

Potenziale voll ausschöpfen

KLIMANEUTRALE PRODUKTION | Mit intelligenten Lösungen und durchdachten Transformationskonzepten begleitet das Ingenieurbüro Bernd Lohse (IBBL) Brauereien und Getränkeproduzenten auf dem Weg zur Klimaneutralität. Ein solches Konzept, wie es die Experten für eine niedersächsische Brauerei ausgearbeitet haben, beinhaltet die Erstellung einer Treibhausgasbilanz, die Formulierung eines CO₂-Minderungsziels sowie die Planung der Maßnahmen, mit denen dies erreicht werden soll.

MIT DER ÄNDERUNG des Klimaschutzgesetzes hat die Bundesregierung die Klimaschutzvorgaben verschärft und das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Das stellt viele Brauereien vor Herausforderungen, die bisher auf Erdgas angewiesen sind, um ihre Produktionsprozesse mit Wärme zu versorgen. So auch eine mittelständische Brauerei aus Norddeutschland, die sich das Ziel gesetzt hat, die Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen. Auf dem Weg dorthin soll in einer ersten Stufe bis zum Jahr 2032 eine Minderung der Treibhausgase (THG) in Höhe von rund 2200 Tonnen Kohlendioxid jährlich angestrebt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Ingenieurbüro Bernd Lohse mit der Planung und Erstellung eines förderfähigen Transformationskonzeptes (BAFA Modul 5) für den Standort beauftragt.

Wo liegen die energetischen Schwachstellen? Welche Effizienzmaßnahmen rechnen sich wirklich? Die Energieberater aus Winsen (Luhe) untersuchten den gesamten Betrieb, Technologien, Anlagen, Abläufe und Nutzerverhalten. Anschließend wurden die energiebezogenen Daten ausgewertet, die Wirtschaftlichkeit verschiedener Maßnahmen berechnet – und schließlich ein Ablaufplan für die Umsetzung und passende Förderungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Dreh- und Angelpunkt des Konzepts für die Brauerei bildet ein von den IBBL-Experten ausgearbeiteter Maßnahmenkatalog, der ausgehend vom Ist-Zustand sieben Einzelmaßnahmen beinhaltet (vgl. Abb. 1). Diese umfassen Änderungen zur Vermeidung von Abwärme, Steigerungen von Effizienzen, Umbauen von Anlagen sowie die Einrichtung von Energiespeichern zur Verfügbarmachung von Abwärme. Außerdem wurden neue Medienerzeugungsanlagen (CIP-Systeme) und die Erzeugung erneuerbarer Energie (Photovoltaikanlage mit einer Peak-Leistung von 720 Kilowatt) zur Reduktion der THG-Emissionen angesetzt.

› Ausgangspunkt der Dekarbonisierung: Die Ist-Analyse

Schon bisher ist es der Brauerei gelungen, massive Rückgänge beim CO₂-Ausstoß zu erzielen: So wurde eine Anlage installiert,

die aus den Abwässern Biogas gewinnt. Die Umwandlung in elektrische und thermische Energie erfolgt CO₂-neutral im betriebseigenen Blockheizkraftwerk. Die Containeranlage ist für den dezentralen Einsatz konzipiert und lässt sich flexibel an die betrieblichen Gegebenheiten anpassen beziehungsweise modular erweitern. Der primäre Abwärmestrom wird in einer Absorptionskältemaschine verwendet und unterstützt die Kälteanlage der Brauerei. Ein Sekundärwärmestrom lässt sich an kalten Tagen zur Beheizung eines nahegelegenen Hallenbereiches verwenden. Da sich die Anlage zum Zeitpunkt der Ist-Analyse im Jahr 2021 noch in der Optimierungsphase befand, wurden dem Transformationskonzept die Planungsdaten zugrunde gelegt.

Drei rund 20 Jahre alte Dampfkessel übernehmen gegenwärtig die Wärmebereitstellung, ein Kessel mit einer Leistung von zehn Tonnen pro Stunde und zwei Kessel mit jeweils vier Tonnen pro Stunde. Die Dampfkessel, von denen in der Regel zwei in Betrieb sind, haben eine Anschlussleistung von insgesamt 13 Megawatt(th). Sie stellen die Hauptwärmelieferanten dar und decken alle Heizvorgänge im Betrieb ab. Laut Lastganganalyse des Hauptanschlusses betrug der Peakbedarf im Jahr 2021 rund acht Megawatt(th). Während der Ist-Analyse lag die Brauerei mit einer jährlichen Produktionsmenge von rund 600.000 Hektolitern unter ihren möglichen Kapazitäten. Das Produktportfolio umfasst neben Bier auch Mischgetränke und alkoholfreie Getränke. Teile der Anlagen liefen aus betrieblichen oder technischen Gründen nicht im Dauerbetrieb, woraus sich Bereitstellungsverluste ergeben. Zu den Ursachen zählt unter anderem: das Heißen aller Dampfleitungen über 8760 Betriebsstunden, damit es nicht zu Dampfschlägen kommt. Als weiterer Verbraucher neben der Entalkoholisierungsanlage ist nur die Würzpfanne im Sudhaus auf Tempera-

Autorin: Mareike Bähnisch, freie Fachjournalistin für Prozesstechnik, Marl

© 2024 Fachverlag Hans Carl GmbH
Alle Rechte vorbehalten

Kopieren, Vervielfältigung und Verbreitung
nur mit Genehmigung des Verlages.

		Emissionen 2021 (inkl. Kraftstoffe und Kältemittel)	Optimierung durch Konzept	Einsparung	
		5.477 t(CO2)	-2.253 t(CO2)	-41,1%	
Nr.	Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme / Verbesserung	Effekt	effektive CO ₂ -Einsparung	Reduktion in % des Ausstoßes 2021
1	Biogasanlage	Errichtung einer Biogasanlage im Abwasserstrom und Verwertung des Gases mittels BHKW und AKM	Reduktion der Netzstrombedarfe allgemein und für Kälteerzeugung	-622,0 t(CO2)	-11,4%
2	PV	Errichtung von Photovoltaik auf diversen Dachflächen. Hier: 720 kWp	Reduktion der Netzstrombedarfe	-261,0 t(CO2)	-4,8%
3	Kalt anschwänzen	Ersatz von 1/4 des Nachgusses durch Kaltwasser	Verringerung Verbrauch Warmwasser; Kühlung Treber vor Versand	-112,3 t(CO2)	-2,1%
4	Effizienzsteigerung Druckluft	Wochenendabsenkung, Reduktion Druckluftleckagen	Verringerung Druckluftbedarf	-60,9 t(CO2)	-1,1%
5	Neugestaltung Sudhaus CIP	Rückstapelung von CIP-Medium und Spülwasser; zgl. Isolierung	Einsparung Wärme und Wasser	-70,0 t(CO2)	-1,3%
6	Umstellung Dampfversorgung KEG	Umstellung von (fossilem) Dampfbetrieb auf elektrische Schnelldampferzeugung	Vermeidung von Standby- und Wegeverlusten, Vermeidung von fossil erzeugtem Dampf	-18,4 t(CO2)	-0,3%
7	Wärmeconcept	siehe Übersicht Wärmeconcept	Einsparung von fossiler Wärme, Ersatz durch Strom (Wärmepumpe)	-1.108,0 t(CO2)	-20,2%

Abb. 1 Maßnahmen gemäß Transformationskonzept (inklusive der jeweiligen Reduktion der THG-Emissionen)

turen über 100 Grad Celsius angewiesen – und damit auf Dampf. Der Maischbottich verwendet (derzeit) ebenfalls Dampf, wird aber klassisch bei Temperaturen unterhalb von 80 Grad Celsius betrieben.

Darüber hinaus erfüllt das Cleaning-in-Place (CIP) im Sudhaus nicht die Anforderungen an ein modernes Reinigungssystem. Es umfasst lediglich zwei Stapeltanks für Medien oder Nachspülwasser. Die Folge: Das Reinigungsmedium wird für jedes CIP-Objekt gesondert hergestellt, aufgeheizt und nach dem Reinigungsvorgang verworfen. Bei zwölf CIP-Objekten und rund 48 Reinigungen ergab sich durch die Entsorgung der 70 Grad Celsius warmen Lauge sowohl ein hoher Wasserverbrauch als auch ein hoher Wärmeverlust.

➤ Nachhaltig dank intelligenter Abwärmenutzung

Für die Brauerei stellte sich vor allem die Frage, wie die Prozesswärme klimaneutral gestellt werden kann. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich deshalb schwerpunktmäßig auf das Wärmeconcept, das als eine der Maßnahmen des Transformationskonzepts ausgearbeitet wurde. Ziel ist die Reduktion fossiler Wärme durch den Einsatz erneuerbarer Wärme mittels Wärmepumpe unter Nutzung der betriebseigenen Abwärme. Teile der verbliebenen Abwärme sollen dafür in klassische Zweischichtenspeicher untergebracht und für andere Prozesse nutzbar gemacht werden. Als Wärmeträger kommt Wasser zum Einsatz.

Das Wärmeconcept umfasst diverse Einzeloptimierungen wie beispielsweise die

Isolierung von Läuterbottich, Verrohrung und Läuterwürzeerhitzer (LWH). Hintergrund: Messungen haben gezeigt, dass sich die Läuterwürze derzeit durch das bestehende Energierückgewinnungssystem – Pfannendunstkondensator (PfaDuKo), Speicher und LWH – um acht Kelvin aufheizen lässt. Nach Isolierung des Läuterwürzebereichs erschließt sich ein Potenzial für weitere 11,1 Kelvin. Die Wärme zur Aufheizung der Läuterwürze soll künftig über eine Kombination aus Energiespeicher (88 °C/68 °C) und Wärmepumpe (LWH Booster, COP = 4,4) generiert werden. Nach Umsetzung der Optimierungen lässt sich die Eintrittstemperatur in die Würzepfanne auf oberhalb 96 Grad Celsius erhöhen und damit rund 579 Megawattstunden fossilen Dampf einsparen. Weiterer Vorteil: Verkürzung des Aufheiz-

vorganges und damit der Belegungszeit der Würzepfanne.

Im Rahmen des Wärmeconzepts soll die Temperatur des Heißwassersystems der Brauerei von 85 Grad Celsius auf 80 Grad Celsius reduziert werden, wodurch sich auch Vorteile in Bezug auf Konvektions- und Abstrahlungsverluste ergeben. Die Bereitstellung der Wärme des Heißwassersystems erfolgt über den Wärmespeicher (85 °C/65 °C), dessen Quellen die betriebseigene Abwärme und Wärmepumpen sind. Eine Beheizung mittels fossilem Dampf entfällt damit vollständig. Bei der Umstellung des Wasserhauses sollte die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik auf den neuesten Stand gebracht werden, um einen umfassenden Überblick über die ein- und ausgehenden Wasser- und Energieströme zu ermöglichen.

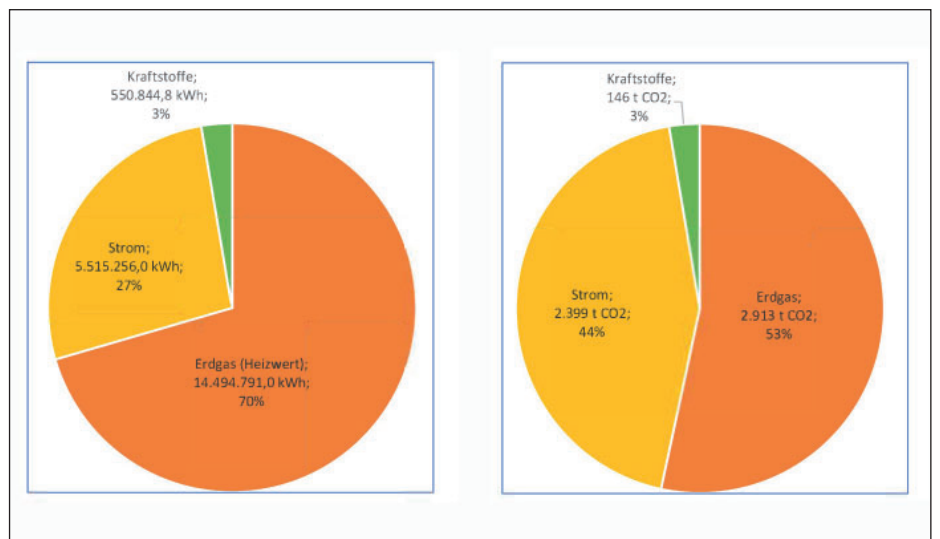


Abb. 2 Verteilung der Verbräuche auf die Energieträger – vor der Optimierung (li.); Verteilung der THG-Emissionen auf die Energieträger – vor der Optimierung (re.)

© 2024 Fachverlag Hans Carl GmbH
Alle Rechte vorbehalten

Kopieren, Vervielfältigung und Verbreitung nur mit Genehmigung des Verlages.

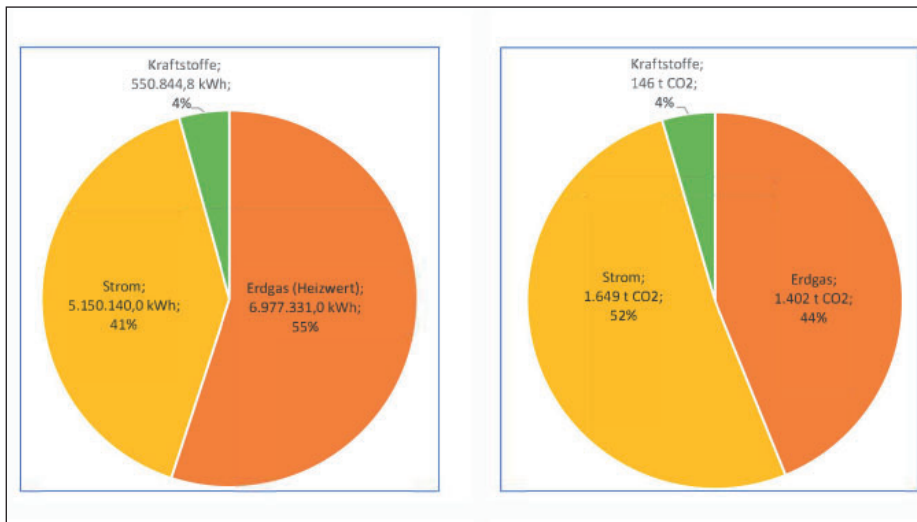


Abb. 3 Verteilung der Verbräuche auf die Energieträger – nach der Optimierung (li.); Verteilung der THG-Emissionen auf die Energieträger – nach der Optimierung (re.)

› Reinigung und Kurzzeiterhitzung neu gedacht

Darüber hinaus gilt es mehrere Systeme, darunter die vier Anlagen zum Aufheizen der CIP-Medien und zwei Flaschenwaschmaschinen (WaMa), auf Heißwasser umzustellen. Derzeit werden diese noch mit Kaltwasser versorgt, welches mittels Dampf aufgeheizt wird. Neben dem Nachfüllen der heißen Reinigungsmedien mit Heißwasser sollen auch die Nachheizvorgänge ohne fossilen Dampf ausgestaltet werden. Der Wärmespeicher (85 °C/65 °C) dient hierbei als heißer Vorlauf für die Reinigungsmedien. Da beim Aufheizen der Lauge nicht garantiert werden kann, dass der Rücklauf auf dem gewünschten Temperaturniveau erfolgt, wird der Heizkreis durch eine weitere Wärmepumpe (COP = 5,6) getrennt und die Temperaturen voneinander entkoppelt. Neben dem Nachfüllen der heißen Becken der Flaschenwaschmaschinen mit Heißwasser soll auch die Nachheizung umgestellt werden. Beide Waschmaschinen werden im Rahmen des Wärmekonzepts an den großen Wärmespeicher (85 °C/65 °C) angebunden und benötigen anschließend keinen fossil erzeugten Dampf mehr.

Derzeit erfolgt die Aufheizung bei der Produktion von Sauergut mittels ohmscher Erhitzung direkt mit Strom. Es wurde berechnet, dass hierfür etwa 27 Megawattstunden(el) an Wärmeleistung benötigt werden. Eine Umstellung auf die Beheizung mit Heizwasser scheint aus ökonomischen Gründen derzeit nicht sinnvoll.

Für künftige Umbauten oder Neubauten sollte die Anbindung an den Wärmespeicher (85 °C/65 °C) jedoch in Betracht gezogen werden.

Zudem existieren derzeit vier Systeme für die Kurzzeiterhitzung (KZE) in der Brauerei, wovon eine im Rahmen der Maßnahmen stillgelegt werden soll. Der Bedarf wird auf die verbliebenen drei Anlagen an den drei Abfüllorten verlagert. Die KZE übernimmt ebenfalls bei Bedarf die Erwärmung der Biere vor der Abfüllung. Die im Konzept angesetzten Verbräuche entsprechen dem Bedarf, um die gesamte abgefüllte Biermenge um zwölf Kelvin zu erwärmen. Die Beheizung der drei KZE-Anlagen übernimmt künftig der Wärmespeicher (85 °C/65 °C), womit auch in der Kurzzeiterhitzung die Verwendung von fossil erzeugtem Dampf vollständig entfällt. Aufgrund der Produkttemperaturen (unter 65 °C) ist der Betrieb mit dem Wärmespeicher ohne Entkopplung möglich.

› Wärme auf Vorrat dank Zweischichtenspeicher

Die gut isolierten Tanks der beiden Zweischichtenspeicher werden mit einem oberen und einem unteren Temperaturniveau ausgeführt. Der kleinere Speicher (mit einem Nettovolumen von 24 Kubikmetern) umfasst die Temperaturen 50 Grad Celsius und 30 Grad Celsius. Der größere Speicher (mit einem Nettovolumen von 172 Kubikmetern) umfasst die Temperaturen 85 Grad Celsius und 65 Grad Celsius. Das obere Temperaturpaar wird auf 85 Grad

Celsius limitiert, um einerseits den Rücklauf der Abwärmequellen (Druckluft- und Kälteanlage) abbilden zu können und andererseits die Effizienz der Wärmepumpe zu optimieren. Aus technischer Sicht ist eine Erhöhung der Temperatur bis 95 Grad Celsius denkbar. Das untere Niveau wurde auf 65 Grad Celsius festgelegt, da dieser Wert als Mischtemperatur der Rückläufe zu erwarten ist.

Der große Speicher dient damit vor allem zur Sammlung von Abwärme und der Flexibilisierung der Wärmepumpe zum Nachheizen, die mit 1,5 Megawatt(th) so ausgelegt ist, dass unter Berücksichtigung des Speichervolumens alle Prozesse abgedeckt werden können. Die Betriebszeit der Wärmepumpe liegt bei 100-prozentiger Auslastung bei etwa zwölf Stunden pro Tag und bietet damit Spielraum zur untätigen Flexibilisierung. Der kleinere Speicher (50°C/30°C) dient im Sommer vor allem der Bereitstellung der Wärme zur Nachheizung des großen Wärmespeichers und im Winter zur Beheizung der Gebäude. Es wird davon ausgegangen, dass die Druckluftanlagen und die Kälteanlage immer dann in Betrieb sind, wenn auch die Abnahmen aus dem großen Speicher (85°C/65°C) erfolgen.

› Pufferspeicher und Wärmepumpe in Kombination

Nach den Berechnungen des IBBL ist davon auszugehen, dass die Druckluftanlagen und die Kälteanlage immer in Betrieb sind, wenn auch die Abnahmen aus dem großen Tank erfolgen. Für die Winterwochenenden, an welchen die Druckluftanlage und die Kälteanlage nicht genügend Wärme für die Gebäudebeheizung liefern, muss eine Nachheizmöglichkeit vorgesehen werden – denn während sich der kleinere Speicher ausschließlich über die Abwärme versorgen lässt, muss der größere Speicher (85°C/65°C) zusätzlich über eine Wärmepumpe versorgt werden. Diese bedient sich einerseits dem kleinen Speicher und andererseits dem Abwasser, welches auch im Winter durchschnittlich 25 Grad Celsius warm ist.

Die Leistungszahlen der drei Wärmepumpen (Nachheizen des großen Wärmespeichers, CIP und LWH Booster) wurden anhand des idealen Carnot-Kreisprozesses bestimmt und dabei ein Gütegrad von 60 Prozent zugrunde gelegt. Es wurde an-

genommen, dass die Verdampfungs- und die Kondensationstemperaturen der Wärmepumpen jeweils zehn Kelvin von den oberen und unteren Ziel-Temperaturen liegen. Das bedeutet für die Nachheizung des großen Wärmespeichers, dass die Kondensationstemperatur des Kältemittels bei 95 Grad Celsius liegen muss, um den Wärmeübergang zu gewährleisten. Für die Ermittlung der möglichen Wärmemenge aus dem Abwasser wurde eine Abkühlung von zehn Kelvin angesetzt. Unter dieser Annahme können dem Abwasser auch nach Verlustoptimierung rund zwei Gigawattstunden an Wärme entnommen werden. Der Bedarf liegt laut Wärmekonzept bei etwa 1,5 Gigawattstunden.

› Fazit und Ausblick auf 2045

Mit seinem Transformationskonzept konnte das Ingenieurbüro Bernd Lohse zeigen, wie sich in der Brauerei große Effizienzpotenziale und CO₂-Einsparungen auf systematische und umfassende Art erschließen lassen. Durch die Maßnahmen ist eine jährliche Einsparung von 2261 Tonnen Kohlendioxid (minus 41 % bezogen auf das Basisjahr 2021) realisierbar, womit das Zwischenziel – 2183 eingesparte Tonnen CO₂ bis 2032 – erreicht wird. Um das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 zu erreichen, muss die Nutzung fossiler Energieträger in der Brauerei vollständig eingestellt werden. Neben der Erdgasversorgung betrifft dies auch die Mobilität. Beide Bereiche sind nach heutigem Stand der Technik elektrisch abbildbar.

Auch die Einrichtung eines Wärmenetzes für die gesamte Brauerei sollte langfristig umsetzbar sein. Eine Erweiterung des Wärmekonzepts um eine Temperaturstufe oberhalb 100 Grad Celsius bedarf jedoch vorausgehender Umbaumaßnahmen im Sudhaus. Eine Umstellung der Würzpfanne von bisher Dampf auf Heizwasser bietet ein großes Einsparpotenzial. Zudem sinken die Bereitstellungsverluste des Dampfsystems durch Heißhaltung der Netze zur Vermeidung von Druckschlägen. Zusätzlich beinhaltet das Transformationskonzept weitere, nicht bewertbare Möglichkeiten, um zusätzliche Einsparungen auf dem Weg zur Klimaneutralität realisieren zu können. Grundsätzlich lässt sich auf lange Sicht auch das vorhandene Biogas-Blockheizkraftwerk in das Wärmekonzept einbinden. ■