

## BAT G\_23\_24

### Energiekonzept und energetische Optimierung einer Kleinbrauerei

**Die Bachelor-Thesis befasst sich mit der energetischen Optimierung einer Mikro Brauerei. Der Betrieb ist innerhalb von wenigen Jahren von einem Hobby und Freizeitprojekt organisch zu einer angesehenen Kleinbrauerei gewachsen. Doch das Wachstum zog auch Probleme mit sich. Ineffiziente Übergangslösungen wurden zum fixen Bestandteil des Brauprozesses. Verglichen mit den kleinen Produktionsmengen sind die Energiekosten massiv. Da es sich bei den Betreibern um Privatpersonen ohne einen Grossinvestor im Hintergrund handelt ist das Kapital für Investitionen jedoch begrenzt. Die Optimierung soll daher sowohl aus energetischer als auch wirtschaftlich Sicht Sinn ergeben.**

Hauptziel der Arbeit war es, eine Energiebilanz aufzustellen und zu analysieren in welchen Bereichen Verbesserungen und Einsparungen möglich sind. Der Optimierungsvorschlag sollte als Prinzipschema aufgezeichnet werden und mit einem Funktions- und Regelbeschrieb ausgearbeitet werden. Die Investitionskosten und die Einsparungen sollten gegenübergestellt werden und ein Fazit daraus gezogen werden.

#### Methodik

Bei der Anlagebesichtigung wurde der aktuelle Stand der Brauerei aufgenommen. Beim Rundgang wurde der Brauprozess erklärt und die bestehenden Komponenten gezeigt. Die Erkenntnisse aus der Anlagebesichtigung flossen in eine Standort-, Nutzer- und Bedürfnisanalyse. Diese Analysen bilden die Eckpfeiler der Arbeit und schafften eine Eingrenzung für die Systemwahl. Mit der Eingrenzung wird ermittelt in welchen Bereichen die Möglichkeit für Verbesserungen besteht. Zudem wurden auch unkonventionelle Energiequellen auf ihren Nutzen analysiert, wie die exotherme Energie, welche durch die alkoholische Gärung entsteht. Mit einer Messung wurden die Ergebnisse aus der Berechnung dazu überprüft. Des Weiteren wurden die Energieflüsse, welche für die Erwärmung und die Kühlung notwendig sind, berechnet. Mit Hilfe dieser Ergebnisse konnten zwei Varianten für die Wärmerückgewinnung erarbeitet und verglichen werden. Für die aus dem Vergleich als Sieger hervorgehende Variante, wurde ein Funktions- und Regelbeschrieb ausgearbeitet. Mit einer Kostenschätzung und dem Fazit daraus wurde die Arbeit abgeschlossen und kann als Entscheidungshilfe für die Betreiber genutzt werden.

#### Energie aus der exothermen Reaktion der alkoholischen Gärung

Die alkoholische Gärung ist ein Anaerob ablaufender Prozess. Dabei wird die in der Bierwürze enthaltene Glukose durch Hefe in Ethanol und Kohlenstoffdioxid reduziert. Dieser Vorgang führt zu einer exothermen Reaktion, denn durch die Reduktion nimmt die Innere Energie des Systems ab und wird in Form von Wärme freigesetzt. Entscheidend für die exotherme Energie, ist die in der Bierwürze enthaltene Glukosemenge. Je höher diese Ausfällt, desto mehr Abwärme entsteht. Referenzwerte oder Kennzahlen fanden sich kaum in der Fachliteratur. Daher wurde die exotherme Energie in der Arbeit auf zwei verschiedene Arten berechnet. Bei den in der Brauerei produzierten Bierstilen ergab sich, bei einer Gärung von 1'000 Litern Bierwürze, eine Energiemenge von 16.22kWh bis zu maximal 33.43kWh. Dies jedoch über einen Gärzeitraum von 240 Stunden also zehn Tagen. Die Thermische Leistung der Gärung liegt somit im Bereich um die 100 Watt. Somit ist die exotherme Energie während der Fermentation zwar spürbar und kann über längere Zeit auch zu einer Temperaturerhöhung führen, um sie jedoch aktiv zu nutzen ist die Leistung viel zu klein.

#### Messung am Fermenter

Um die Berechnungen zur exothermen Energie zu überprüfen, wurde ein Messversuch durchgeführt. Dabei wurde der Durchfluss der Kältemaschine gemessen, sowie die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen der Kälte. Zudem wurden noch die Oberflächentemperaturen und die Raumlufttemperatur gemessen. Während der Messperiode herrschten perfekte Bedingungen für das Brauen von obergäurigem Bier, ein Wärmeeintrag durch die Raumluft konnte ausgeschlossen werden.

Mit der Messung konnten die berechneten Ergebnisse zur exothermen Energie verifiziert werden, die Abweichung lag bei weniger als einem Prozent. Eine weitere Erkenntnis aus der Messung war, dass die Kältemaschine taktet. Man sah dies gut in der Durchflussmenge des Kältekreislaufes. Die Kältemaschine schaltet jeweils für wenige Minuten ein und stoppt dann rapide. Die restliche Zeit war die Kältemaschine nicht aktiv. Um die Laufzeiten zu verlängern und das Takten zu glätten, wird daher ein Kältepufferspeicher als Optimierung empfohlen.

### Vergleich Latentspeicher und Schichtspeicher

Es zeigte sich schnell, dass die grösste Energieeinsparung in einer Wärmerückgewinnung liegt. Da jedoch jeweils nur einmal pro Woche Wärme für den Kochprozess benötigt wird, muss die Energie gespeichert werden. Dazu wurden zwei Speichervarianten verglichen, einmal ein Latentspeicher welcher mit einem Phasenwechsel Material gefüllt ist und einmal ein konventioneller Schichtspeicher mit Wasser. Entscheidend für Beurteilung waren vor allem die Wärmerückgewinnung und die Speicherverluste. Es zeigte sich das die Wärmeverluste des Latentspeichers kleiner waren als die des Schichtspeichers. Jedoch konnte mit dem Latentspeicher aufgrund der vorgegebenen Arbeitstemperaturen nur ein Bruchteil der Energie zurückgewonnen werden. Für die Brauerei wurde daher ein Konzept mit einem Schichtspeicher weiterverfolgt.

### Einbindung des Schichtspeichers

Der ausgearbeitete Verbesserungsvorschlag sieht vor, dass die Energie aus zwei Bereichen zurückgewonnen wird. Zum einen aus dem Heisswassertopf, dieser wird zuerst für die Erwärmung der Maische genutzt. Dabei kommt ein ähnliches System wie bei einem Durchlauferhitzer zum Einsatz. Die Maische fliesst durch ein Spiralregister welches im Heisswassertopf liegt. Durch das heisse Wasser wird die Maische langsam erwärmt und auf die gewünschte Temperatur gebracht. Nach diesem Prozess bleibt die Restwärme aktuell im Heisswassertopf zurück. Die überschüssige Energie geht an die Raumluft über, bis sich der Heisswassertopf nach einer gewissen Zeit wieder komplett auf die Raumlufttemperatur abgekühlt hat. Der Optimierungsvorschlag sieht vor, dass diese Energie in Zukunft in einem Schichtspeicher zurückgewonnen wird. Der zweite Bereich in dem Energie zurückgewonnen werden kann, ist während der Abkühlung der Würze vor dem umfüllen in den Fermentertank. Momentan wird die Abwärme aus diesem Prozess nicht genutzt und geht komplett verloren. Die Optimierung sieht vor, dass die Abwärme in Zukunft ebenfalls im Schichtspeicher zurückgewonnen werden kann. Die Zurückgewonnene Energie wird eine Woche später, für die Vorwärmung des Heisswassertopfes genutzt. So kann ein Grossteil der Stromkosten, welche durch die elektrische Widerstandsheizung verursacht wird, eingespart werden.

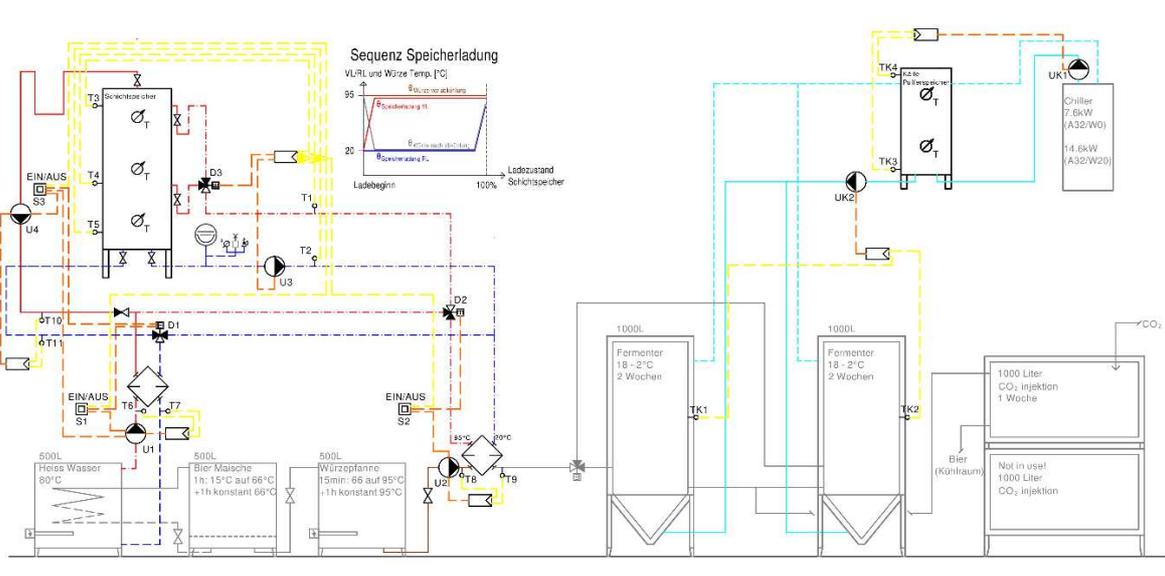


Abb. 1: Schema mit Optimierungsvorschlägen, Schichtspeicher und Kältepufferspeicher.

Der Studierende Luca Vidori