

Die Bierbatterie – Halbierung des Netzstrombezugs

STROMERSPARNISSE | Einen großen Posten in Bezug auf die Betriebskosten stellt in Brauereien die Kältetechnik dar. Sie ist gleichzeitig der größte Hebel zur Energie- und Ressourceneinsparung und dennoch nicht der einzige Faktor beim Stromverbrauch, denn das Gesamtsystem innerhalb einer Brauerei ist ausschlaggebend. Im Folgenden berichten die Kältetechnikfirma Trane Roggenkamp und die 1. Dampfbierbrauerei Zwiesel von ihren Erfahrungen, wie sie hohe Stromersparnisse im Brauereibetrieb erzielen konnten.

SINNVOLLE ERGÄNZUNGEN zur Kosteneinsparung stellen regenerative Energien wie Photovoltaik zur Stromerzeugung dar. Sie sind sowohl für Privatpersonen als auch für Unternehmen ein lebendiges Diskussionsthema, um die Welt nachhaltiger zu gestalten und vor allem auch um Kosten zu sparen. So stellt sich auch bei bestehenden Photovoltaikanlagen, bei denen die Verträge auslaufen oder bereits ausgelaufen sind, häufig die berechtigte Frage, wie der beste Weg für die Zukunft gestaltet werden kann. Denn für eine optimale Wirtschaftlichkeit von Neu- und Bestandsanlagen stellt die bisherige Möglichkeit der

Energiespeicherung in Überschusszeiten eine große Hürde dar, da es sich aufgrund der geringen Einspeisevergütungen nicht lohnt, die überschüssige Energie dem öffentlichen Markt zur Verfügung zu stellen.

Kälteanlagenbauermeister und Brauerei-Experte Tobias Schlögl der Firma Trane Roggenkamp ist dennoch der Meinung, dass sich Photovoltaik speziell für Brauereien sogar als ideale Lösung zeigt, da sich die Stromausbeute über das Jahr gesehen parallel zum Bierausstoß verhält. Das vorlie-

gende Praxisbeispiel der 1. Dampfbierbrauerei in Zwiesel stellt von der Entstehung bis zu den Ergebnissen dar, wie mit dem Budget einer kleinen mittelständischen Brauerei eine wirtschaftliche Lösung realisiert werden konnte.

Die Ausgangssituation

Inhaber und Senior Chef der 1. Dampfbierbrauerei Zwiesel Dr. Dieter Pfeffer erzählt, dass die Lagerkellerkühlung in seiner Brauerei seit 1965 mittels einer Linde NH₃-Direktverdampfungs-Kälteanlage und einem Verdunstungskondensator umgesetzt wurde. Die Füllmenge betrug 300 kg NH₃, welches über unisolierte Stahlrohre in die Lagerkeller geführt wurde. Diese waren bereits entsprechend stark oxidiert, wodurch es zu häufigen Problemen mit der Zulassungsbehörde kam.

Da noch keine Regelung oder automatische Abtauung der Verdampfer vorhanden war, musste die Kälteanlage über einen Handschalter ein- und ausgeschaltet werden. Durch tropfendes Kondenswasser, tauendes Eis und mangelnde Kälteleistung waren die Keller immer nass und dadurch



Autor: Tobias Schlögl, Trane Klima- und Kältetechnisches Büro GmbH, Krailling



Abb. 1 Die neue Kältezentrale im ehemaligen Eiskeller (2018)

nur schwer und mit großem Aufwand in einwandfreiem Zustand zu halten. Die Situation in den Lagerkellern sorgte letztendlich für einen erhöhten Energieaufwand und Probleme bei der Temperierung. Für die Bierlagerung waren diese Bedingungen somit alles andere als ideal, vor allem im Sommer.

Die Vorbereitung und Umsetzung

Eine vorab durchgeführte energetische Beratung der Firma „FS industrielle Energieberatung“ hatte 2017 ein Einsparpotenzial von ca. 35,2 MWh/a ergeben. „Die Entscheidung für eine neue automatische Kälteanlage war also aus technologischer, technischer, sicherheitsrelevanter und finanzieller Sicht zwingend erforderlich. Vor den Investitionskosten für die Sanierung hatten wir allerdings Respekt“, erinnert sich Dr. Dieter Pfeffer.

In der darauffolgenden Vor-Ort-Analyse durch die Firma Trane Roggenkamp in der Brauerei wurde das Einsparpotenzial ebenfalls entsprechend hoch bewertet. „Das alternative Kälteanlagenkonzept ohne Kolbenverdichter und Ammoniak war zwar zu Beginn ungewöhnlich, jedoch hat das Gesamtsystem von Trane Roggenkamp schließlich überzeugt. Es war zudem mit unserem verfügbaren Budget möglich, das Gesamtkonzept inklusive einer vollautomatischen Steuerung zu realisieren, die alle Bereiche und Kühlstellen der gesamten Brauereikühlung umfasste.“, erzählt Dr. Dieter Pfeffer weiter.

Der Einbau der neuen Brauereikühlung begann im April 2018 an einem neuen Standort in einem bisher ungenutzten Raum der Brauerei (Abb. 1). Dadurch konnte die alte Kühlung weiterlaufen, sodass bei der Umstellung nur eine kurze Zeit ohne Kühlung überbrückt werden musste. Das neue System läuft seit Beginn vollautomatisch und ohne Ausfall. Die Automatisierung der Anlage kann über die webbrowsersbasierte Visualisierung theoretisch von überall und zu jedem Zeitpunkt eingesehen und parametrisiert werden. Anpassungen in der Regelung wurden im weiteren Verlauf per Fernwartung und größere Änderungen und Kontrollen vor Ort durchgeführt. Folgende Verbesserungen konnten durch diese Erneuerung verzeichnet werden:

- Vollautomatisierung des Kühlungsbetriebs;
- Trocknung der Lagerkellerräume;
- keine Vereisung der Kühler;

Faktencheck

- Der Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen Bruttostromverbrauch in Deutschland beträgt 2020 45,4 Prozent. Hiervon haben Windenergie (23,6%) und Solarenergie (9,1%) die größten Anteile an der erneuerbaren Stromerzeugung (Quelle: erneuerbare-energien.de);
- Der Bezugspreis von Strom zwischen 2008 und 2020 ist bei Privathaushalten um 40 Prozent (von 21,48 Ct/kWh auf 30,06 Ct/kWh) und bei Industriebetrieben sogar um 60 Prozent (von 9,59 Ct/kWh auf 15,34 Ct/kWh) gestiegen (Quelle: destatis.de);
- Lithium-Ionen-Akku Systeme kosten ca. 850/kWh (Erfahrungswerte);
- Die Einspeisevergütung liegt 2021 bei neu errichteten Anlagen bei 5,6–7,36 Ct/kWh (Quelle: solaranlagen-portal.com, Stand: September 2021).



Abb. 2 Die Verflüssiger der neuen Kälteanlage (2018)

- schnelle und exakte Kühlung der Gärbottiche und Entlastung des (eigentlich) zu kleinen Eiswasserbeckens;
- gesunkener Strombedarf des Kältesystems um über 30 MWh/a, trotz tieferer und konstanterer Kellertemperaturen.

Die Neuanlage

Um dem Budget der Brauerei zu entsprechen, wurde, wie Tobias Schlögl berichtet, eine kostenoptimierte Serienkältemaschine verwendet, welche mit vier Leistungsstufen und zwei unabhängigen Kältekreisläufen mit Scrollverdichtern betrieben wird.

Großzügig dimensionierte, trockene Verflüssiger führen die Abwärme leise und effizient an die Umgebung ab (Abb. 2). Dadurch, dass hierbei keine Besprühung bzw. Berieselung nötig ist, unterliegen die Verflüssiger nicht der 4.2. BImSchV (Bundesim-

missionsschutzverordnung). Die Kondensationstemperaturen sind hierbei zwischen 25 °C und theoretisch sogar 67 °C möglich, womit eine Hochdruckstörung quasi ausgeschlossen ist.

Bei der Projektierung und Komponentenauswahl wurde auf einen niedrigen Hilfsenergiebedarf durch hocheffiziente, drehzahlgeregelte Pumpen und größere Luftkühler, sowie ausreichend große Rohrleitungsdimensionen geachtet, was sich ebenfalls stark auf die Gesamteffizienz auswirkt. Auch der Gärkeller wurde mit dem neuen System verbunden, sodass nur noch die zweistufige Würzekühlung am Eiswasserbecken angeschlossen war.

Insgesamt entstand hierdurch eine merkliche Verbesserung des Gesamtsystems, was sich durch homogenere sowie tiefere Kühlung des Gär- und Lagerkellers

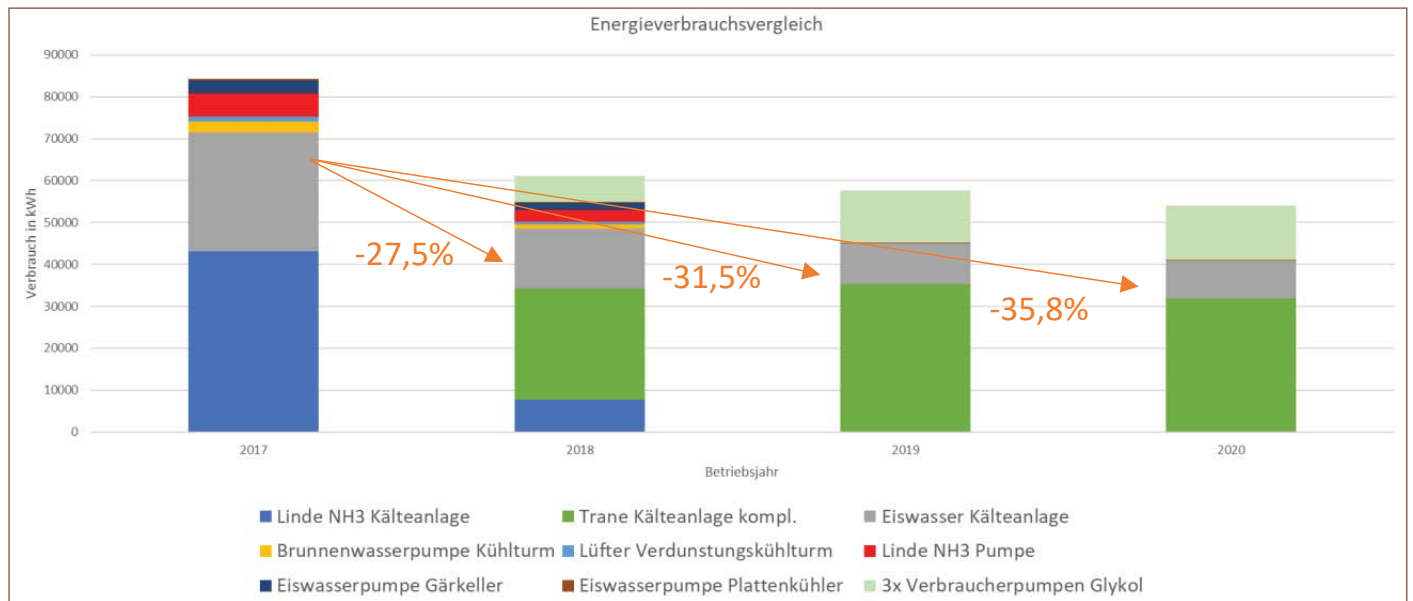


Abb. 3 Der Energieverbrauch von 2017–2020

zeigt. Der Stromverbrauch sank deutlich und wird seit Umbau fortlaufend analysiert. Dadurch wird die folgende Bewertung möglich.

Die Auswertung

Der Energieverbrauch der Brauerei ohne die Kälteanlagen hat zwischen 2017 und 2020 konstant bei 127 MWh/a gelegen. Hinzu kam der Verbrauch der alten Kältemaschine im Jahr 2017 mit 84,2 MWh/a. Die Entwicklung des Energieverbrauchs für die Kühlung ist in der Abbildung 3 genauer dargestellt.

Der Bierausstoß der Brauerei war seit 2017 konstant. Auch im Jahr 2020 konnte dieser durch erhöhtem Flaschenbieranteil gehalten werden. Der Strombedarf ist aber wie prognostiziert gesunken, obwohl durch

die neue Kälteversorgung dauerhaft eine deutlich höhere Kühlleistung abgerufen wurde. Im nun kommenden Jahr 2022, will Dr. Dieter Pfeffer auch die Würzekühlung durch einen Glykol-Eisspeicher an die neue Kälteanlage anschließen, wodurch er eine weitere Energiekostenreduktion erwartet.

Trotz der benannten Einsparungen war der Gesamtenergiebezug vom Netz hoch. Hieraus resultieren hohe Stromkosten und ein schlechter CO₂-Fußabdruck. Zudem führten Leistungspeaks zu sehr hohen Bereitstellungskosten vom Energieanbieter.

Eigenstromerzeugung

„Wir waren uns einig, dass wir dieser Problematik nur durch die Verwendung von eigenerzeugtem und -verbrauchtem Solarstrom durch eine Photovoltaikanlage ent-

gegenwirken können.“, berichtet Dr. Dieter Pfeffer.

Von den Einsparmöglichkeiten geleitet wurde ein Konzept entwickelt, das die Erzeugung eines gewissen Anteils des Strombedarfs ermöglichte. Da das Hauptgebäude der Brauerei über sehr große eigene Dachflächen verfügt, wurde beschlossen, eine Photovoltaikanlage mit 84 kWp zu installieren, welche im Juni 2020 in Betrieb genommen wurde (Abb. 4).

Alleine durch die Eigenstromerzeugung und -nutzung der Photovoltaikanlage (PV-Anlage) konnte der Netzbezug der Brauerei um weitere 60 MWh/a reduziert werden. Dennoch fand eine Netzeinspeisung von etwa 15–20 MWh/a statt.

Aufgrund der kontinuierlich sinkenden Einspeisevergütung, sowie der zu begleichenen EEG-Umlage, sollte laut Tobias Schlögl vor allem in Brauereien eine alternative Energiespeicherung in Betracht gezogen werden.

Daher stand im Zuge der Optimierung des neuen Kältesystems eine Maximierung der Eigenstromnutzung im Fokus. Mit dem bestehenden Trane Roggenkamp Equipment wurde 2021 eine PV-Überschussregelung umgesetzt bzw. die bestehende Logik erweitert. Somit ist tagsüber eine Leistungssteigerung der Kältemaschine ohne zusätzlichen Strom aus dem Netz möglich. Überschüsse der PV-Anlage werden über die leistungsgeregelte Kältemaschine abgeleitet und die Lagerkeller dienen hierbei als thermische Batterie – die Bierbatterie. Umgesetzt wurde dies in Form eines gleiten-



Abb. 4 Die neue Photovoltaikanlage (2020)

den Sollwertes der Lager- raum- sowie Glykoltempe- ratur im System, welches beides in Abhängigkeit zur Überschussdetektion dy- namisch geführt wird. Bei Stromüberschuss läuft die an Werktagen gesperrte Kühlung der Lagerkeller an und speichert die über- schüssig erzeugte PV-Ener- gie in Form von Kälte in den vorhandenen Lagertanks ein. Die Lagerkeller werden dadurch etwas unterkühlt (bis $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ Lufttemperatur). Im Beispiel der Dampfbier- brauerei können bei vol- lem Lagervolumen (3000 hl) 340 kWh thermisch gespeichert werden, wenn das Bier selbst um $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiefer abgekühlt wird.

In der Abbildung 5 kann man sehen, wie die Kältemaschine die PV-Überschüsse bis zu ihrer Leistungsgrenze abfährt. Steigt die Sonneneinstrahlung, steigt auch dynamisch die Leistung der Kälteanlage und somit die Stromaufnahme. Die Beschattung der PV-Anlage, welche um die Mittagszeit stattfand, glich die Anlage einwandfrei aus.

Durch die Überschussregelung sinken die Raumlufttemperaturen – je nach Solar- strahlung – für etwa 5–6 Stunden auf bis zu $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Raum ab und stiegen im Lau- fe der Nacht wieder auf die Solltemperatur an, beobachtete Dr. Dieter Pfeffer. Meist ist damit nachts keine weitere Kühlung not- wendig. Der Vergleich von Messungen der Biertemperaturen an einem Referenztag (27.–28.03.2021) zwischen 9:00 und 16:00 Uhr zeigt einen Unterschied von we- niger als $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Unter Betrachtung der Energieeinspa- rung von 32,8 MWh/a, einer Eigenstrom- nutzung durch die PV-Anlage von etwa 60

MW/a und der erweiterten Eigenstromnut- zung anhand der Überschussregelung von 15 MW/a hat sich der Strombezug vom Netz von 211 583 kWh/a auf 103 783 kWh/a reduziert. Als Resultat ergibt sich für die Dampfbierbrauerei eine Halbierung des Ge- samtstrombezuges vom Netz.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Vergleicht man den Stromverbrauch der Kältemaschinen des Jahres 2017 mit 2020, so ist zu erkennen, dass eine Einsparung von 35,8 Prozent durch die Optimierung realisiert werden konnte obwohl das neue System dauerhaft ein Drittel mehr Leistung erbringt. Auf das gesamte System bezogen ist eine Gesamteinsparung bzw. -entlastung von 28 000 EUR im Jahr an Betriebskosten für eine Brauerei dieser Größe hervor- ragend. Die Amortisation der Eigenstromer- zeugung wurde mit neun Jahren angesetzt, wird aber durch die PV-Überschussrege- lung sicherlich sehr viel früher erfolgen.

Fazit

Neben dem niedrigeren Stromverbrauch stellt die deutlich verbesserte Konstanz der Kühlung einen mindestens genauso wich- tigen Vorteil der neuen Anlage dar. Diese spiegelt sich nämlich in der Verfeinerung und Kontinuität der Produktqualität der Brauerei wider.

Die steigende Attraktivität von lokalen Bieren in der Bevölkerung bringt zudem neue Herausforderungen für jede Brauerei mit sich. Eine zukunftsorientierte und um- weltfokussierte Technik spielt hierbei eine wesentliche Rolle und wirkt sich bei der All- gemeinheit heutzutage äußerst positiv auf das Brauerei-Image aus.

Tobias Schlögl ist überzeugt, dass gly- kolbasierende, indirekte Kühlsysteme mit geringen Kältemittelmengen die Zukunft sind. Er rät dazu auf die Hilfsenergiebedürf- nisse zu achten und festgefahrene Prozesse zu hinterfragen. ■

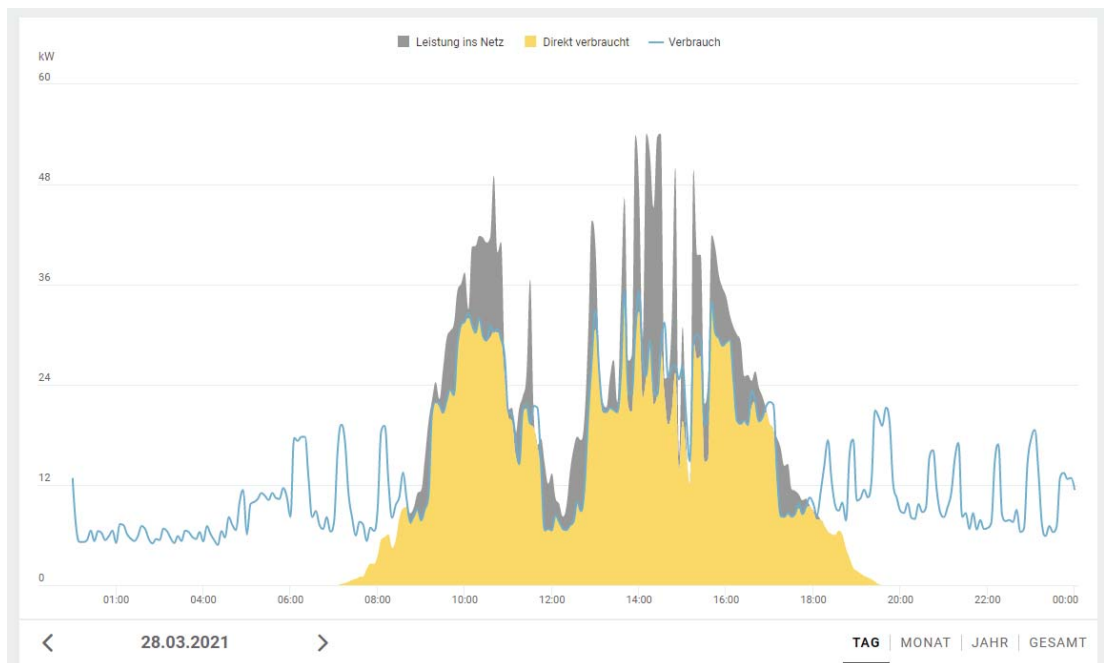


Abb. 5 Das Lastprofil der Brauerei mit PV-Überschussregelung