



**Diplomand** Wyss Ivo  
**Dozent** Prof. Dr. Nussbaumer Thomas  
**Projektpartner** Institut IME, CC TEVT, Fachgruppe Bioenergie  
**Experte** Dr. Neuenschwander Peter  
**Themengebiet** Energien, Fluide und Prozesse

## Reduktion der Ethanol-Emissionen aus Grossbäckereien

### Ausgangslage

Coop betreibt eine Grossbäckerei, deren Thermoöl-Backöfen mit Biomasse als Energieträger betrieben werden. In dieser werden pro Jahr rund 45'000 Tonnen Brot hergestellt [1]. Beim Herstellungsprozess von hefehaltigem Brot entsteht aufgrund der Gärung Ethanol [2]. Beim Backvorgang wird das Ethanol verdampft. Es wird durchschnittlich 4.50 kg Ethanol pro Tonne Brot emittiert [3]. Gemäss der Luftreinhalte-Verordnung liegt der Ethanol-Grenzwert ab einer Fracht von 3.0 kg/h bei 150 mg pro m<sup>3</sup> Abluft [4]. Momentan wird dieser Grenzwert um einen Faktor 20-50 überschritten. Es ist nicht bekannt, dass in der Schweiz eine Grossbäckerei mit einer Abluftbehandlung zur Verminderung von Ethanol-Emissionen ausgestattet ist [5].

### Vorgehen

Es werden Verfahren, die eine Reduktion der Ethanol-Emissionen aus Grossbäckereien ermöglichen, herausgearbeitet, verglichen und bewertet. Es wird die Abluftmenge abgeschätzt und die Abluftzusammensetzung, die bei Backprozessen von Brot entsteht, bestimmt. Unter Berücksichtigung des Ethanolgehalts werden Stoff- und Energiebilanz beschrieben.

Basierend darauf werden Verfahren zur Ethanol-Reduktion, zur Gastrennung, wie auch zur Gasreinigung, aus den Grundlagen der Verfahrenstechnik aufgearbeitet. Technisch verfügbare Verfahren zur Abscheidung oder Umwandlung von Ethanol im Abluftstrom werden auf ihre Anwendung evaluiert. Ziel ist die Einhaltung des Grenzwertes für den Ausstoss von Ethanol.

### Ergebnis

Würde das bei der Brotherstellung entstandene Ethanol zurückgewonnen und als Brennstoff für den Backprozess verwendet werden, könnte rund 11.25 % der Heizenergie zurückgewonnen werden. Entsprechend könnte der Verbrauch von Biomasse, die für den Betrieb des Biomassekessels benötigt wird, reduziert und Brennstoffkosten gesenkt werden.

Für die Abluftreinigung sind die Ethanol rückgewinnenden Verfahren der Absorption und Adsorption denkbar. Ökonomisch betrachtet sind diese Verfahren für den Einsatz in Grossbäckereien jedoch ungeeignet. Die Ethanol vernichtenden Verfahren der regenerativen Verbrennung (Abb. 2) und der katalytischen Verbrennung (Abb. 1) sind für den Einsatz in Grossbäckereien technisch und wirtschaftlich geeignet. Basierend auf einer Grobauslegung der Verfahren für den Einsatz in einer Grossbäckerei werden die Kosten, bestehend aus Annuität, Betriebsmittelkosten sowie allfälligen Kosteneinsparungen bei der Biomasse für den Thermoölprozess, für die regenerativen Nachverbrennung auf rund 0.018 Rappen pro kg Brot, bei der katalytischen Verbrennung auf 0.134 Rappen geschätzt. Eine direkte Einleitung der Abluft in den Biomassekessel wäre mit

einem entsprechenden Luftüberschuss denkbar. Bei einer zu hohen Abluftmenge kann diese auch sequenziell eingeleitet werden. Aufgrund fehlender Erfahrungswerte kann der praktische Einsatz des Verfahrens in Grossbäckereien nicht beurteilt werden.

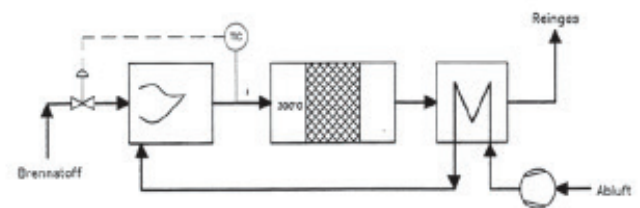


Abb. 1: Schema einer Anlage zur katalytischen Verbrennung von organisch belasteter Abluft [6]

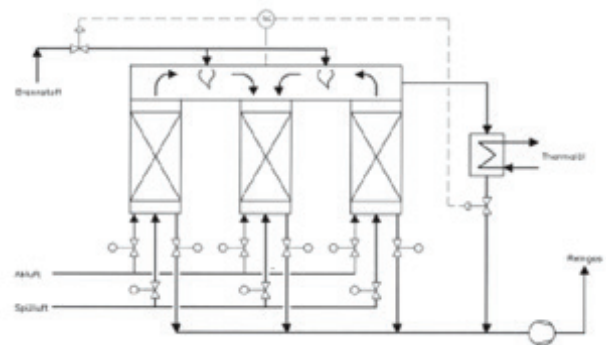


Abb. 2: Schema einer Anlage zur regenerativen Verbrennung von organisch belasteter Abluft [6]

[1] Nussbaumer, T. et al (2019). Staubbörmiger Biomasse-Brennstoff für den Thermoölprozess. Gefunden unter: <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=50894&Load=true> (05.10.2023)

[2] Die Geheimnisse der Brot-Herstellung. Gefunden unter: <https://www.delikatessenschweiz.ch/index.php?db=delireport&nr=419> (05.10.2023)

[3] Switzerland's Informative Inventory Report 2022 (IIR). Submission under the UNECE Convention on Large-range Transboundary Air Pollution (2022). Gefunden unter: [https://www.infras.ch/media/filer\\_public/c0/44/c044aa1e-584a-480a-92e9-e2722f0fa3fd/switzerlands-informative-rep-2022.pdf](https://www.infras.ch/media/filer_public/c0/44/c044aa1e-584a-480a-92e9-e2722f0fa3fd/switzerlands-informative-rep-2022.pdf) (12.10.2023)

[4] Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Gefunden unter: [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1986/208\\_208\\_208/de](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1986/208_208_208/de) (05.10.2023)

[5] Umwelt. Massnahmenplan Luft des Kanton Aargau 2022 (Version V2, Stand vom 29. März 2023); Gefunden unter: <https://www.ag.ch/media/kanton-aargau/bvu/umwelt-natur/luft/massnahmenplan-luft/230118-massnahmenplan-luft-kt-ag-2022-final-v2.pdf> (05.10.2023)

[6] Nitsche, M. (2015). *Abluft-Fibel. Reinigung lösemittelhaltiger Abgase*. Springer Vieweg.