

## **Einfluss ausgewählter Destillationsparameter beim Aufheizen auf den Verlauf der Leitfähigkeit bei Apfelbrand**

Manfred Gössinger<sup>1</sup>, Andreas Schneider<sup>1</sup>, Victoria Fischer<sup>1</sup>, Andreas Liebming<sup>2</sup> und Cordula Klaffner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg  
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 74

<sup>2</sup> Edelbrände Liebming  
A-2130 Paasdorf, Schwemmzeile 4

E-Mail: manfred.goessinger@weinobst.at

Der Verlauf der Leitfähigkeitswerte (LF) während der Destillation ist unter anderem von den Einstellungen am Brenngerät während der Brennphase, aber auch während der Aufheizphase abhängig. In diesem Versuch wurde mittels faktoriellen Versuchsplans der Effekt der Faktoren Dephlegmatortemperatur, Anzahl aktiver Böden und Geschwindigkeit in der Aufheizphase auf den Verlauf der LF bei der Destillation von Apfelmaische genauer untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die ausgewählten Faktoren unterschiedlichen Einfluss auf den Anfangspeak und damit auch auf den weiteren Verlauf der LF während der Destillation haben. Während sich die Dephlegmatortemperatur signifikant auf die Verstärkung (Alkoholgehalt) der Fraktionen und den Verlauf der LF in den Mittel- und Nachlauf fraktionen auswirkt, zeigen die Anzahl der aktiven Böden und die Aufheizgeschwindigkeit einen signifikanten Effekt vor allem auf den Anfangspeak zu Beginn der Brennphase. Die Nutzung der hier gezeigten Ergebnisse kann die Strategie im Destillationsprozess grundlegend verändern und zur Qualitätsverbesserung von Obstdestillaten beitragen.

**Schlagwörter:** Obstdestillat, Dephlegmatortemperatur, Verstärkerböden, Aufheizgeschwindigkeit, Leitfähigkeit

**Influence of selected distillation parameters in the heating-up stage on the conductivity profile of apple spirit.** The conductivity profile during distillation depends amongst others on the adjustment of the distillery in the firing stages especially in the heating-up stage. In this study the factors dephlegmator temperature, number of active plates and heating speed in the heating-up stage on the conductivity profile of apple spirit were investigated by means of a fractional experimental design. The results show that the chosen factors had different effects on the conductivity profile during distillation. Fortification (alcohol concentration) and conductivity during distillation were affected significantly by dephlegmator temperature. The number of active plates and heating speed, however, particularly had a significant effect on the conductivity profile at the beginning of the distillation process (first peak). The shown results can serve as a data basis to improve the strategy of fruit distillation processes and quality of fruit spirit.

**Keywords:** fruit spirit, dephlegmator temperature, sieve plates, heating speed, conductivity

Die Messung der Leitfähigkeit (LF) gewinnt bei der Obstdestillation zunehmend an Bedeutung. Neben der Bestimmung des Nachlaufabtrennzeitpunktes (Donabaum, 2009; Liebminger et al., 2020) mittels LF-Messung konnte auch schon ein Zusammenhang zwischen dem Verlauf der LF während der Destillation und der Qualität von Marillendestillaten festgestellt werden (Liebminger et al., 2021a). Die Leitfähigkeit (Konduktivität) ist der Kehrwert des Widerstandes ( $1/R = I/U$  (Stromstärke pro Spannung)) und beschreibt eine physikalische Größe, die angibt, wie ein Stoff den elektrischen Strom leitet (abhängig von Kationen und Anionen bei Flüssigkeiten). Der Wert der LF wird von vielen Faktoren (z. B. Alkoholgehalt, Temperatur) beeinflusst (WTW, 2019; Personna et al., 2013).

Der Verlauf sowie das Niveau der LF-Werte während des Destillationsprozesses wird nicht nur von der Maischezusammensetzung sondern auch von einigen Destillationsparametern beeinflusst (Liebminger et al., 2021b).

Die Destillationsgeschwindigkeit, die Anzahl der aktiven Böden und vor allem die Dephlegmatortemperatur haben einen starken Einfluss auf die Ausbeute und Qualität von Obstbränden (Gössinger und Lehner, 2007). Mit zunehmender Verstärkung destillieren ab einem gewissen Bereich immer mehr wertgebende Inhaltsstoffe aus dem Mittellauf in den Nachlauf. Die Destillate werden dadurch klarer im Ausdruck, aber auch schlanker und dünner am Gaumen. Die Aromaintensität nimmt ab. Weiters wird sowohl durch einen höheren Alkoholgehalt in der Maische bzw. im Raubrand sowie eine geringere Destillationsgeschwindigkeit (Gössinger et al., 2011) als auch eine höhere Verstärkung bedingt durch die Anzahl aktiver Böden und niedrigerer Dephlegmatortemperaturen (Gössinger et al., 2012) der Nachlaufabtrennzeitpunkt (N-Punkt) signifikant verschoben. Mit den bis jetzt kontrollierten Parametern ist eine Optimierung der Qualität von Obstbränden jedoch sehr schwierig und schlecht reproduzierbar. Die Vorherberechnung des N-Punktes setzt ebenfalls eine gleichmäßige Destillationsgeschwindigkeit voraus.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der Dephlegmatortemperatur, der Anzahl der aktiven Böden und der Aufheizgeschwindigkeit auf den Verlauf der LF während der Destillation und dessen Einfluss auf die Mengen an Vor-, Mittel- und Nachlauf von Apfelmaische genauer zu bestimmen.

## Material und Methoden

### Rohmaterial

Für die Versuche wurde eine Apfelmaische (900 l, 7,1 %vol.) verwendet die aus einem Sortengemisch des Versuchsguts Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg der Ernte 2020 nach guter Herstellungspraxis bereitet wurde (Graf et al., 2020).

### Destillation

Die Destillation der Maische (jeweils 47 l pro Brand) erfolgte mittels einer 50 l-Brennereianlage mit aufgesetzter Verstärkerkolonne mit drei Patentböden (Siebböden) und einem Kastendephlegmator sowie einer Brennereisteuerung (beides: Carl, Eislingen, Deutschland). Die Böden sind manuell separat zuschaltbar. Der Dephlegmator wird über einen eigenen Wasseranschluss gespeist und bleibt während der ganzen Brennphase konstant. Die Destillationssteuerung erfolgt über die Einstellungen verschiedener Parameter in drei Aufheizphasen und vier Brennphasen. In der ersten Aufheizphase wird die Heizleistung (% Dampf von max. 1 bar Überdruck – in diesem Versuch 85 % (0,85 bar Dampf)), mit der die Maische bis zum Übergang in die zweite Aufheizphase aufgeheizt wird, eingestellt. In der zweiten Aufheizphase (Übergang bei gewählter Temperatur in der Blase – in diesem Versuch 85 °C) kann erneut eine Heizleistung (in diesem Versuch 31 %) eingestellt werden. Mit dieser Leistung wird geheizt, bis die Temperatur im dritten Boden eine gewünschte Temperatur erreicht (in diesem Versuch: 73 °C). In der dritten Aufheizphase kann die Heizleistung von Beginn an durch Angabe der gewünschten Start-Heizleistung (z. B. in diesem Versuch 17 %) mit einer gewünschten Steigerung (z. B. in diesem Versuch um 30 %/min) eingestellt werden.

Um den Einfluss der Dephlegmatortemperatur, der Anzahl der aktiven Böden und der Aufheizgeschwindigkeit auf den Verlauf der Leitfähigkeitswerte in den Destillationsfraktionen zu bestimmen, wurden diese Parameter wie in Tabelle 1 ersichtlich variiert. Die restlichen Einstellungen dieses Programms, eigens im Betrieb für die Gegenstromdestillation von Kernobst mit dieser Brennereianlage adaptierte Einstellungen, wurden nicht verändert. Die Destillationsgeschwindigkeit (Brennphasen) wurde konstant mit 4 l/h gewählt.

Der Destillationsprozess wurde jeweils bei 50 %vol. beendet. Das Destillat wurde nach der Vorlage in 250 ml-Glasflaschen in 100 ml-Fractionen

aufgefangen. Die Vor- und Nachlaufabtrennung erfolgte sensorisch und mittels Berechnungsmethode nach Liebminger et al. (2020).

Tab. 1: Varianten und Faktorstufen des faktoriellen Versuchsplans

Varianten	Dephlegmatortemperatur (°C)	Faktoren	
		Anzahl aktiver Böden	Aufheizgeschwindigkeit (%)
1	65	3	17
2	65	1	17
3	75	3	17
4	75	1	17
5	65	3	31
6	65	1	31
7	75	3	31
8	75	1	31

## Analysenmethoden

Der Alkoholgehalt wurde mittels Biegeschwinger DMA<sup>TM</sup> 35 (Paar, Graz, Österreich) in den Glasflaschen bestimmt. Die Vor- und Nachlauf-fractionen wurden nach der sensorischen Beurteilung der Vor- und Nachlaufumschaltpunkte in Vor-, Mittel- und Nachlauf-fractionen vereint und davon das Gewicht (in g) (Ausbeute) und der Alkoholgehalt (in %vol.) bestimmt. Vom Mittellauf wurde auch die Ausbeute in ml rA ermittelt.

Die LF-Werte wurden mittels Handmessgerät (Multi 3620 IDS und LF-Elektrode-TetraCon 925; WTW, Weilheim, Deutschland) bestimmt. Die Messungen wurden sowohl direkt online nach dem Kühler in einem separaten Behälter (ca. 100 bis 120 ml) zwischen Kühler und Vorlage vom Start bis zum Ende der Destillation (alle 10 sec) bzw. innerhalb einer Stunde in den Glasflaschen, mithilfe derer der Brand in 100 ml-Fractionen aufgefangen wurde, durchgeführt.

Zur Beschreibung des ersten Peaks der LF-Werte zu Beginn der Brennphase wurden die Werte von Beginn bis zum Ende des Peaks gemittelt bzw. aufsummiert (bis zum tiefsten Wert der LF in der Anfangsphase) (Abb. 1).

Weiters wurden zur Charakterisierung des LF-Verlaufs sowohl der maximale und der minimale Wert in den Glasflaschen ermittelt als

auch die Steigerung der Werte vom Übergang Vorlauf zu Mittellauf bis zum Übergang Mittellauf zu Nachlauf erfasst.

Die Aufheizzeit gibt die Zeit in Minuten wieder, die vom Start der Destillation bis zur ersten Vorlauf-fraction (Beginn des Destillatflusses) benötigt wurde. Die Brennzeit ist die Zeit in Minuten von der ersten Vorlauf-fraction bis zum Ende des Destillationsprozesses bei 50 %vol.

## Statistische Auswertung

Alle Versuche (faktorieller Versuchsplan 2<sup>3</sup>) wurden mit Wiederholung durchgeführt. Die Bestimmung der Effekte der Versuchsparameter erfolgte nach Kleppmann (2003) und Statgraphics 19. Die Mittelwerte und die Standardabweichung sowie Varianz und Effekte (Signifikanzniveau,  $\alpha = 0,05$ ) wurden mittels MS Excel ermittelt.

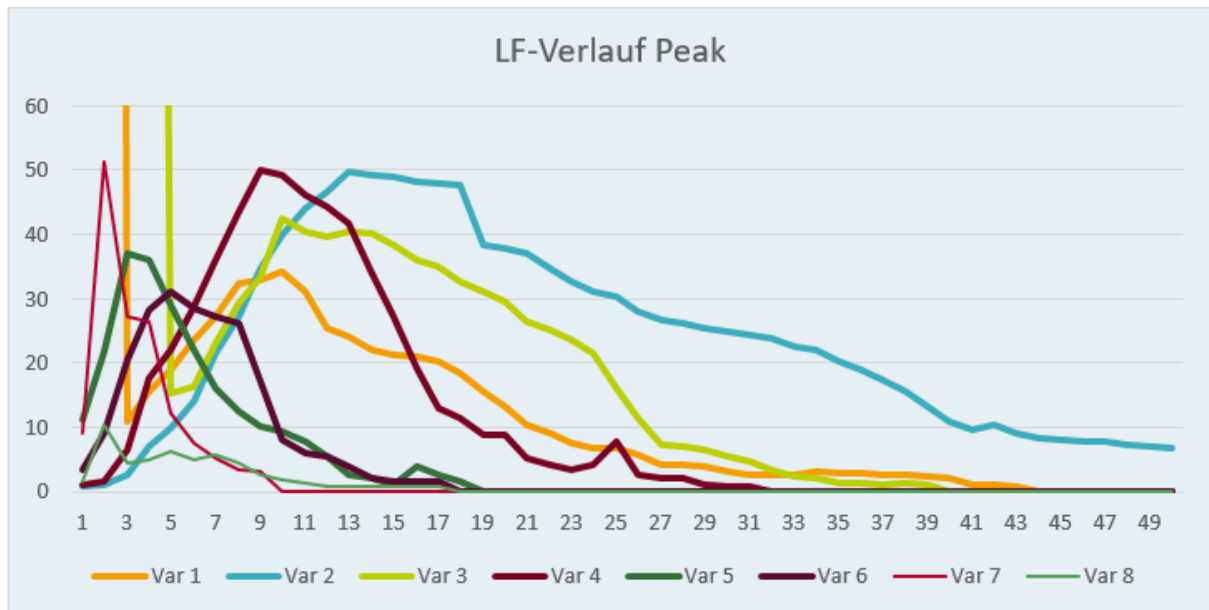


Abb. 1: Verlauf der Leitfähigkeit zu Beginn der Brennphase (Anfangspeak) der Varianten (Die Kurven starten jeweils mit dem ersten Anstieg der Leitfähigkeit.) (Abszisse: Zeit: 1 Einheit = 10 sec)

## Ergebnisse

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der ausgewählten Zielgrößen zusammengefasst. In Tabelle 3 sind die Haupteffekte der Faktoren und die Faktorwechselwirkungen sowie deren Signifikanz (fett) dargestellt.

Die Aufheizphase dauerte durchschnittlich 25 min (T) (Tab. 3). Einen signifikanten Einfluss auf die Aufheizzeit zeigt die Wechselwirkung (WW) AC, also die WW der beiden Faktoren Dephlegmatortemperatur (A) und Destillationsgeschwindigkeit (C). Bei höherer Dephlegmatortemperatur bewirkt die schnellere Aufheizgeschwindigkeit in der letzten Aufheizphase eine merkbare Verkürzung der Aufheizzeit. Die Brennzeit (durchschnittlich 53 min) wird durch die geänderten Prozessparameter nicht signifikant beeinflusst.

Alle gewählten Faktoren hatten einen signifikanten Effekt auf den maximal erreichten Alkoholgehalt in den Glasflaschen (durchschnittlicher max. Alkoholgehalt in den Flaschen T = 85 %vol.). Während die Dephlegmatortemperatur und die Aufheizgeschwindigkeit einen signifikanten Haupteffekt auf die maximale Alkoholstärke hatten, wies die Anzahl der aktiven Böden nur eine signifikante WW mit der Dephlegmatortemperatur auf. Der Effekt der Böden auf die Verstärkung war bei hoher Dephlegmatortemperatur größer als bei einer niedrigen.

Trotz gleicher Einstellungen bei der Brenneinstellung zeigen die Ergebnisse (z. B. bei der max. Alkoholstärke in den Flaschen bei Variante 7 sowie Verlauf der Leitfähigkeit) bei den Wiederholungen größere Schwankungen. Vermutlich liegt der Grund für die Unterschiede in den abweichenden Temperaturen der Kolonne. Manche Brände wurden unmittelbar nach dem Dämpfen (Vorbereitung für den ersten Brand pro Tag) durchgeführt, andere erst eine Stunde nach Ende des vorherigen Brandes. Schon kleine Temperaturdifferenzen beim Aufheizprozess scheinen einen merkbaren Einfluss auf den Verlauf des Destillationsprozesses und der LF zu haben. Auch García-Llobodanin et al. (2011) berichteten, dass die Reproduzierbarkeit in Verstärkerkolonnen bzgl. Inhaltsstoffe in Birnenbränden nicht exakt möglich ist, weil der Rückfluss, der generell sehr schwer messbar ist, nicht konstant bleibt.

Besonders auffällig sind die maximalen Werte der Peaks zu Beginn der Varianten 1 und 3. Wie aus den berechneten Effekten in Tabelle 3 ersichtlich, sind dafür die größere Anzahl an aktiven Verstärkerböden und die geringere Aufheizgeschwindigkeit (beide bewirken eine höhere Verstärkung des Alkoholgehaltes) verantwortlich (Faktoren B, C, BC). Dies zeigt auch der gemittelte Wert der LF des Peaks zu Beginn der Brennphase (B, C). Werden die LF-Werte der einzelnen Messungen beim Peak aufsummiert, so konnte nur

die Aufheizgeschwindigkeit als signifikanter Einflussfaktor berechnet werden. Der Verlauf der LF beim Anfangspeak ist sehr unterschiedlich (Abb. 1). Der maximale Wert scheint hier für den weiteren Verlauf der LF in der Brennphase eine geringere Rolle zu spielen als die Summe der LF. Es wird vermutet, dass die extremen max. Werte der Peaks bei Variante 1 und 3 eventuell auch durch die Anreicherung von  $\text{SO}_2$  verursacht wurden (günstige Kombination von vielen aktiven Böden und geringer Destillationsgeschwindigkeit. Die Verläufe der LF zu Beginn der Brennphase (Anfangspeak) (Abb. 1) und während des Mittellaufs inklusive Beginn des Nachlaufes (Abb. 2) zeigen, dass bei den Varianten, wo die Verstärkung höher war (vor allem mit kühlerem Dephlegmator (Varianten 1,2,5,6), aber auch jeweils mit mehr aktiven Böden (Varianten 1,3,5,7) und bei geringerer Aufheizgeschwindigkeit (Varianten 1,2,3,4) die LF später einen anderen Verlauf nimmt als bei geringerer Verstärkung. Die Varianten 1 bis 4 haben meist größere Peaks (größere Maximalwerte bzw. ein höheres Niveau über einen längeren Zeitraum) und somit ein niedriges Niveau zu Beginn des Mittellaufes. Bei höherer Aufheizgeschwindigkeit (Varianten 5,6,7,8) ist der Einfluss der Verstärkung deutlicher erkennbar. Die niedrigere Dephlegmatortemperatur bei Variante 5 und 6 führt noch zu einem niedrigeren Niveau der LF im Mittellauf, aber bei nur einem aktiven Boden bei Variante 6 bereits zu einem deutlichen Anstieg während des Mittellaufes. Bei den Varianten 7 und 8 steigt die LF bereits im bzw. nach dem Vorlauf deutlich an, weil die höhere Dephlegmatortemperatur in Kombination mit einer schnelleren Aufheizgeschwindigkeit vermutlich die längeren Fettsäuren zu Beginn nicht mehr ausreichend aufkonzentrieren kann. Aber auch Variante 3 und 4 (geringe Verstärkung) weisen trotz geringer Aufheizgeschwindigkeit einen raschen und starken Anstieg der LF im Mittellauf auf.

Nur die Destillationsgeschwindigkeit hat einen signifikanten Effekt auf die Peak-Summe. Liebinger et al. (2021b) konnten zeigen, dass nicht-wasserlösliche Fettsäuren (ab C6) für diesen Peak mitverantwortlich sind. Bedingt durch die höhere Verstärkung in der Aufheizphase werden diese vermehrt aus der Maische herausdestilliert. Die LF-Werte in den Fraktionsflaschen (gemittelter Wert von 100 ml) zeigen diesen signifikanten Effekt jedoch nicht. Dies unterstreicht die Bedeutung des Messortes der LF. Diese sollte unmittel-

bar nach dem Kühler in einem kleinen Gefäß gemessen werden, damit es nicht zu großen Durchmischungen der Fraktionen kommt.

Auch bei den minimalen Werten der LF in den Glasflaschen der verschiedenen Varianten konnten keine signifikanten Effekte der ausgewählten Faktoren beobachtet werden.

Die Änderung (Anstieg) der LF während des Mittellaufes (wichtiger Wert für die Beschreibung des LF-Verhaltens des Brandes) lag im Mittel bei  $1,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Die Dephlegmatortemperatur wirkte sich signifikant auf die Veränderung aus. Je niedriger die Dephlegmatortemperatur war, desto geringer war der Anstieg. Diese Erfahrung machten die Autoren auch schon in früheren Versuchen. Bei hoher Verstärkung (Variante 1) bleibt die LF über einen längeren Zeitraum auf niedrigerem Niveau und sehr stabil (Gössinger et al., 2020). Erst um den Nachlauf-Punkt kommt es zu einem Anstieg der LF. Die anderen Faktoren zeigten keinen signifikanten Effekt auf den Anstieg im Mittellauf.

Die LF am N-Punkt (durchschnittlich bei  $2,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) liegt bei einer kühleren Dephlegmatortemperatur auf einem signifikant niedrigem Niveau. Die anderen Faktoren haben keinen deutlichen Einfluss auf diesen Parameter.

Die ausgewählten Faktoren hatten einen unterschiedlichen Einfluss auf die Verstärkung (%vol.) und Ausbeuten (g) der Fraktionen. Eine geringere Aufheizgeschwindigkeit (C) führte zu einem signifikant höheren Alkoholgehalt im Vorlauf. Die Menge des Vorlaufs wurde nicht merkbar von den Faktoren beeinflusst. Die Alkoholstärke des Mittellaufs wurde durch die Absenkung der Dephlegmatortemperatur (A) deutlich erhöht. Die Mittellaufmenge wurde sowohl durch eine geringere Dephlegmatortemperatur (A) als auch eine höhere Anzahl an aktiven Böden (B) sowie eine geringere Aufheizgeschwindigkeit bei kühlerem Dephlegmator (BC) signifikant erhöht. Die Ausbeute Mittellauf in ml rA wurde von allen Faktoren (auch Aufheizgeschwindigkeit C, weil Wechselwirkung ABC signifikant ist) sowie den Wechselwirkungen AC, BC und ABC signifikant beeinflusst. Die Ausbeute wurde durch eine höhere Verstärkung jeweils erhöht. Die Nachlaufmenge hingegen wurde durch eine höhere Dephlegmatortemperatur (A) und geringere Aufheizgeschwindigkeit (C) deutlich erhöht. In Kombination (WW - AC) ist dieser Effekt noch stärker. Dieser Effekt wurde auch schon bei früheren Untersuchungen beobachtet (Gössinger und Lehner, 2007). Es wird vermutet, dass der Einfluss

des Alkoholgehaltes auf die LF-Messung (je höher der Alkoholgehalt, desto geringer die LF-Werte) (Personna et al., 2013) diesen Effekt auch mit beeinflusst.

Der Verlauf der LF wirkt sich auf die Aromaintensität des Brandes aus (Liebminger et al., 2021a und 2021b). Je geringer der Verlauf der LF im Mittellauf ist, desto schlanker und "eindimensionaler" sind die sensorischen Eigenschaften des Brandes. Wenn die LF-Werte zu rasch ansteigen (Variante 7 und 8) sind die Brände meist unsauber und dumpf, weil die unerwünschten schwerflüchtigen Komponenten nicht ausreichend aus den Mittellauffractionen abgeschieden werden können. Der Nachlauf (N-Punkt) beginnt dann schon relativ früh.

Die sensorischen Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass innerhalb der gewählten Faktorstufen die optimalen Destillationsbedingungen für Apfel liegen. Während Variante 1 sehr sauber und schlank ist, sind die Varianten 7 und 8 schon dumpf und "unsauber". Wie in der Literatur immer erwähnt, ist ein langsamer Beginn der Brennphase (geringer Fluss) sehr wichtig für die Qualität des Brandes (Dürr et al., 2010) Die LF ist ein sehr guter Parameter, um diesen zu beschreiben.

## Diskussion

Der Verlauf der LF im Vor-, Mittel- und Nachlauf ist merkbar von der Verstärkung (Dephlegmator, aktive Böden und Geschwindigkeit) während der Aufheizphase abhängig. Wie schon Liebminger et al. (2021b) zeigten, besteht ein Zusammenhang zwischen dem Niveau der LF sowie der Verstärkung im Mittellauf und der Peakgröße zu Beginn der Brennphase. Die Messung der LF bringt mehr Information über die Verstärkungsvorgänge und die Zusammensetzung der Destillatfraktionen während der Destillation und kann so eventuell die Reproduzierbarkeit in der Obstbrennerei verbessern. Die LF-Messung kann als Basis für die

Einstellungen am Brenngerät in der Aufheiz- und Brennphase dienen und so die Qualität der Obstdestillate verbessern (Liebminger et al., 2021a und 2021b).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Messung der LF in hoher Frequenz (mind. sechsmal pro Minute) unmittelbar nach dem Kühler (noch vor der Vorlage) in einem kleinen Behälter online dem Brenner mehr Information bringt als die Messung in den Glasflaschen.

Üblicherweise wird bei der Obstdestillation besonders auf die Verstärkung während der Brennphase geachtet. Diese beeinflusst die Ausbeute und den Verlauf der LF mit. Der Zusammenhang zwischen der Peakgröße zu Beginn der Brennphase und dem weiteren Verlauf (und somit auch die Qualität des Brandes) wird aber auch durch die Aufheizphase entscheidend geprägt. Die Beachtung der LF scheint daher für die Qualität des Brandes entscheidender zu sein als der Alkoholgehalt der Fraktionen. Dieses Wissen kann die Strategie der Obstbrennerei grundlegend verändern.

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichung ausgewählter Antwortgrößen

Varianten	Peak max LF Elektrode	Peak max LF in Flasche	Peak Mittel	Peak Summe
1	445,0 ± 45,3	3,8 ± 0,5	33,8 ± 8,8	981 ± 254
2	25,6 ± 5,6	3,7 ± 2,3	5,3 ± 5,4	224 ± 201
3	394,0 ± 176,8	3,6 ± 0,1	50,8 ± 32,8	1469 ± 1375
4	19,6 ± 4,0	3,1 ± 0,6	11,2 ± 1,1	267 ± 11
5	19,8 ± 4,2	3,9 ± 2,0	7,8 ± 0,2	112 ± 13
6	16,5 ± 17,7	2,7 ± 0,4	8,2 ± 8,8	108 ± 131
7	31,5 ± 22,5	2,8 ± 0,8	8,1 ± 3,8	73 ± 34
8	5,2 ± 4,3	2,2 ± 0,1	2,5 ± 1,6	24 ± 20

LF Steigerung im ML	Alk max FI	N-Punkt	min LF FI	LF bei N-Punkt	ML %vol.	ML Menge g
0,3 ± 0,1	88,7 ± 0,1	80,5 ± 0,5	0,7 ± 0,2	1,0 ± 0,1	85,3 ± 0,1	1260 ± 1
0,45 ± 0,1	87,3 ± 0,1	80,8 ± 2,0	0,8 ± 0,3	1,3 ± 0,2	84,4 ± 0,6	759 ± 66
2,4 ± 0,5	83,3 ± 1,8	71,0 ± 3,5	0,9 ± 0,3	3,4 ± 0,8	76,1 ± 4,2	750 ± 110
3,4 ± 0,8	84,7 ± 1,4	74,1 ± 0,6	0,9 ± 0,1	4,4 ± 0,8	78,7 ± 0,0	559 ± 97
1,0 ± 0,8	85,0 ± 0,2	81,2 ± 0,9	1,0 ± 0,4	1,9 ± 1,1	83,9 ± 0,1	1085 ± 140
1,7 ± 0,2	85,3 ± 0,8	80,6 ± 1,2	1,5 ± 0,6	2,9 ± 0,0	83,7 ± 0,3	1009 ± 63
2,8 ± 2,3	80,7 ± 3,1	71,6 ± 2,7	1,3 ± 0,1	4,1 ± 2,2	75,7 ± 3,7	668 ± 28
2,5 ± 1,8	85,6 ± 1,6	74,3 ± 0,4	0,8 ± 0,4	3,6 ± 2,5	80,2 ± 2,1	554 ± 13

NL %vol.	NL Menge g	VL %vol.	VL Menge g	Zeit Aufheizen min	Zeit Brennen min
65,1 ± 1,1	1005 ± 283	84,0 ± 4,0	288 ± 98	22,5 ± 2,1	54,5 ± 4,9
66,6 ± 0,4	1550 ± 310	83,6 ± 0,4	386 ± 8	20,5 ± 4,9	55 ± 7,1
59,7 ± 1,6	1755 ± 108	79,1 ± 0,1	413 ± 132	44,0 ± 19,8	55,5 ± 0,7
62,1 ± 0,6	1801 ± 25	80,7 ± 2,3	387 ± 120	28,0 ± 2,8	54,0 ± 2,8
66,6 ± 0,6	1634 ± 229	78,8 ± 1,5	312 ± 4	23,0 ± 1,4	56,0 ± 1,4
66,1 ± 0,8	1794 ± 6	79,0 ± 2,7	290 ± 43	24,0 ± 1,4	56,0 ± 1,4
61,7 ± 2,2	1807 ± 10	77,2 ± 1,8	296 ± 62	19,5 ± 2,1	51,5 ± 6,4
61,3 ± 0,8	1731 ± 120	82,1 ± 1,8	358 ± 70	18,5 ± 6,4	46 ± 4,2

Tab. 3: Effekte (Hauptwirkungen und Wechselwirkungen) der ausgewählten Faktoren auf die Antwortgrößen und Signifikanz (fett)

		75°C/65 Temp Deph	1B/3 Böden	31%/17 Geschwindigkeit				
	T	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
Zeit Aufheizen min	25,00	-5,00	4,50	7,50	-4,00	<b>-9,50</b>	4,50	-3,00
Zeit Brennen min	53,56	3,63	1,63	2,38	-1,88	-3,63	-1,13	0,88
Peak Mittel	15,95	-4,37	<b>18,33</b>	<b>18,65</b>	-4,28	-7,05	<b>15,75</b>	-1,29
LF Peak Summe	407,31	-101,68	503,08	<b>656,10</b>	-122,58	-164,00	476,60	-100,05
LF Steigerung im ML	1,79	<b>-1,91</b>	-0,41	-0,34	-0,01	-0,59	-0,19	0,46
Peak max LF Elektrode	119,63	14,13	<b>205,88</b>	<b>202,83</b>	5,50	14,35	<b>191,05</b>	17,03
Peak max LF Flasche	3,20	0,60	0,58	0,63	0,08	-0,23	-0,30	-0,25
min LF Flasche	0,97	0,01	-0,04	-0,34	-0,31	-0,16	-0,01	0,21
LF bei N-Punkt	2,79	<b>-2,09</b>	-0,46	-0,64	-0,19	-0,66	-0,19	0,54
Alk max Flasche	85,05	<b>2,97</b>	-1,30	<b>1,88</b>	<b>1,83</b>	1,00	1,28	-0,45
N-Punkt	76,73	<b>8,01</b>	-1,39	-0,31	1,51	0,09	-0,36	-0,11
VL %vol.	80,53	1,58	-1,58	<b>2,58</b>	1,65	2,30	1,00	-0,67
VL Menge g	340,94	-44,63	-27,88	54,38	-9,88	-18,63	-8,38	-51,88
ML %vol.	80,99	<b>6,65</b>	-1,53	0,22	2,05	0,80	0,63	-0,30
ML Menge g	830,25	<b>395,25</b>	<b>220,75</b>	2,75	68,00	-40,50	<b>125,50</b>	86,75
NL %vol.	63,61	<b>4,92</b>	-0,75	-0,55	0,25	0,05	-1,23	0,18
NL Menge g	1634,56	<b>-277,63</b>	-168,63	<b>-213,88</b>	-183,88	<b>-222,63</b>	-126,63	-65,88



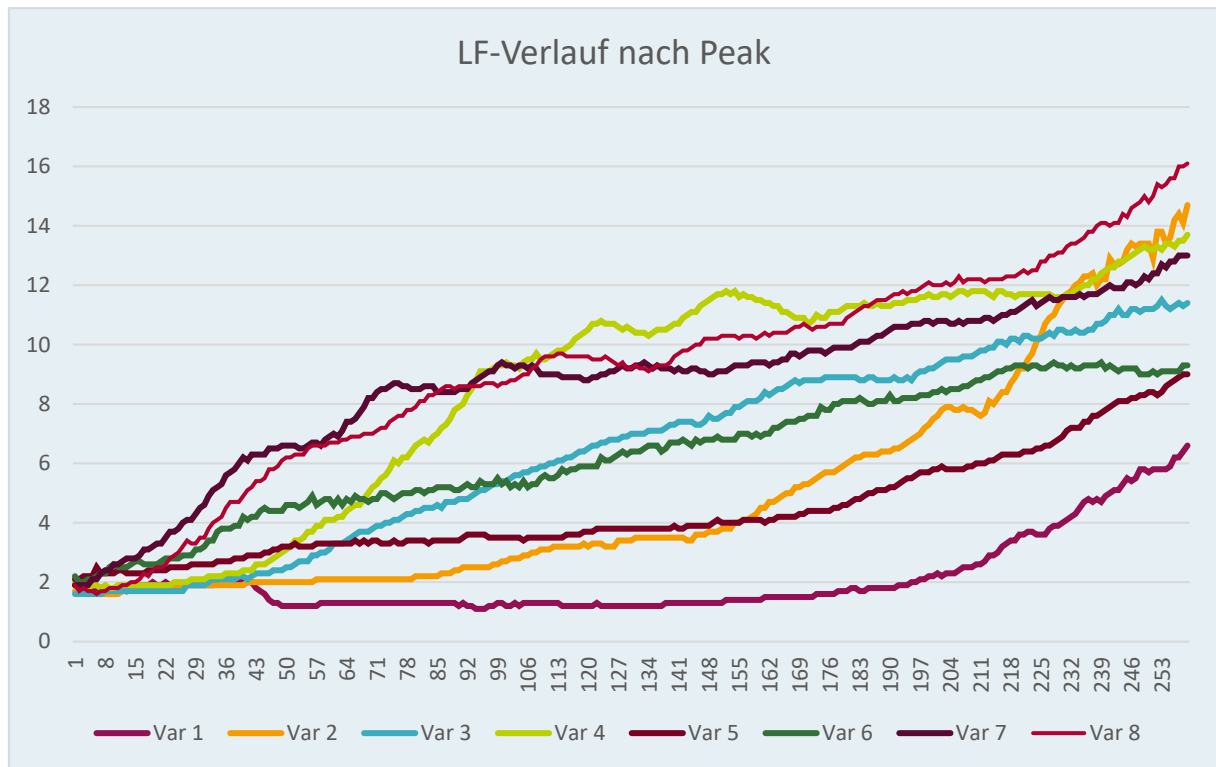


Abb. 2: Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation bei den Varianten (Die Kurven starten mit dem niedrigsten Wert nach dem Anfangspeak und reichen unterschiedlich weit in den Nachlauf.) (Abszisse: Zeit: 1 Einheit = 10 sec)

## Literatur

- Donabaum, C.** 2009: Evaluierung chemischer und physikalischer Parameter zur Nachlaufabtrennung von Stein- und Kernobstdestillaten. Diplomarbeit BOKU Wien
- Dürr, P., Albrecht, W., Gössinger, M., Hagmann, K., Pulver, D., Scholten, G.** 2010. Technologie der Obstbrennerei. 3. Aufl. – Stuttgart: Ulmer Verlag, 2010
- García-Llobodanin, I., Roca, J., López, J.R., Pérez-Correa, J.R., López, f.** 2011: The lack of reproducibility of different distillation techniques and its impact on pear spirit composition. *Int. Journal of Food Science and Technology* 46: 1956-1963.
- Gössinger, M., Eitner, C., Brandes, W., Vogl, K.** 2011: Einfluss verschiedener Prozessparameter auf wichtige Kenngrößen bei der Gleichstromdestillation von Apfelmaische. *Mitteilungen Klosterneuburg* 61: 111-118.
- Gössinger, M., Eitner, C., Brandes, W., Vogl, K.** 2012: Einfluss verschiedener Prozessparameter auf wichtige Kenngrößen bei der Gegenstromdestillation von Apfelmaische. *Mitteilungen Klosterneuburg* 62: 45-56.
- Gössinger, M., Lehner, F.** 2007: Einfluss des Destillationsverfahrens und der Dephlegmatortemperatur auf technologische und sensorische Kenngrößen bei Obstdestillaten. *Mitteilungen Klosterneuburg* 57: 83-93.
- Gössinger, M., Liebminger, A., Klaffner, c.** 2020: Die Leitfähigkeit in der Qualitätskontrolle in der Brennerei. 18. IfGB Forum, 5-8.10.2020. Graz
- Graf, M., Göllés, D., Machholz, T., Kuenz, F., Brandes, W., Baumann, R., Jäger, H., Gössinger, M.** 2020: Einfluss von Vakuumdestillation auf sensorische und analytische Parameter von Obstbränden. *Mitteilungen Klosterneuburg* 70: 157-187.
- Kleppmann, W.** 2003: Taschenbuch Versuchsplanung, München: Verlag Carl Hanser, 2003, 3. Aufl.

**Liebminger, A., Holstein, M., Dietrich, V., Goessinger, M.** 2020: Automated separation of tail fraction for fruit distillates by means of in-line conductivity measurement. *Int. J. Food Sci. Technol.* 55: 3484-3492.  
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14682>

**Liebminger, A., Philipp, C., Sari, S. A., Holstein, M., Dietrich, V., Goessinger, M.** (2021a): In-line conductivity measurement to select the best distillation technique for improving the quality of apricot brandies. *Eur Food Res Technol* 247, 1987–1997. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03766-2>

**Liebminger, A., Philipp, C., Sari, S.A., Holstein, M., Dietrich, V., Goessinger, M.** (2021b): Monitoring of carboxylic acids by in-line conductivity measurement to determine optimum distillation strategy for distilling apple brandies. submitted

**Personna, Y.R., Slater, I., Ntarlagiannis, D., Werkema, D., Szabo, Z.** 2013: Electrical signatures of ethanol-liquid mixtures: implications for monitoring biofuels migration in the subsurface. *J Contam Hydrol.* 144(1): 99-107. doi: 10.1016/j.jconhyd.2012.10.011. Epub 2012 Nov 1. PMID: 23159764

**WTW,** 2019: Leitfähigkeitsfibel – Theorie der Messtechnik und Tipps für die Praxis. Xylem Analytics Germany, Weilheim, 2019  
Eingelangt am 16. September 2021