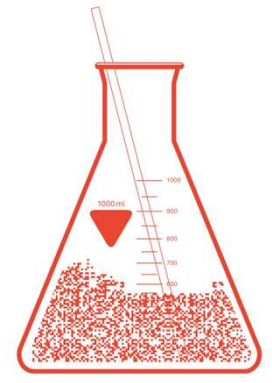


Aromaverlust bei der Entalkoholisierung von Bier mittels Membranverfahren – HS-SPME-GC-MS Analyse

Saskia Schweiß

Bachelor-Thesis, Studienrichtung Chemie



Auftraggeber, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Riedl
Experte: Dr. Achim Zürcher
Verantwortlicher: Prof. Dr. Daniel Varón Silva

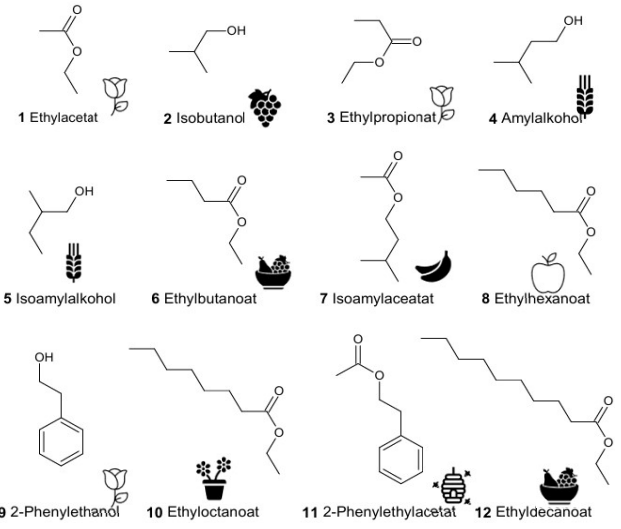
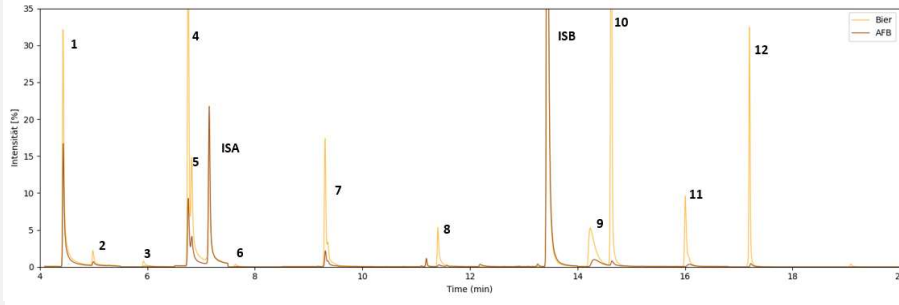
Einleitung

Das Herstellen von alkoholfreiem Bier (AFB, Alkoholgehalt < 0.5% v/v) ist ein Trend, der immer mehr an Aufmerksamkeit gewinnt. In den letzten 10 Jahren ist der Marktanteil von AFB in der Schweiz von 2.5% auf über 6% gestiegen [1]. Es gibt mehrere Methoden, um AFB herzustellen. Zum einen gibt es die biologischen Verfahren. Hier werden modifizierte Hefen verwendet, die beim Umsetzen des Malzzuckers in der Stammwürze zwar Geschmacksstoffe wie Ester und verzweigte Alkohole, aber kaum Ethanol (EtOH) produzieren. Zum anderen gibt es physikalische Verfahren, wie das Entalkoholisieren mittels Membran. Hierbei wird dem Bier erst nach dem Herstellungsprozess der Alkohol entzogen [2]. Unabhängig vom Verfahren geht Aroma verloren. Eine HS-SPME-GC-MS Analyse kombiniert mit einer statistischen Versuchsplanung ermöglicht die Analyse der Aromadynamik für verbesserte Produktionsprozesse bei AFB. Um den Prozess zu untersuchen, wurde von der Feldschlösschen Brauerei gestelltes Bier vor Ort in einer Pilotanlage mittels Nanofiltermembran entalkoholisiert.

Analyse des Aromaverlusts mittels HS-SPME-GC-MS Welche Aromastoffe gehen beim Prozess verloren?

HS-SPME-GC-MS ist ideal für die Analyse volatiler Aromastoffe in komplexen Matrizen wie Bier. Die Extraktion ist abhängig von vielen Faktoren wie Lösemittelgehalt oder Löslichkeit der Analyten [3]: Aus diesem Grund wurden folgende Massnahmen ergriffen:

- EtOH-Gehalt in allen Proben auf 5% v/v eingestellt
- 2g NaCl zu jeder Probe zugegeben (Erhöhung Löslichkeit)
- tägliche Kalibration in authentischer Matrix (13% Malzextrakt), Schwankungen durch interne Standards (ISB) verringert, Qualitätskontrollproben zur Bestätigung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse



➤ Von den zwölf identifizierten Verbindungen sind **alle** von einem Verlust betroffen

Prozess der Entalkoholisierung und Optimierung Wie hoch ist der Aromaverlust? (HS-SPME-GC-MS)

Variierende Parameter für AFB I - IV:

- Temperatur (Temp: 10 bzw. 20°C)
- Fließgeschwindigkeit (FI: 60 oder 100 l/h)
- Verdünnung Ausgangsmaterial (VD: 50% bzw. 37.5%)

Auswertung via STAVEX:

- Verdünnung hatte positiven Effekt auf den Gehalt von Ester 1 aber negativen Effekt auf Ester 8
- höhere Temperatur hatte positiven Einfluss auf den Gehalt der Aromastoffe 2, 4, 8 und 9
- hohe FI wirkt sich positiv auf 1 aus aber negativ auf den Gehalt von 7 aus

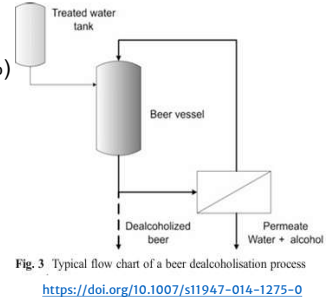
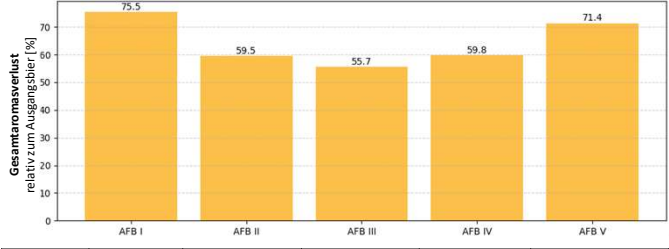


Fig. 3 Typical flow chart of a beer dealcoholisation process
<https://doi.org/10.1007/s11947-014-1275-0>



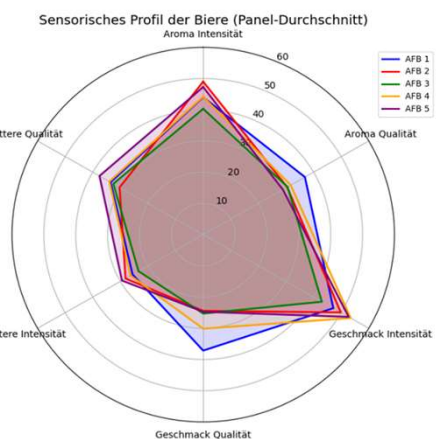
Temp [°C]	10	10	20	20	15
FI [l/h]	60	100	60	100	80
VD [%]	50	37.5	50	37.5	37.5
EtOH [v/v %]	0.5	0.38	0.2	0.25	0.11

➤ optimale Parameter für AFB V: 15 °C, 80 l/h, 37.5% VD

Sensorische Analyse Schmeckt man den Unterschied?

Bewertung durch das Feldschlösschen Panel (n=7, Höchstpunktzahl 100):

- AFB I Sieger der sensorischen Analyse trotz höchstem Aromaverlust
- AFB V geschmackstechnisch am zweitbesten bewertet, trotz zweithöchstem Aromaverlust
- AFB II und AFB III schlechteste Bewertung, obwohl der Aromaverlust am geringsten war
- Bitterkeit geht beim Prozess verloren (HPLC-Analyse zeigte anfänglich 27 ppm Bitterstoffe, nach Entalkoholisierung < 10 ppm)



➤ Aromaverlust ≠ schlechter Geschmack

Schlussfolgerung

- Durch Prozessoptimierung wurde der **Alkoholgehalt** von AFB V **erfolgreich minimiert**
- Aromaverlust konnte nicht verringert werden, **geschmacklich überzeugte AFB V** dennoch
- Mit PCA konnte ein **statistischer Zusammenhang** zwischen dem **Verlust und Molekülstruktur** gefunden werden: **Verzweigte Moleküle sind stärker von einem Verlust betroffen**

Ausblick

- HS-SPME-GC-MS Methode auch anwendbar auf andere Getränketypen, eine **matrixabhängige und substanzspezifische Kalibrierstrategie** empfiehlt sich
- **Prozessoptimierung** kann weiter untersucht werden **mit variierendem Druck oder anderen Membranmaterialien**
- analytische Aromaprofilierung mit sensorischer Bewertung stellt vielversprechenden Ansatz dar, um **technologische Prozesse gezielt in Richtung besserer Produktqualität** zu entwickeln

[1] „Biermarkt Schweiz - bis:swiss - Schweizer Brauerei-Verband“. Zugegriffen: 20. Februar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://bier.swiss/kennzahlen/marktaufteilung-schweiz/>
 [2] T. Brányik, D. P. Silva, M. Baszczyński, R. Lehnert, und I. B. Almeida E Silva, „A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production“, *J. Food Eng.*, Bd. 108, Nr. 4, S. 493–506, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.09.020.
 [3] „SPME for GC Analysis Getting Started with Solid Phase Microextraction, Supelco“. Zugegriffen: 12. Mai 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/product/documents/415/395/spme-gc-analysis-br1410en-mk.pdf>