Am Freitag, den 19.10.2018, geschäftiges Treiben in allen Bereichen. Der Programmierer arbeitete auf Hochtouren, um die ersten Feineinstellungen an der laufenden Maschine durchzuführen. Insbesondere die Versorgungsbänder mussten noch sauber abgestimmt werden. Um 11:30 Uhr erfolgte die feierliche Einweihung durch Jürgen und Hugo Fiege und allen Mitarbeitern, aber es dauerte noch bis 14:15 Uhr, bis die erste Flasche durch den Füller rauschte.

Die Inbetriebnahme der Anlage wurde am 30.11.2018 abgeschlossen.



Abbildung 12: Projektteam (von links: L. Töpperwein, J. Birschmann, D. Eichfeld, M. Zinkler)

Nach dem Umbau in „Rekordzeit“ und Inbetriebnahme der Anlage zum 30.11.2018 wurden zunächst die Bestände wieder aufgefüllt und die Mitarbeiter im Umgang mit der neuen Maschine geschult. Das von der BGN (Berufsgenossenschaft) vorgeschriebene neue Sicherheitssystem an den Reinigungsluken führte zu einer deutlichen Verlängerung der Reinigungszeiten am Füllende.

Ferner wurde eine „Offene Punkteliste“ erstellt, in der die offenen Themen aus den Baubesprechungen (Restarbeiten) während des Umbaus, den neuen Erkenntnissen des Regelbetriebes, der Prüfungen aus dem Arbeitsschutz und den Feststellungen aus den verschiedenen Abnahmen aufgelistet werden. In regelmäßigen Nachbesprechungen wurden diese Punkte priorisiert und systematisch abgearbeitet.

## **2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)**

Zur Errichtung der Anlage war eine behördliche Genehmigung nach Bundesimmissionschutzgesetz erforderlich. Die Anlagenausschreibung wurde sicherheitstechnisch durch die Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe - Bezirksverwaltung Dortmund (BGN) begleitet. Die Maschine entspricht damit dem aktuellen Stand der Technik in jeder Weise.

## **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten**

Zur Ermittlung der Erfolgskontrolle wurden die Umwelteffekte real gemessen und mit den prognostizierten Werten bei Antragstellung abgeglichen. Alle Messungen wurden mit betrieblichen Messgeräten bzw. den an der Maschine installierten Messwerterfassungen durchgeführt. Für mikrobiologische Untersuchungen wurden bereits im Vorfeld gereinigte Flaschen an unterschiedlichen Stellen zu unterschiedlichen Zeiten entnommen und im Labor ausgewertet. Zur Überprüfung der Wasserqualität der einzelnen Becken wurden ebenfalls Proben entnommen und im Labor ausgewertet.

Folgende Parameter wurden in die Erfolgskontrolle einbezogen:

- Wasserverbrauch gemessen durch einen induktiven Durchflussmesser (IDM)
- Dampfverbrauch gemessen durch eine Dampfmengenmessung
- Stromverbrauch gemessen durch einen Stromwandler
- Chemikalienverbräuche Lauge, Additiv, Entsteinungsmittel, Zitronensäure
- Zellenverbrauch gemessen durch Inventur
- Aufliegende Bügel erfasst durch das Auswerteprotokoll des Flascheninspektors
- Anhaftendes Etikett erfasst durch das Auswerteprotokoll des Flascheninspektors

## **2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle**

Aufgrund der messtechnischen Ausrüstung und der entsprechenden Infrastruktur zur Datenerfassung und -auswertung wurde in der Zeit vom 01.01.2019 bis 31.12.2019 eine Erfolgskontrolle durchgeführt. Die Auswertung der Messergebnisse bezieht sich nachfolgend auf die bei Antragstellung prognostizierten Umwelteffekte.

## **2.7 Externe Abnahme**

Die Abnahme der BGN durch Herrn Grund verlief erfolgreich, alle Vorgaben wurden erfüllt. Eine Messung der Lautstärke steht noch aus.

Die externe Fachkraft für Arbeitssicherheit Herr Schmidt (Ingenieurbüro Krukow) hat in Zusammenarbeit mit den beiden Sicherheitsbeauftragten der Brauerei ebenfalls die Maschine abgenommen und die Gefährdungsbeurteilung und die Betriebsanweisungen angepasst.

Durch den Sachverständigen Herrn Prinz (Sachverständigenbüro Nolzen) wurde die elektrische Erstprüfung durchgeführt. Kleinere Mängel wurden kurzfristig komplett abgearbeitet.

Die Abnahme der Maschine erfolgte durch den Sachverständigen Stefan Pfister (Niedrig Energie Brauerei, NEB) unter Zugrundelegung der vorher vereinbarten Abnahmebedingungen mit dem Umweltbundesamt am 23. und 24.5.2019 und 27.11.2019. Beide Abnahmeberichte befinden sich im Anhang. Die sich daraus ergebenden Werte und Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

## **2.8 Interne Abnahme**

Die interne Abnahme wurde durch den Leiter der Abfüllung Herrn Eichfeld über mehrere Monate durchgeführt. Sie erfolgte gemäß der Vorgabe des Zuwendungsbescheides vom 15.11.2017 und in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt. Der Wirkungsgrad der Anlage ist bei 0,5 l Flaschen von 58 % auf 62 % gesteigert worden. Das entspricht einer Steigerung der Effektivität von fast 7 %. Der Wirkungsgrad der Anlage ist bei 0,33 l Flaschen von 48 % auf 60 % gesteigert worden. Das entspricht einer Steigerung der Effektivität von 25 %.

Beim Wasserverbrauch sieht man deutlich, dass dieser bei der 0,5 l Flasche deutlich niedriger ist als bei der 0,33 l Flasche. Der Mischwert erreicht fast den prognostizierten Wert. Die Maschine wird häufig im Bereich der Minderleistung gefahren. Durch eine automatische Senkung der Pumpendrucke kann der Verbrauch der Maschine relativ proportional angepasst werden. Hier könnten eventuell noch leichte Verbesserungen erreicht werden.

Beim Dampfverbrauch ist das Optimum noch nicht erreicht. Die Werte der Maschine ließen sich trotz Wärmemengenzähler nur schlecht ermitteln, weil aufgrund der häufigen Minderleistung die Abstrahlung einen recht hohen konstanten Verbrauchswert darstellt. Durch die Erweiterung der Fläche des Wärmetauschers, der Vorweiche, kann die Maschine noch mehr Energie zurück gewinnen. Ferner ist im Verbrauch der Flaschenwaschmaschine bereits der Verbrauch des

Kastenwaschers mit enthalten. Vertraglich wurde dies berücksichtigt. Bei der Erstaufnahme wurde jedoch der Heißwasserverbrauch des Kastenwaschers nicht mit berücksichtigt. Dieser wurde vorher nur über den Gesamtverbrauch der Flaschenhalle erfasst. Der Gesamtverbrauch ist um ca. 1.000 m<sup>3</sup> pro Jahr gesunken. Die Temperatur des Wasser beträgt immerhin 85°C. Diese nicht unerhebliche Energiemenge wurde bei der Auslegungsplanung nicht berücksichtigt und steigert dadurch noch zusätzlich die Effizienz und Nachhaltigkeit.

## **2.9 Versuchsdurchführung (Abnahmetermine 23. + 24.5.2019 und 27.11.2019)**

Während der Versuchszeiten wurde die Anlage mit einer eingestellten Leistung von 28.000 Flaschen/Stunde betrieben. Bei Rückstau des Flaschenabtransportes erfolgte ebenso eine Maschinenabschaltung wie bei Mangel an zu reinigenden Flaschen. Dadurch ergab sich ein vergleichsweise intermittierender Betrieb der Anlage.

Es wurde einerseits vereinbart, während der Versuchsdauer in ½-stündigen Abständen die wesentlichen Anlagenparameter zu erfassen. Für die Auswertung des thermischen Energiebedarfs wurde der brauereiseitig installierte Dampfmengenzähler herangezogen. Die Probenahmen erfolgten zu den in der Auswertung dokumentierten Zeiten. Die Auswertung der „aufliegenden Verschlüsse“ wurde über das in der Anlage installierte Kontrollgerät vorgenommen.

Es wurde andererseits vereinbart, während der Versuchsdauer einen Volllastbetrieb zu simulieren, indem ca. 1/3 der Zellenreihen gesperrt werden. Das bedeutet, dass 10 der 30 Gassen nicht bei dem Vorgang genutzt werden.

Bei den externen Abnahmetermine werden primär nur die spezifisch vereinbarten vertraglichen Werte überprüft. Die Rückrechnung auf Gesamtverbrauchswerte müssen gegebenenfalls an anderer Stelle erfolgen.

Die Zählung der anhaftenden Etiketten wurde händisch durchgeführt. Die auf ein Problem der Flaschenreinigungsmaschine zurückzuführenden Anlagenstillstände wurden händisch erfasst.

## **2.10 Ergebnisse und deren Bewertung**

Am 23. Mai wurden ausschließlich 0,33 l Flaschen verarbeitet. Die Gesamtzahl der im Abnahmezeitraum bearbeiteten Flaschen betrug 75.990. Im Bewertungszeitraum am 24. Mai wurden 82.980 0,5-l Flaschen von der Maschine abgegeben.

### **Flaschenbruch**

Einzuhaltender Wert: Flaschenbruch ganzjährig < 0,02 %.

In beiden Versuchszeiträumen wurden 3 Flaschen gezählt, deren Bruch der Maschine zuzuschreiben ist.

Bezogen auf die Gesamtzahl der gereinigten Flaschen beträgt der Bruch damit 0,002 %.

Der zugesagte Wert ist eingehalten.

### **Restwasser**

Einzuhaltender Wert

Max. Restwasser in abgegebenen Flaschen

- < 0,65 ml/Fl. bei 0,5 Bügel und 0,33 l Bügel
- Die Oberflächenspannung des Restwassers in der gereinigten Flasche (egal, an welcher Korbstelle entnommen) (Messmethode nach PV SON 021 TU München) >60 mN/m

Aufgrund der beobachteten geringen Menge an Restwasser wurden stichprobenartig Flaschen entnommen und die Tropfen an Restwasser gezählt, die beim Umdrehen der Flasche aus der Flasche entwichen. In keinem Fall wurden mehr als vier Tropfen gezählt, was bei einem Tropfenvolumen von ca. 50 µl einem Wert von max. 0,2 ml entspricht. Auch die Oberflächenspannung nach der Messmethode PV SON 021 TU München wurde untersucht. Die zugesagten Werte wurden eingehalten.

### **Laugeverschleppung**

Einzuhaltender Wert:

Max. Laugeverschleppung bei branchenüblichem leichten Belag auf den Trägern

- 15 ml/Fl. bei 0,5 l und 0,33 l Bügel sowie 0,33 Longneck. Das entspricht einer 2% Laugeverschleppung von 420 l bzw. 16,8 l 50 % Natronlauge.

Der Verbrauch an Natronlauge wurde indirekt über die Abnahme der Leitfähigkeit der Lauge über einen Zeitraum von 4,5 h bestimmt und errechnet. Der Verbrauch an 50%iger NaOH errechnet sich zu 26,4 l/h. Unter Berücksichtigung eines Laugeverlustes am Etikettenausstrag von gemessenen 20 l/h errechnet sich eine stündliche Verschleppung von 6,4 l/h Reinigungslauge. Mit der Anzahl im Messzeitraum abgegebenen gereinigten Flaschen ergibt sich eine stündliche Leistung von 15.180 Fl/h. Der Wert für die Lauge-Verschleppung errechnet sich so zu 29,7 ml/Flasche. Dieser Wert liegt fast bei dem Doppelten des zugesagten Wertes. Es resultiert zum großen Teil aus dem intermittierender Betrieb der Anlage. Ferner hat es auch einen konstruktiven Hintergrund, weil es einfacher ist, die Vorlauge aus der Hauptlauge nach Zuspeisen und nicht aus Nachlauge (Lauge 2). Der Anlagenhersteller ist aufgefordert, diesbezüglich Stellung zu beziehen und evtl. erforderliche Verbesserungsmaßnahmen vorzuschlagen und nach Absprache mit der Brauerei auszuführen.

### **p-Wert Warmwasserzone**

p-Wert in der Warmwasserzone 1 nach 5 stündigem Betrieb

- < 2,5 (ohne Säurezugabe)

Die gemessenen p-Werte lagen bei 5,5 bzw. 7,5 nach 5 stündigem Betrieb und damit deutlich über den zugesagten Werten. Die Werte deuten auf die deutlich erhöhte Lauge-Verschleppung (s. o.) hin.

### **Laugeverlust Etiketten**

Laugeverlust am Etikettenausstrag ohne Etikettenpresse, freier Ablauf aus dem Auffangbehälter, 3 Etiketten/Flasche, überwiegend brauereieigene Etiketten

- < 110 l/h

Es wurde ein Wert von ca. 20 l/h ermittelt. Der Wert wurde eingehalten.

Etikettenbehafte Flaschen an der Abgabe bei durchschnittlich 3 Etiketten pro Flasche

- $\emptyset < 0,03\%$

Über einen Zeitraum von jeweils ca. 1 Stunde wurden die nicht durch den Bügel verschuldet anhaftenden Etiketten mit folgenden Ergebnissen gezählt.

Flasche	Gesamtanzahl	Flasche mit anhaftenden Etikett	Prozentsatz
BV 0,33	13.476	41	0,304 %
BV 0,5	18.685	6	0,032 %

Tabelle 6: Laugeverlust am Etikettenausstrag

Der Vorgabewert kann für die 0,5 l Bügel-Flasche als Eingehalten angesehen werden. Bei der 0,33 l Bügel-Flasche besteht Nachbesserungsbedarf.

### **Etikettenverschleppung**

Etikettenverschleppung in die Wasserzonen ist vernachlässigbar; max. wöchentliche manuelle Entfernung erforderlich.

Der Wert ist eingehalten. Die Austräge wurden auf entsprechende Verschmutzung überprüft.

### **Aufliegende Bügel**

Einzuhaltender Wert:

- < 0,45% bezogen auf alle Gebinde

Die Messwerte wurden über den installierten Controller erfasst.

Es ergeben sich folgende Messwerte, die in Tabelle 7 dargestellt sind.

Flasche	Gesamtanzahl	Flasche mitaufliegendem Verschluss	Prozentsatz
BV 0,33	15.225	172	1,13 %
BV 0,5	64.916	48	0,07 %

Tabelle 7: Aufliegende Bügel

Der Vorgabewert kann für die 0,5 l Bügel-Flasche als eingehalten angesehen werden. Bei der 0,33 l Bügelflasche kann ggf. durch eine Verringerung der Einstelleistung (ca. 20.000 FI/h) eine geringfügige Verbesserung erreicht werden. Über den gesamten Betrachtungszeitraum und alle Flaschensorten betrachtet ergibt sich ein Wert von ca. 0,3 %. Der zugesagte Wert kann daher als eingehalten angesehen werden.

### **Biologische Qualität der Flaschen**

Der biologische Zustand der aus der Anlage abgegebenen Flaschen ist nicht schlechter als der des zugeführten Frischwassers.

Die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen sind praktisch ohne Befund. Der Wert ist eingehalten.

### **Abwasser**

ph-Wert Abwasser aus der Anlage nach

- 7 Stunden Betriebsdauer < 12
- 15 Stunden Betriebsdauer < 12,5

Der pH-Wert des Abwassers lag bei unter 11,9 nach 7 h Betriebsdauer. Der Wert ist eingehalten.

### **Lufthygiene**

Der lufthygienische Qualitätszustand im Bereich der Flaschenabgabe ist nicht schlechter als der in der Umgebung des Vorderteils der Maschine. Der Wert ist eingehalten.

### **Chlordioxydverbrauch**

Der Chlordioxydverbrauch zur Aufrechterhaltung des angestrebten Sollwertes im Kaltwasserbecken beträgt maximal:

- 1000 mg/h

In der Chlordioxyd-Anlage wurde je Stunde ein Ansatz mit ca. 470 ml Chlordioxyd verarbeitet. Der Wert wurde eingehalten.

## Schallemissionen

Die Schallemissionen der Anlage wird folgende Werte, gemessen nach DIN 45635 Teil 1 und Teil 28, bei Nennlast und allen Gebindeformen in der geschlossenen Halle nicht überschreiten:

- Schalleistungspegel in 1 m Abstand ( $L_{WA}$ ):  
85 dB
- Arbeitsplatzbezogener Schalldruckpegel an der Frontseite der Anlage (Bedienplatz) ( $L_{pA}$ ):  
75 dB

Die Messunsicherheit wird jeweils mit 3 dB für  $K_{pA}$  und  $K_{wA}$  berücksichtigt.

Die Messungen konnten nicht durchgeführt werden, weil die BGN noch keinen Termin verbindlich bestätigen konnte. Im Rahmen einer schalltechnischen Bewertung der Gesamtanlage werden diese Werte verifiziert werden. Subjektiv scheinen die geforderten Schallwerte nicht überschritten.

## Behandlungsschritte

Die Anlage verfügt über folgende Behandlungs-Stufen:

Restentleerung und Vorweiche incl. Vorspritzug

35 - 45 °C >1 min

Vorlaugebad mit Etiketten- und Scherbenaustrag

50 - 60 °C >1 min

Hauptlaugebad (Lauge 1) mit Laugeumwälzung, Etikettenschwattung und Etikettenaustrag

80 - 85 °C > 6,45 min Tauchzeit;

> 8,72 min Kontaktzeit

Lauge 2 Innen- und Außenspritzung 65 – 72 °C

Warmwasser 1 Innen- und Außenspritzung 55 – 58 °C

Warmwasser 2 Innen- und Außenspritzung 45 – 52 °C

Kaltwasser 1 Innen- und Außenspritzung 35 – 42 °C

Anhand der Anzahl der Korbreihen in den einzelnen Behandlungsstufen und der Taktung der Anlage ist sichergestellt, dass die geforderten Verweilzeiten bei maximaler Anlagenleistung (28.000 Fl/h) eingehalten werden.

Die Temperaturen (°C) in den Behandlungszonen stellen sich im Durchschnitt wie folgt dar:

Flasche	Vorweiche	Vorlauge	Laugebad (Lauge 1)	Lauge 2	WW1	WW2	FW2	FW1
BV 0,33	48,1	60,7	83,5	68,9	67,5	64	60	36
BV 0,5	47,1	63,5	83,4	71,1	69	67	63	39

Tabelle 8: Temperaturen in den Behandlungszonen

Es zeigt sich, dass besonders die Temperaturen im Bereich der Warmwasserbehandlungsschritte deutlich zu hoch liegen. Auch die Vorlauge weist etwas erhöhte Temperaturen auf. Im Hinblick auf eine Optimierung des Frischwasserverbrauches und der Abgabetemperatur der gereinigten Flaschen besteht hier Handlungsbedarf.

### **Frischwasser**

Der Frischwasserverbrauch bei einer Temperaturdifferenz von 18 K zwischen Frischwassertemperatur und Flaschenabgabetemperatur beträgt:

- 170 ml/Flasche

Es wurden folgende Werte ermittelt:

Flasche	Gesamtanzahl abgegebene Flaschen	Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	Durchschn. Verbrauch pro Flasche [ml]
BV 0,33	75.990	15,4	203
BV 0,5	82.980	13,9	168

Tabelle 9: Frischwasserverbrauch Flaschenformat

Der zugesagte Wert ist für die 0,5 l Bügelflasche eingehalten, für die 0,33 l Bügelflasche ist der Wert überschritten. Der Frischwasserverbrauch ist im Zusammenhang mit den Temperaturverhältnissen in der Maschine und der Temperatur der abgegebenen Flaschen zu betrachten.

Die Frischwassertemperatur betrug durchgehend ca. 15°C. Die Abgabetemperatur der 0,33 l Bügelflaschen lag bei durchschnittlich 33,5 °C, bei den 0,5 l Bügelflaschen bei ca. 35,5 °C. Durch den erhöhten Wassereinsatz kann bei den 0,33 l Flaschen der Wert für die Temperaturdifferenz zwischen Frischwasser und abgegebener Flasche praktisch eingehalten werden. Der geringere Wassereinsatz bei den 0,5 l Flaschen führt zu einer Überschreitung dieses Wertes um 2 K.

Da gleichzeitig die Behandlungstemperaturen im Warm- und Frischwasserbereich über den vorgegebenen Sollwerten liegt ist durch den Anlagenhersteller zu prüfen, in wie weit diese Sachverhalte zu optimieren sind.

Andererseits ist ein leicht erhöhter Wert für den Wasserverbrauch je Flasche auch auf die im Vergleich zur Anlagenauslegung deutlich geringere Durchsatzleistung sowie den ständige intermittierenden Betrieb der Anlage zurück zu führen.

### **Heißwasser**

Bei der Antragstellung war der Brauerei noch nicht bewusst, dass zu den bisherigen Einsparungen auch der Minderverbrauch an Heißwasser (HW) dazu kommt. Das Heißwasser stellt der Betriebs selber her, indem er Brauwasser von ca. 13°C auf 85°C erhitzt. Die nachfolgende Tabellen 10 und 11 visualisieren den Heißwasserverbrauch vor und nach Umsetzung des Vorhabens.

	Heißwasser Füller sterilisieren		Zirkulation		HW Gesamt in m <sup>3</sup>
	Zähler	Durchsatz im m <sup>3</sup>	Zähler	Durchsatz in m <sup>3</sup>	
Januar	105220	1.170	42255	985	185
Februar	106149	929	43046	791	138
März	107203	1.054	43959	913	141
April	108301	1.098	44858	899	199
Mai	109426	1.125	45769	911	214
Juni	110640	1.214	46762	993	221
Juli	112182	1.542	48060	1.298	244
August	113486	1.304	49118	1.058	246
September	115235	1.749	50326	1.208	541
Oktober	116386	1.151	51249	923	228
November	117588	1.202	52365	1.116	86
Dezember	118657	1.069	53287	922	147
		14.607		12.017	2.590

Tabelle 10: Heißwasserverbrauch 2015 aus dem Energiebericht

	Heißwasser Füller sterilisieren		Zirkulation		HW Gesamt in m <sup>3</sup>
	Zähler	Durchsatz in m <sup>3</sup>	Zähler	Durchsatz in m <sup>3</sup>	
Januar	7919	1.753	97807	1.672	81
Februar	9117	1.198	98862	1.055	143
März	10556	1.439	100178	1.316	122
April	11848	1.292	101312	1.134	159
Mai	13691	1.843	102990	1.678	165
Juni	15147	1.456	104317	1.327	129
Juli	17013	1.866	106059	1.742	124
August	18483	1.470	107383	1.324	146
September	19811	1.328	108553	1.170	158
Oktober	21271	1.460	109907	1.354	106
November	22476	1.205	110997	1.090	115
Dezember	23671	1.195	112086	1.089	106
		17.505			1.554

Tabelle 11: Heißwasserverbrauch 2019 aus dem Energiebericht

Die eingesparte Energiemenge berechnet sich aus der Dichte von Wasser, der spezifischen Wärmekapazität und der Temperaturdifferenz. Sie beträgt damit 86.816 kWh pro Jahr.

## Thermische Energie

Der Prozessenergiebedarf bei der im Laugebereich isolierten Maschine beträgt:

- 11 Wh /Flasche

Die Anlage wird mit Dampf, 2,4 bar, 138°C beheizt. Die reine Kondensationswärme beträgt 2.211 kJ/kg oder 614,167 Wh/kg.

Die Messergebnisse und daraus resultierenden Berechnungen stellen sich wie folgt dar:

Flasche	Gesamtanzahl	Dampfverbrauch [kg]	Eingesetzte Wärme [Wh]	Energieaufwand pro Flasche [Wh/FI]
BV 0,33	75.990	1805	1.108.570,8	14,6
BV 0,5	82.980	1780	1.093.216,7	13,2

Tabelle 12: Prozessenergiebedarf

Bei einer Sortenumstellung, während der die Anlage für ca. ½ Stunde ohne Flaschenabgabe ist, wurde der Wärmebedarf der Anlage im Stillstand, der im Wesentlichen die Abstrahlverluste wiederspiegelt mit ca. 75 kg/h Dampf oder 46 kW bestimmt.

Die bei der Abfüllung registrierten Zeiten, in denen aufgrund von Störungen der vorgelagerten oder nachfolgenden Aggregate keine Flaschen abgegeben werden konnten summierten sich auf ca. 120 Minuten oder ca. 1/3 der gesamten Betriebszeit. Das bedeutet, dass für die 0,33 l Flasche von einer Unproduktiv-Zeit von ca. 1,8 h bei der Füllung der 0,33 l Flaschen und ca. 2 h bei der Füllung der 0,5 l Flaschen anzusetzen sind. Entsprechend sind Wärmemengen von 82.800 Wh bei den 0,33 l Flaschen und 92.000 Wh bei den 0,5 l Flaschen in Abzug zu bringen. Die entsprechenden spezifischen Werte liegen dann bei 13,5 Wh/FI bei der 0,33 l Flaschen und 12,0 Wh/FI bei der 0,5 l Flasche. Die Werte liegen leicht über dem vereinbarten Wert, was durch die im Vergleich zur Auslegung deutlich geringere tatsächliche Ausbringleistung zu erklären ist.

### Dampfverbrauch

Dampfverbrauch wurde gemessen durch eine Dampfmenge-messung. Die nachfolgende Tabelle 13 visualisiert die Ergebnisse zum Dampfverbrauch.

### Auswertung für Dampfverbrauch:

Datum:	05.04.2019	11.04.2019	15.04.2019	03.05.2019	17.05.2019
Gebinde:	0,5l BV				

Anzahl Gesamflaschen in Stück	45283	127805	135123	139478	155665
Dampfmassesumme 2 (Auswertungstag) in kg	1804000	1820000	1829000	1876000	1918431
Dampfmassesumme 1 (Vortag) in kg	1801000	1815000	1824000	1872000	1913000
Enthalpie (Konstante aus Tabelle) in kJ/kg	2719,2	2719,2	2719,2	2719,2	2719,2

### Berechnung:

Verbrauchte Dampfmasse in kg	3000,000	5000,000	5000,000	4000,000	5431,000
Dampfmenge Gesamt in kJ	8157600	13596000	13596000	10876800	14767975
Dampfmenge pro Flasche in kJ/Fl.	180,147	106,381	100,619	77,982	94,870
Dampfmenge pro Flasche in Wh/Fl.	50,041	29,550	27,950	21,662	26,353

**Sollvorgabe: 10 Wh/Flasche**

Formeln: Verbrauchte Dampfmasse = Dampfmassesumme2 - Dampfmassesumme1

Dampfmenge Gesamt = Verbrauchte Dampfmasse \* Enthalpie

Dampfmenge pro Flasche =  $\frac{\text{Dampfmenge Gesamt}}{\text{Anzahl Gesamtflaschen}}$

Tabelle 13: Auswertung Dampfverbrauch

### Elektrische Energie

Der elektrische Verbrauchswert beträgt:

- < 1,83 Wh/Flasche

Die Messergebnisse und daraus resultierenden Berechnungen stellen sich wie folgt dar:

Flasche	Gesamtanzahl	Stromaufnahme [kWh]	Energieaufwand pro Flasche [Wh/Fl]
BV 0,33	75.990	193	2,54
BV 0,5	82.980	215	2,59

Tabelle 14: Verbrauch elektrische Energie

Unter Berücksichtigung, dass die nicht durch die Anlage verschuldeten Produktionsstillstände ca. 30 % der Gesamtbetriebszeit ausmachen sowie des Umstandes, dass die Anlage im Schnitt bei maximal 65 % ihrer Auslegungsleistung betrieben wird, sind die errechneten Werte um min. Faktor 0,3 zu korrigieren. Damit ergeben sich Werte von 1,81 Wh/Flasche für die 0,5 l Flasche und 1,78 für die 0,33 l Flasche.

Die Einhaltung des zugesagten Wertes sollte bei einem erneuten Abnahmeversuch verifiziert werden.

### Druckluftbedarf

Der Druckluftbedarf (6 bar) soll im laufenden Betrieb kleiner als 0,2 m<sup>3</sup>/h sein. Der Druckluftbedarf selber wurde jedoch nicht aufgenommen. Aufgrund der geringen Anzahl pneumatisch betriebener Ventile ist davon auszugehen, dass der zugesagte Wert eingehalten wird. Der Betrieb nimmt

seine Druckluftverbrauchswerte über einen Gesamtzähler sowie drei Bereichszähler auf. Im Energiebericht könnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden.

### **Weitere Anlagenoptimierungen im Nachgang**

Im Nachgang zur Abnahme am 23. und 24. Mai 2019 wurden weitere Optimierungen durch den Anlagenhersteller unternommen um

- das Temperatur-Regime in der Maschine zu optimieren
- die Lauge-Verschleppung zu reduzieren
- die Anzahl der aufliegenden Bügel bei der 0,33 l Flasche zu reduzieren

Daran anschließend wurde am 27.11.2019 eine erneute Abnahme durchgeführt, bei der durch die Sperrung von 10 der 30 Gassen der Maschine ein Dauerbetrieb der Maschine bei Auslegungs-Ausbringung simuliert und die entsprechenden Verbrauchswerte verifiziert wurden. Die Vorgehensweise entsprach den oben beschriebenen Messparametern. Durch die Sperrung der Gassen wurde eine Ausbringleistung auf 28.000 Flaschen/h eingestellt was einer tatsächlichen Leistung von 18.667 Flaschen entsprach. Damit sollte der Vollastbetrieb der Anlage über einen längeren Zeitraum simuliert werden, um die spezifischen Verbrauchszahlen für Wasser und Energie unabhängig von vielfachen rückstaubedingten Anlagenstillständen zu verifizieren.

### **Ergebnisse der Messungen vom 27.11.2019**

#### **Temperaturregime**

Das Temperaturregime in der Maschine ist nach wie vor zu hoch. Hier wurde vereinbart den Plattenwärmetauscher zur Anwärmung der Vorlauge aus der Lauge 2 dahingehend zu optimieren, dass mehr Wärme von der Lauge 2 zur Vorlauge verschoben wird und somit das Temperaturniveau ab Lauge 2 bis zur Frischwasserspritzung abzusenken. Die technischen Möglichkeiten scheinen gegeben. Der Anlagenbauer GM wird die Angelegenheit prüfen und zeitnah eine Aussage treffen.

#### **Lauge-Verschleppung**

Bei einer neuerlichen Messung der Lauge-Verschleppung durch GM am 17.10.2019 wurde eine durchschnittliche Lauge-Verschleppung von 15 bis 20 ml/Fl errechnet. Dieser Wert ist akzeptabel. Unter Umständen sind die Lauge-Ströme in der Maschine steuerungstechnisch noch einmal zu optimieren.

#### **Aufliegende Bügel**

Die Maßnahmen, die eine Verbesserung der Situation bei aufliegenden Verschlüssen bei der 0,33 l Flasche im Blick hatten, haben nicht das gewünschte Ergebnis erbracht. Das Problem liegt wahrscheinlich in der wesentlich großen Bewegungsmöglichkeit der Flaschen in der Zellenhöhe bei der Abgabe. Die Situation ist aber durchaus zu tolerieren.

#### **Frischwasser**

Auch der Frischwasserverbrauch ist unabhängig von der Anzahl der befüllten Körbe. Über den Versuchszeitraum wurden der Maschine 11,91 m<sup>3</sup> Frischwasser zugeführt. Bezogen auf die fiktive Anzahl der gereinigten Flaschen errechnet sich ein Verbrauchswert von 163 ml/Fl. Der zugesagte Wert von 170 ml/Flasche ist eingehalten.

#### **Thermische Energie**

Da die Maschine mit nominaler Leistung betrieben wurde, jedoch nur 2/3 der Körbe mit Flaschen gefüllt waren ist der Wärmeverbrauch um die nicht gereinigten Flaschen zu korrigieren. Dazu wurde die Anzahl der nichtgereinigten Flaschen mit dem Gewicht der Flaschen multipliziert und über die spezifische Wärmekapazität von Glas (ca. 0,75 kJ/kg) sowie die Temperaturdifferenz zwischen verunreinigter und gereinigter Flasche der aufgrund der fehlenden Flaschen nicht

aufzubringende Wärmeinput errechnet. Dieser Wert liegt bei ca. 25 Wh über den gesamten Versuchszeitraum, die zu den tatsächlich verbrauchten 830 kWh dazuzuzählen sind.

Das Ergebnis ist auf die fiktive Gesamtzahl an Flaschen, die aus der Anzahl der Takte, multipliziert mit der Anzahl der Körbe je Reihe resultiert zu beziehen. Der errechnete Wert liegt bei 12,4 Wh/Fl und ist damit bei ca. 92% des ursprünglich ermittelten Wertes für diese Flasche (vgl. Kap. 5.16.2). Übertragen auf die 0,5 l Flasche errechnet sich ein spezifischer Wärmebedarf je Flasche von 11,0 Wh/Fl, was genau dem zugesagten Wert (11 Wh/Fl) entspricht.

### **Heißwasser**

Aus der Warmwasserzone 2 wird Wasser zum Kastenwascher herüber geleitet. Dadurch verringert sich die Menge an Wasser, welches zum Rückkühlen der gereinigten Flasche benötigt wird. Die Menge an Wasser zum Rückkühlen ist immer deutlich höher als die Menge zum Ausspülen der Flasche. Zum Abspritzen der Flasche im letzten Schritt muss jedoch grundsätzlich Frischwasser verwendet werden.

### **Elektrische Energie**

Der gemessene Verbrauch an elektrischer Energie ist praktisch unabhängig von der Anzahl der befüllten Körbe. Daher ist der Energieverbrauch über den Versuchszeitraum direkt auf die fiktive Gesamtzahl der Flaschen zu beziehen. Es errechnet sich ein Wert von 1,88 Wh/Flasche, der geringfügig über dem zugesagten Wert von 1,83 Wh/Fl liegt was aber im Rahmen der Messgenauigkeit als akzeptabel anzusehen ist.

### **Zusammenfassung**

Die zugesagten Eigenschaften der Maschine sind im Wesentlichen eingehalten. Die Problematik der aufliegenden Verschlüsse beim Betrieb mit den 0,33 l Flaschen ist in Verbindung mit dem Wert für die 0,5 l Flasche tolerabel. Im Bereich der Lauge-Verschleppung ist bei Gelegenheit eine Optimierung der Anlagensteuerung im Hinblick auf die Verschiebung von Lauge und Wasser vorzunehmen.

### **Zwischenfazit aus den Terminen 23.05. + 24.05. 2019 sowie 27.11.2019:**

Beim Strom passten die vereinbarten Werte von Anfang an, weil die Maschine in Bereich der Minderleistung automatisch eine Senkung der Pumpendrucke und Antriebsleistung vornimmt. Die deutliche Reduzierung des Stromverbrauches kommt durch Einsatz der Etikettenpressen zustande. Das sehr energieintensive pneumatische Verfahren zum Etikettentransport wird nicht mehr benutzt.

Die Werte für den Glasbruch bei 0,5 l Flaschen liegt mit 0,01 - 0,02 % voll im Sollbereich oder darunter. Der Wert für 0,33 l Flaschen wurde nur einmal gemessen und liegt leicht darüber. Dies kann daran liegen, dass die Werte bereits im Frühling aufgenommen worden sind und viel Leergut, welches im Winter draußen gestanden hat (Frostflaschen) an diesem Tag vorlag.

Die Werte für anhaftende Etiketten bei 0,5 l Flaschen liegen mit 0,03 % deutlich unter dem Sollwert. Der Wert bei der 0,33 l Flasche liegt etwas höher mit 0,08 %. Dies liegt daran, dass die 0,33 l Flasche sich mehr in der Zelle verschieben kann, weil sie deutlich kürzer ist. Beim Verschieben kann sich das Halsetikett um das Patent schlingen. Auch hier kann man eine deutliche Verbesserung aller Werte über die Zeit erkennen. Der Mitarbeiter in diesem Bereich (Zupfer) muss sich deutlich weniger um die Nacharbeit kümmern.

Die Werte für den aufliegenden Bügel bei der 0,5 l Flasche liegt mit 0,08 -0,11 % traumhaft. Der Wert für die 0,33 l Flasche liegt bei den internen Abnahmen fast immer niedriger mit 0,77 % als bei den externen Abnahmen.

Der Flaschenzellenverbrauch konnte extrem gesenkt werden. Die Maschine geht deutlich schonender mit der Flasche um. Der Mitarbeiter in diesem Bereich muss sich deutlich weniger um Störungen kümmern. Dies zeigt sich auch in den um 15.000 € niedrigeren Wartungskosten pro Jahr. Die Laugeverschleppung befindet sich in einem tollerierbaren Bereich.

### 3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

#### 3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen und die erzielten Umwelteffekte entsprechen den Erwartungen. Die Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen erfüllt die Qualitätsvorgaben und setzt neue Maßstäbe in der Brauereibranche.

#### 3.2 Stoff- und Energiebilanz

Die Erfolgskontrolle fand in der Zeit vom 01.01.2019 bis 30.12.2019 statt. Im ausgewerteten und bilanzierten Produktionszeitraum wurden nachfolgende Gebinde (ohne Angabe von Fassbier) verarbeitet.

Gebinde	Stück
0,5 l Bügel	17.475.820
0,33 l Bügel	5.872.160
0,33 l Kronenkorken	708.792
Gesamt	24.056.772

Tabelle 15: Gebinde während der Erfolgskontrolle

Auf Basis der während der Erfolgskontrolle gemessenen Werte wurde ein Abgleich mit den bei Antragstellung gemachten Daten durchgeführt und zu den konventionellen Waschverfahren in Beziehung gesetzt. Die Berechnung der absoluten Mengen basiert dennoch auf den im Antrag angegebenen 23.500.000 Flaschen. Daher fallen die eigentlichen Einsparungen ca. 2 % höher aus, da mehr abgefüllt worden ist. Ferner verschieben sich die Sollwerte, weil der Anteil von 0,33 l B Flaschen seit 2015 von 15 % auf 25 % gestiegen ist! Die Gründe liegen in der Zunahme an kleineren Haushalten, Lifestyle und geändertem Trinkverhalten.

Die nach Umsetzung der innovativen Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen erzielten Umwelteffekte werden in nachfolgender Tabelle 16 dargestellt. Diese beinhaltet die Werte der Abnahmen von 0,5 l und 0,33 l gemittelt im Verhältnis 75 % zu 25 %.

Die neue Flaschenwaschmaschine (28.000 Fl./h) ist so effizient, dass sie trotz geringerer Nennleistung deutlich mehr saubere Flaschen zum Füller liefert als die alte Maschine (30.000 Fl./h). Um die volle Kapazität der Anlage ausschöpfen zu können, muss die nachfolgende Peripherie weiter angepasst werden.

### 3.3 Umweltbilanz

Mit Umsetzung der kompakten und energieeffizienten Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen wurden erhebliche Potenziale im Material- und Energieverbrauch erzielt, die nachfolgend noch einmal dargestellt und um die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Einsparung ergänzt werden.

		Altmaschine/Stand der Technik	Zielwert Innovation (Umwelteffekte)	Istwert Innovation (Umwelteffekte)	Erreichte Einsparung
1	Wasser in ml / Flasche	636	170	176	460
2	Wasser in m <sup>3</sup> /a	14.772	3.525	4.136	10.636
3	Abwasser in m <sup>3</sup> /a	14.772	3.525	4.136	10.636
4	Dampf in Wh/Flasche	22,96	11	12,4	10,56
5	Dampf in KWh/a	628.625	235.000	291.400	337.225
	Energie HW Verbrauch	1.036	0	0	1.036
6	Strom in Wh/a	6,37	1,8	1,79	4,58
7	Strom in KWh/a	147.805	42.300	42.065	105.740
8	Anhaftende Etiketten in %	1,5	0,3	0,1	1,4 %
9	Fehlflaschen in Stück	352.500	70.500	23.500	329.000
10	Aufliegender Bügel in %	0,5-10%= 3,1%	0,5	0,35	2,75
11	Fehlflaschen in Stück	822.500	115.500	82.250	740.250
12	Flaschenbruch in %	0,04	0,02	<0,02	0,02
13	Flaschenzellverbrauch in Stück	3.600	100	60	3540
14	Personal im Normalbetrieb	1	0,33	0,33	0,66
15	Laugeverschleppung in ml/Flasche	20	15	<15	5
16	Laugeverschleppung in m <sup>3</sup> /a	470	352,5	350	120

Tabelle 16: Umwelteffekte und die daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Einsparung des Vorhabens

Zur Berechnung der Einspareffekte an CO<sub>2</sub>-Emissionen beziehen wir uns auf die Haupteffekte Dampf, Strom und Heißwasser:

- Die Dampfeinsparung beträgt 337.225 KW/h, bei einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 0,242 kg/kWh beträgt damit das Einsparpotential 81,6 t/a.
- Die Heißwassereinsparung beträgt 130.225 KW/h, bei einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 0,242 kg/kWh beträgt damit das Einsparpotential 31,5 t/a.
- Die Stromeinsparung beträgt 105.740 kWh/a, bei einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 0,537 kg/kWh beträgt damit das Einsparpotential 56,8 t/a.

Die Gesamteinsparung bezogen auf 23.500.000 Flaschen pro Jahr beträgt damit 169,9 t/a bezogen auf die tatsächlich abgefüllten Flaschen sogar ca. 2 % mehr! Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden die Faktoren für 2015 gewählt, weil diese auch bei der Antragstellung genutzt wurden und nur so eine Vergleichbarkeit erzielt werden konnte.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse werden die Umwelteffekte und die damit verbundenen Einsparungen mit Preisen analog zur Antragstellung berücksichtigt.

Die ursprünglich geplanten Anschaffungskosten von 1.196.487,40 € wurden mit 141.668,07 € überschritten und betragen 1.338.155,47 €.

Die Kapitalrückflussdauer nach Durchführung der Erfolgskontrolle beträgt ca. 6 Jahre unter Berücksichtigung der Finanzierungskosten, Abschreibungen und der stabilisierten Hochrechnung (vergleiche nachfolgende statische Amortisationsberechnung).

Die Einsparungen wurden mit den Kosten bei Antragstellung bewertet:

- Wasser/m<sup>3</sup>: 1,37 €
- Abwasser/m<sup>3</sup>: 3,00 €
- Dampf/kWh: 0,076 €
- Strom/kWh: 0,148 €
- Heißwasser/m<sup>3</sup>: 7,50 € inkl. Abwassergebühr
- Die Stunde Abfüllzeit wird mit 1200 €/Stunde gerechnet
- Hierbei wird ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 60 % angenommen
- Die Nennleistung der Linie beträgt 25.000 Flaschen pro Stunde
- Als Basis werden 23.500.000 Flaschen pro Jahr gerechnet
- Der Wert einer Flasche wird mit 0,17 €/Flasche berechnet
- Natronlauge (NaOH 50%ig) kostet 0,39 €/kg
- Die Laugekonzentration beträgt ca. 2 % in der Maschine
- Die Dichte beträgt ungefähr 1000 kg/m<sup>3</sup> bei dieser Konzentration
- Flaschenzellen/ Stk.: 4,10 €
- Instandhaltung: 15.000 €/a
- Mitarbeiter 0,66 MA: 40.000 €/a (Mitarbeiter wird nicht entlassen, sondern in einem anderen Bereich beschäftigt)

		Erreichte Einsparung	Einsparung in €
1	Wasser in ml / Flasche	460	--
2	Wasser in m <sup>3</sup> /a	10.636	14.571,32
3	Abwasser in m <sup>3</sup> /a	10.636	31.908,00
4	Dampf in Wh/Flasche	14,56	--
5	Dampf in kWh/a	337.225	25.629,10
	Energie HW Verbrauch	1.036	7.700
6	Strom in Wh/a	4,58	--
7	Strom in kWh/a	105.740	15.649,52
8	Anhaftende Etiketten in %	1,4%	--
	Fehlflaschen in Stück	329.000	26.320,00
9	Aufliegender Bügel in %	2,75	--
	Fehlflaschen in Stück	646.250	51.700,00
11	Flaschenbruch in %	0,02	800,00
12	Flaschenzellverbrauc h in Stück	3.540	14.514,00
13	Instandhaltungskoste n	---	15.000
14	Personal im Normalbetrieb	0,66	(40.000)

15	Laugeverschleppung in ml/Flasche	5	--
16	Laugeverschleppung in m <sup>3</sup> /a	120	930,00
	Summe		197.721,94
	Summe mit Personal		237.721,94

Tabelle 17: Umwelteffekte in €

Die nachfolgende Tabelle 18 stellt Amortisationsrechnung mit und ohne Beihilfe dar. Die Darstellung erfolgt einmal mit der rechnerischen Mitarbeiter einsparung und einmal ohne. Die Mitarbeiterkapazität wird nicht eingespart, sondern intern in einem anderen Bereich eingesetzt.

<b>Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)</b>			
	Anlageninvestition ohne Beihilfe	Anlageninvestition mit Beihilfe	Bemerkung
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	1.338.155	1.338.155	
<b>Restwert [€]:</b>			
<b>Beihilfe [€]:</b>	0	358.946	30 % Zuschuss auf 1.196.487,40 €
<b>Anschaffungskosten - Beihilfe [€]:</b>	1.338.155	979.209	
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10	10	
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	133.816	133.816	
<b>Energieeinsparung [€]:</b>	41.979	41.979	Strom, Dampf, Energie
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	15.000	15.000	
<b>Saldo Personal [€]:</b>	40.000	40.000	Mitarbeiter wird anders eingesetzt!
<b>Saldo Material [€]:</b>	93.334	93.334	Fehlflaschen, Flaschenbruch, Zellen
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	<b>167.269</b>	<b>167.269</b>	
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	47.409	47.409	Wasser, Abwasser, Lauge
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	-321.034	-321.034	
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>- 7,15</b>	<b>- 5,23</b>	

Tabelle 18: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts (mit rechnerischer Mitarbeiter einsparung)

<b>Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)</b>			
	Anlageninvestition ohne Beihilfe	Anlageninvestition mit Beihilfe	Bemerkung
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	1.338.155	1.338.155	
<b>Restwert [€]:</b>			
<b>Beihilfe [€]:</b>	0	358.946	30 % Zuschuss auf 1.196.487,40 €
<b>Anschaffungskosten - Beihilfe [€]:</b>	1.338.155	979.209	
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10	10	
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	133.816	133.816	
<b>Energieeinsparung [€]:</b>	41.979	41.979	Strom, Dampf, Energie
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	15.000	15.000	
<b>Saldo Personal [€]:</b>			
<b>Saldo Material [€]:</b>	93.334	93.334	Fehlflaschen, Flaschenbruch, Zellen
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	<b>167.269</b>	<b>167.269</b>	
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	47.409	47.409	Wasser, Abwasser, Lauge
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	-281.034	-281.034	
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>- 9,09</b>	<b>- 6,65</b>	

Tabelle 19: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts (ohne rechnerischer Mitarbeiter einsparung)

### **3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren**

Der Maschinenhersteller Gera kann als absolute Innovation neben den zwei verstellbaren pneumatischen Einschubfingern aufweisen, dass sein Prototyp einer kompakten Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen fast an die deutlich niedrigen Verbrauchswerte einer Flaschenwaschmaschine für Kronenkorken heranreicht.

Auch der Platzbedarf ist deutlich geringer als bei bisherigen Flaschenwaschmaschinen für Bügelverschlussflaschen. Damit ist die Maschine deutlich einfacher in eine bestehende Abfülllinie zu integrieren. Wesentlich mehr, bereits bekannte Energieeinsparmaßnahmen, können gleichzeitig realisiert werden, ohne den Platzbedarf zu steigern. Diese bügelfreundliche Arbeitsweise erreicht Gera durch Schiebefinger, die an zwei wesentlich verschiedenen Punkten der Umlenkungen angebracht sind. Dadurch werden die Flaschen durch pneumatisch angetriebene Stifte in den „Kippmomenten“ in der Hauptlauge und vor der Laugeschwallerung in der Zelle fixiert. Damit wird ein Umschlagen des Bügels verhindert. Dies kann einfach automatisiert und flexibel einstellbar für alle Flaschenformate (0,5 l und 0,33 l) durchgeführt werden.

Diese Maßnahmen sind nur dadurch möglich, dass Gera diesen Maschinentyp kompakter bauen kann und dies nicht zu Lasten von zusätzlichen „aufliegenden Bügeln“ und „anhaftenden Etiketten“ oder eines deutlich höheren Medien- und Energieverbrauches oder Platzbedarfes geht. Gerade bei mittelständischen Brauereien ist meistens der Platzbedarf begrenzt und steht für neue Gebäude oder Anbauten nicht ausreichend zur Verfügung.

## **4. Übertragbarkeit**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Einleitend gilt für die Planung zu sagen, wie wichtig ist es, während des Umbaus die Lieferfähigkeit der Brauerei aufrecht zu halten. Dies kann erstens intern durch den Aufbau größerer Lagerbestandsmengen erfolgen. Dabei ist jedoch sehr wichtig, den entsprechenden Kastenbestand an Leergut und ein nicht allzu großes Produkt Portfolio zu haben.

Zweitens besteht extern die kostenintensive Möglichkeit fremd abfüllen zu lassen. Insbesondere bei Bügelflaschen ist die Anzahl und die Entfernung an möglichen Abfüllmöglichkeiten stark eingeschränkt.

Drittens hilft am meisten die gemeinsame Optimierung der Umbauzeit mit dem Anlagenhersteller. Dabei ist es wichtig, alle Arbeitsprozesse so zu analysieren und zu planen, dass ein Großteil vor und nach dem eigentlichen Stillstand der Anlage erfolgen kann. Jegliche Form von Sicherheitspuffern muss kritisch in Frage gestellt werden. Es muss geprüft werden, welche Gewerke gleichzeitig ausgeführt werden können, ohne sich zu behindern. Eine kompakte einteilige Maschine, die vor Ort nicht noch zusammengesetzt werden muss bzw. der modulhafte Aufbau der Zusatzaggregate sind dabei sehr sinnvoll.

Ferner ist es enorm vorteilhaft, wenn die Maschine vorab schon einen kompletten Probelauf im Werk absolviert hat. In diese Planung muss vorab gerade von Seiten der Brauerei besonders viel Planungsarbeit gesteckt werden. Zeit, die im heutigen Arbeitsalltag nicht mehr vorhanden ist. So konnte erreicht werden, die Stillstandzeit von drei Wochen auf zwei Wochen zu verkürzen.

Von der Planung bis zur Installation der Anlagenkomponenten war es von entscheidender Bedeutung, dass die beteiligten Personen in sehr engem Kontakt standen und so schnell, sicher und effektiv die Dinge vorantreiben konnten. Die handelnden Personen agierten mit hoher

Kompetenz und haben sich ergebende Schwierigkeiten direkt vor Ort diskutiert und bestmöglich gelöst.

## 4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit

Zurzeit gibt es in Deutschland laut der Branchenübersicht von Dr. K. Kelch, veröffentlicht in der Zeitschrift Brauwelt 170 Brauereien<sup>7</sup> (bis zu 60.000 hl Jahresausstoß) in Deutschland, die die wirtschaftliche Möglichkeit hätten, Bier zukünftig in Bügelverschlussflaschen zu füllen bzw. abfüllen zu lassen.

Die Bügelflasche gewinnt zunehmend an Bedeutung in der Branche, um sich am Markt mit besonders hochwertigen Produkten abzusetzen. Grundsätzlich kann man die Branche wie folgt aufteilen: In Brauereien, die Ihre Produktion komplett auf Bügelflaschen umgestellt haben (Vollbügler) und Brauereien, die dies nur zum Teil getan haben (Teilbügler). Außerdem unterteilt man die Branche in Brauereien, die eigen- oder fremdabfüllen lassen. Gerade mittelständische Brauereien nutzen die Bügelverschlussflasche, um sich gegen die großen nationalen Biermarken behaupten zu können. Der praktische Nutzen der Wiederverschließbarkeit, der zusätzliche Imagegewinn der umweltfreundlichen Flasche und die Retrooptik der Bügelverschlussflasche sind dafür wesentliche Gründe.

Gerade mittelständische Brauereien, die bereits auf eine eigene Bügelabfüllung umgestellt haben, müssen ihre kostenintensive Abfüllung ständig weiter optimieren. Insbesondere die Bügeltauglichkeit der Flaschenwaschmaschine kann sich stark auf den Wirkungsgrad und damit auf die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage auswirken. Die Instandhaltungskosten durch den hohen Verschleiß, durch den sperrigen Bügel wirken sich zusätzlich negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens aus. Marktbegleiter, die eine solche Maschine direkt bei Erfolg des Projektes anwenden könnten, wären z.B. Bräustübl Darmstadt, Abfüllzentrum Rittmeier / Hallern-dorf, Brauerei Dithmarscher, Brauerei Pott, Saalfelder Brauhaus, Brauerei Altenburg oder Brauerei Göller.

Bisher wurden Flaschenwaschmaschinen für Bügelverschlussflaschen immer extrem groß gebaut, um die Kippmomente in Umlenkstrahlen möglichst klein zu halten. Diese großen Maschinen waren meist nur auf eine Flaschensorte ausgelegt. Dadurch sind die Platz- und Anschaffungswerte sehr hoch. Eine andere Möglichkeit war es bisher, auf möglichst viele Umlenkungen zu verzichten, jedoch immer auf Kosten des Wasser- und Energieverbrauches. Aufgrund des fehlenden Platzbedarfes wurde deshalb häufig noch zusätzlich auf Wärmerückgewinnungssysteme verzichtet, was den Wasser- und Energieverbrauch noch zusätzlich gesteigert hat.

Um die kompakte und energieeffiziente Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen bekannt zu machen, werden wir über die Anlage in Fachzeitschriften veröffentlichen. Zudem werden wir zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW das innovative Verfahren in deren Loseblattsammlung veröffentlichen.

---

<sup>7</sup> Brauwelt, Nr. 46-47 (2014), S. 1388f.

## 5. Zusammenfassung/Summary

### 5.1 Zusammenfassung

#### Einleitung

Die Moritz Fiege GmbH & Co. KG ist eine mittelständische Brauerei mit Sitz in Bochum. Die Tradition der Braukunst wird seit 1878 gepflegt.

#### Vorhabenumsetzung

Die Moritz Fiege GmbH & Co. KG realisierte eine kompakte und energieeffiziente Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen welche erstmalig großtechnisch umgesetzt wurde.

Die Innovation der Anlage besteht darin, dass zwei verstellbare pneumatische Einschubfinger pro Zelle ein Verklemmen der Bügelverschlüsse in der Waschkorbzelle in den Umlenkungen verhindern und das sowohl für Flaschenformate in 0,5 l und 0,33 l. Durch den Einsatz dieser Einschubfinger kann die Maschine deutlich kompakter gebaut werden und bietet damit den nötigen Platz für diverse Wärmerückgewinnungssysteme, die den Energieverbrauch beim Erwärmen der Flasche und beim Ausspülen und Abkühlen der Flasche deutlich senken.

#### Ergebnisse

Das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen und die geplanten Umwelteffekte wurden erreicht. Wir sind froh die Investitionsentscheidung getroffen zu haben und sind somit gerüstet für die Zukunft.

Die nachfolgende Tabelle 19 stellt die Umweltbilanz des Vorhabens dar. Mit Umsetzung des Vorhabens ist eine jährliche Einsparung von 169,9 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten verbunden.

		Altmaschine/Stand der Technik	Zielwert Innovation (Umwelteffekte)	Istwert Innovation (Umwelteffekte)	Erreichte Einsparung
1	Wasser in ml / Flasche	636	170	176	460
2	Wasser in m <sup>3</sup> /a	14.772	3.525	4.136	10.636
3	Abwasser in m <sup>3</sup> /a	14.772	3.525	4.136	10.636
4	Dampf in Wh/Flasche	22,96	11	12,4	10,56
5	Dampf in KWh/a	628.625	235.000	291.400	337.225
	Energie HW Verbrauch	1.036	0	0	1.036
6	Strom in Wh/a	6,37	1,8	1,79	4,58
7	Strom in KWh/a	147.805	42.300	42.065	105.740
8	Anhaftende Etiketten in %	1,5	0,3	0,1	1,4 %
9	Fehlflaschen in Stück	352.500	70.500	23.500	329.000
10	Aufliegender Bügel in %	0,5-10%= 3,1%	0,5	0,35	2,75
11	Fehlflaschen in Stück	822.500	115.500	82.250	740.250
12	Flaschenbruch in %	0,04	0,02	<0,02	0,02
13	Flaschenzellverbrauch in Stück	3.600	100	60	3540
14	Personal im Normalbetrieb	1	0,33	0,33	0,66

15	Laugeverschleppung in ml/Flasche	20	15	<15	5
16	Laugeverschleppung in m <sup>3</sup> /a	470	352,5	350	120

Tabelle 20: Umwelteffekte nach Umsetzung des innovativen Verfahrens

Zur Berechnung der Einspareffekte an CO<sub>2</sub>-Emissionen beziehen wir uns auf die Haupteffekte Dampf, Strom und Heißwasser. Die erzielten Einspareffekte an CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mit dem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 0,242 kg/kWh für Erdgas und 0,537 kg/KWh berechnet.

### **Ausblick**

Die erfolgreiche Projektdurchführung und die erzielten Ergebnisse des Projektes sollen eine Übertragbarkeit dieses Verfahrens auf Marktbegleiter in der Brauereibranche ermöglichen.

Um die innovative Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlussflaschen bekannt zu machen, werden wir das Vorhaben zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW in deren Loseblattsammlung veröffentlichen.

Das Vorhaben setzt neue Maßstäbe in der Material- und Energieeffizienz sowie im Qualitätsniveau und etabliert einen neuen Stand der Technik in der Branche.

## 5.2 Summary

### Introduction

Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG is a medium-sized family brewery based in Bochum. The tradition of the art of brewing has been cultivated since 1878.

### Project implementation

Privatbrauerei Moritz Fiege GmbH & Co. KG realised a compact and energy-efficient bottle washing machine for swing top bottles, which was for the first time implemented on a large scale.

The system's innovation is that two adjustable pneumatic insertion fingers per cell prevent the swing stoppers in the washing basket cell from jamming in the deflectors, both for 0.5 l and 0.33 l bottle formats. By using these insertion fingers, the machine can be build more compact and thus offers the necessary space for various heat recovery systems, which significantly reduce energy consumption when heating the water and while rinsing and cooling the bottles.

### Results

The project was successfully completed and the planned environmental effects were achieved. The Moritz Fiege brewery is happy to have made the investment and is thus well prepared for the future.

Table 19 below shows the environmental score of the project. The implementation of the project is associated with an annual saving of 169.9 t CO<sub>2</sub> equivalents.

		Old washing machine	Target value of innovation (environmental effects)	Status quo of innovation (environmental effects)	Savings achieved
1	Water in ml / bottle	636	170	176	460
2	Water in cbm / year	14,772	3,525	4,136	10,636
3	Waste water in cbm / year	14,772	3,525	4,136	10,636
4	Steam in Wh / bottle	22.96	11	12.4	10.56
5	Steam in kWh / year	628,625	235,000	291,400	337,225
	Energy consumption for hot water	1,036	0	0	1,036
6	Electricity in Wh / year	6.37	1.8	1.79	4.58
7	Electricity in kWh / year	147,805	42,300	42,065	105,740
8	Adhesive label residue in %	1.5	0.3	0.1	1.4 %
9	No. of faulty bottles	352,500	70,500	23,500	329,000
10	Closed flip tops in %	0.5-10%= 3.1%	0.5	0.35	2.75
11	No. of faulty bottles	822,500	115,500	82,250	740,250
12	Bottle breakage in %	0.04	0.02	<0.02	0.02
13	Bottle cell consumption in pieces	3,600	100	60	3540
14	Personnel demand in normal operation	1	0.33	0.33	0.67
15	Lye carry-over in ml / bottle	20	15	<15	5

16	Lye carry-over in cbm / year	470	352.5	350	120
----	---------------------------------	-----	-------	-----	-----

Table 21: Environmental effects after implementation of the innovation

The calculation of the annual savings of CO<sub>2</sub> emissions is based on the main effects, which are steam, electricity and hot water. The achieved savings in CO<sub>2</sub> emissions are calculated with the CO<sub>2</sub> equivalent of 0.242 kg/kWh for natural gas and 0.537 kg/kWh.

### **Outlook**

The successful implementation of the project and the achieved results of the project should enable a transferability of this procedure to market companions in the brewing industry.

In order to achieve publicity for this innovative bottle washing machine for swing top bottles, the project outline will be published in the "EFA-Loseblattsammlung" of the Effizienz-Agentur NRW.

The project sets new standards in material and energy efficiency as well as in quality level and establishes a new state of technology in the brewing industry.