

Auswirkungen verschiedener Brennverfahren auf Effizienz und Produktqualität bei Kleindestillationsanlagen

PAVEL M. DJAKONOV¹⁾ und M. MARINOV²⁾

1) Nationalinstitut für Untersuchung und Kontrolle der Weine
BG-1618 Sofia, 134, Tsar Boris III Bld.

2) Hochschule für Lebensmittelindustrie, Plovdiv, Bulgarien

Anhand einer periodisch wirkenden Kleindestillationsanlage, bestehend aus Destillationskolonnen, Luft- bzw. Wasserdephlegmator und Wasserbad, wurden vier verschiedene Destillationsverfahren getestet. In Versuchsreihen mit Brennweinen der Sorten Cabernet Sauvignon und Dimjat wurde festgestellt, dass das Destillationsverfahren mit Alkoholzusatz im Wasserbad und direkter Zufuhr von Alkoholwasserdampf im Kessel (Barbotage) die wirtschaftlichste Variante ist (11 % weniger Energieverbrauch als beim Destillationsverfahren mit Wasserbad). Weiters ermöglicht das Verfahren mit Barbotage der Alkoholwasserdämpfe eine Verkürzung der Erhitzungs- und Destillationsdauer um ca. 15 %. Bei einem Vergleich der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Destillatfraktionen zeigte sich, dass bei dem Verfahren mit Barbotage der Alkoholwasserdämpfe im Vergleich zu den Destillationsverfahren ohne bzw. mit Barbotage des Wasserdampfes die qualitativ hochwertigen Mittelfractionen mengenmäßig um zehn Prozentpunkte überwiegen und der Gehalt an höheren Alkoholen um ca. 30 % geringer ist. Im Zuge der Beobachtung der Destillationsdynamik war ersichtlich, dass das Rücklaufverhältnis (Debet) in den Mittelfractionen am höchsten war. Untersucht wurde auch die Zusammensetzung eines Destillats, welches aus demselben Rohstoff nach dem klassischen Verfahren (mit Luftdephlegmator) hergestellt wurde. Es wird vorgeschlagen, diese Ergebnisse als Kriterium bei der Optimierung der Zusammensetzung von Destillaten, die durch ein anderes Destillationsregime hergestellt werden, zu verwenden.

Effects of different processing methods on efficiency and product quality with small distilling plants. *Four different distilling procedures were tested by means of continuously working small distilling plants which consisted of distilling columns, air and water dephlegmators, resp., and water bath. In testing series with distillation wines from the grape cultivars Cabernet Sauvignon and Dimjat it was found out, that the distilling procedure with addition of alcohol in the water bath and direct inlet of alcoholic steam (barbotage) is the most economical variant (the consumption of energy is lower by 11 % than with the distilling procedure with water bath). Furthermore the procedure with barbotage of the alcoholic steams allows a reduction of the heating and distilling time by approx. 15 %. Analyses of the chemical compositions of the single distilling fractions showed that with this variant (barbotage of the alcoholic steams) the yield of the high-qualitative heart of the distillation is by 10 % higher than with the distilling procedures without or with barbotage of the steam. The content of higher alcohols is lower by 30 %. Observation of distilling dynamics showed, that the debit was the highest in the hearts of distillations. Additionally the composition of a distillate, that had been produced from the same raw material according to the classical method with air dephlegmator, was investigated. It is suggested, that these results should be used as a standard for the optimization of the composition of distillates produced by means of different distilling regimes.*

Les effets des différentes méthodes de distillation sur l'efficacité de petites installations de distillation et sur la qualité des produits. *Quatre méthodes de distillation différentes ont été testées sur une petite installation de distillation, composée de colonnes de distillation, de déflegmateurs d'air et d'eau ainsi que d'un bain-marie. Au cours des séries d'essais effectués avec des vins vinés des cépages Cabernet Sauvignon et Dimjat, il a été constaté que la mé-*

thode de distillation selon laquelle de l'alcool est ajouté au bain-marie et de la vapeur d'eau alcoolisée est introduite directement dans la chaudière (barbotage) constitue la variante la plus économique (consommation d'énergie réduite de 11 % par rapport à la méthode de distillation à l'aide du bain-marie). En outre, la méthode de distillation par voie de barbotage de la vapeur d'eau alcoolisée permet de réduire de 15 % environ la durée du réchauffage et de la distillation. La comparaison de la composition chimique des fractions individuelles du distillat a eu pour résultat que, lors de l'application de la méthode de barbotage de la vapeur d'eau alcoolisée, le pourcentage des eaux-de-vie de cœur de qualité supérieure était plus élevée de dix points et que la teneur en alcools supérieurs était réduite de 30 % environ par rapport à la méthode de barbotage de la vapeur d'eau pure. Au cours de l'observation de la dynamique de la distillation, il s'est révélé que la relation de débit était la plus élevée dans les eaux-de-vie de cœur. On a également examiné la composition d'un distillat produit à partir de la même matière première suivant la méthode classique (à l'aide d'un déflegmateur d'air). Il est proposé d'utiliser ces résultats en tant que critère d'optimisation de la composition de distillats obtenus par une autre méthode de distillation.

Bei der Herstellung hochwertiger Destillate in Kleinbetrieben werden häufig periodisch wirkende Kleindestillationsanlagen mit einer Größe bis zu 250 l eingesetzt. Mittels Destillationskolonne wird das im Rohprodukt vorhandene Ethanol konzentriert und das Destillat gereinigt, indem der Vor- und Nachlaufanteil bis auf ein Minimum gesenkt wird. Die Erwärmung erfolgt üblicherweise indirekt durch elektrischen Strom, Gas, flüssigen oder harten Brennstoff mittels eines Wasserbades. Der Wärmeaustausch erfolgt hierbei konvektiv-konduktiv und ist durch die Wärmeaustauschfläche, den Temperaturgradienten und die maximale Wasserbadtemperatur von 100 °C begrenzt. Daraus ergeben sich die für diese Anlagen charakteristischen Nachteile, wie die lange Erwärmungszeit bis zum Beginn des ersten Destillationszyklus und der hohe Energieverbrauch, der zum Erhitzen des Wassers im Wasserbad nötig ist (1). Durch eine Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche auf Seite des Flammenraumes kann die Erhitzungszeit des Wassers im Wasserbad verkürzt werden. Eine Erhöhung der Wärmeaustauschfläche auf der Seite der Maische ist aus konstruktionstechnischen Gründen nicht möglich, sodass auf diese Weise die Erhitzungsdauer und der Energieverbrauch nicht vermindert werden können.

Mit dem Ziel, den Energieverbrauch zu senken und die Destillationsdauer zu verkürzen, wurde ein Brennverfahren entwickelt, bei welchem zum Wasser im Wasserbad Alkohol bis zum Erreichen eines Alkoholgehalts von 6 bis 8 Vol. % zugesetzt wird (= Destillationsverfahren mit Alkoholzusatz im Wasserbad, Barbotage der Alkoholwasserdämpfe). Dadurch wird die Siedetemperatur im Wasserbad deutlich herabgesetzt. Das Wasseralkoholgemisch im Wasserbad steht in direktem Kontakt mit den Heizungselementen. Das mengenmäßig geringere Wasseralkoholgemisch beginnt früher zu sieden als die Maische. Die dabei entstehenden Dämpfe,

die einen hohen Alkoholgehalt aufweisen, gelangen über die Barbotiervorrichtung in den Maischekessel und kondensieren in der Maische (Barbotage). Auf diese Weise wird zusätzlich zum konvektiv-konduktiven Wärmeaustausch an der Kesselwand ein Wärmetransport durch Massenaustausch vom Wasserbad in den Maischekessel mit zusätzlicher Kondensationswärme erzielt. Wenn die Siedetemperatur im Wasserbad 100 °C erreicht hat, ist der Alkohol vom Wasserbad vollständig in die Maische übergegangen, und die Dampfzufuhr zum Kessel wird beendet.

Material und Methoden

Für die Versuche wurde die in Abbildung 1 gezeigte Anlage eingesetzt. Sie hat ein Nutzvolumen von 50 Litern, das Wasserbadvolumen beträgt 30 Liter. Das Wasserbad verfügt über Wärme-Isolation, ein Hydraulikschloss, das die Wassermenge konstant hält und elektrische Heizgeräte mit einer Leistung von 2 x 4 KW. Zu der Anlage gehört eine Destillationskolonne mit vier Böden und ein Wasserdephlegmator, der eine Veränderung der Phlegmazahl im Laufe des Destillationsprozesses ermöglicht. Außerdem ist die Anlage mit einem kugelförmigen Luftdephlegmator ausgerüstet, sodass sie auch als klassischer Destillationsapparat für doppeltes Brennen eingesetzt werden kann. Die für die Messung der Parameter während des Destillationsprozesses nötigen Einrichtungen, wie Thermometer, Niveaumesser und Manometer, sind vorhanden. Es wurde ein einmaliger Destillationsprozess angewandt, der beim Erreichen einer Siedetemperatur von 99,5 °C im Kessel abgebrochen wurde. Die dabei im Kubus verbliebene Alkoholmenge ist derartig gering, dass ihre Gewinnung nur bei einer unverhältnismäßigen Verlängerung des Destillationsvorganges möglich wäre.

Wärmeregime	Erhitzungs-	Destillati-	Gesamter Energiever- brauch KWh
	dauer	onsdauer	
	Min.	Min.	
A: Mit Wasserbad ohne direkte Dampfzufuhr im Kessel	65	150	14,3
B: Mit Wasserdampfzufuhr im Kessel	60	180	16
C: Mit Zusatz hochsiedender Substanz (Öl) im Wasserbad ohne Dampfzufuhr im Kessel	75	130	13,5
D: Mit Alkoholzusatz im Wasserbad und direkter Zufuhr von Alkoholwasserdampf im Kessel	45	145	12,7

Tabelle 1:

Versuchsserie 1: Erhitzungsdauer, Destillationsdauer und Energieverbrauch bei Destillation von Brennwein der Sorte *Cabernet Sauvignon* mit vier verschiedenen Destillationsverfahren

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden folgende vier bzw. drei Destillationsverfahren verglichen:

Variante A: Einfaches Destillationsverfahren mit Wasserbad ohne direkte Dampfzufuhr (ohne Barbotage)

Variante B: Destillationsverfahren mit direkter Dampfzufuhr im Kessel (mit Barbotage der Wasserdämpfe)

Variante C: Destillationsverfahren mit Zusatz hochsiedender Substanz (Öl) im Wasserbad, ohne Dampfzufuhr im Kessel

Variante D: Destillationsverfahren mit Alkoholzusatz im Wasserbad und direkter Zufuhr von Alkoholwasserdampf im Kessel (mit Barbotage der Alkoholwasserdämpfe)

Als Parameter wurden die Erhitzungsdauer der Maische bis zum Beginn der Destillation, die Destillationsdauer und mittels Elektrozähler der Energieverbrauch für ein elektrisches Heizgerät gemessen. Die auftretenden Wärmeverluste waren derart minimal, dass sie vernachlässigt werden können, die Phlegmazahl wurde bei allen Destillationsregimen gleich gehalten.

Es wurden zwei Versuchsserien durchgeführt, wobei für die Serie 1 Brennwein der Sorte *Cabernet Sauvignon* und für die Serie 2 Brennwein der Sorte *Dimjat* verwendet wurde. Die Destillate wurden in fünf und sieben Fraktionen mit unterschiedlichem Alkoholgehalt gesammelt und anschließend charakteristische Inhaltsstoffe analysiert. Die Bewertung der einzelnen Fraktio-

nen erfolgte durch Verkostung und durch Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (2). Die Analyse erfolgte mit üblichen Labormethoden sowie durch Anwendung gaschromatographischer und flüssigkeitschromatographischer Methoden (3).

Ergebnisse und Diskussion

Versuchsserie 1

Für die Versuchsserie 1 wurden jeweils 50 l Brennwein der Sorte *Cabernet Sauvignon* verwendet. Das Volumen der Flüssigkeit im Wasserbad betrug 25 l, die Destillationskolonne umfasste vier Böden und einen Dephlegmator. Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, bewirkte die direkte Einleitung von Wasserdämpfen in die Maische (Variante B) gegenüber der üblichen Wasserbaderhitzung (Variante A) eine leichte Abnahme der Erhitzungszeit. Andererseits nahm aber auch die Destillationsdauer um etwa 15 % zu, was auf die Verdünnung des Destillats mit dem aus den Wasserdämpfen gebildeten Kondensat zurückzuführen war.

Durch die Zugabe von Alkohol in das Wasserbad (Variante D) konnte die Zeitdauer für die Erhitzung gegenüber der üblichen Wasserbaderhitzung (Variante A) um etwa 30 % verkürzt werden, während die Destillationsdauer kaum beeinflusst wurde. Durch den Zusatz einer hochsiedenden Substanz in das Wasserbad (Variante C) konnte durch die Beschleunigung der Wärmeaustauschprozesse auf Grund des hohen Temperaturunterschiedes zwischen Wasserbad und Maische eine bedeutende Abnahme der Destillationsdauer erzielt werden. Die Zunahme der Erwärmungsdauer war bedeutungslos.

Fraktion	Menge	Ethanol Durchschn.	Ester	Aldehyde	Höhere Alko- hole	Flüchtige Säuren
Nr	%	Vol. %	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
Rohstoff = Brennwein <i>Dimjat</i>		11,8	168,4	72,6	182	406
Mit Wasserbad ohne direkte Dampfzufuhr im Kessel (ohne Barbotage des Dampfes in der Maische = Variante A)						
1	1,5	82,5	1986,4	647,5	2640	128,5
2	13,5	73,3	1654,3	220,7	1520	169,6
3	45	59,2	1127,4	97,2	1043	244,5
4	20	42,5	956,1	62,3	566	440,1
5	20	37,3	328,5	19,2	328	464,2
Mit Wasserdampfzufuhr im Kessel (mit Barbotage des Wasserdampfes = Variante B)						
1	1	77,2	1764,2	604,8	2880	187
2	12	71,2	1327,5	186,8	1742	196,2
3	47	54,2	959,2	74,2	1356	258,4
4	20	40,6	644,9	48,1	728	466
5	20	32,3	258,2	18,6	432	470,7
Mit Alkoholzusatz im Wasserbad und direkter Zufuhr von Alkoholwasserdampf im Kessel (mit Barbotage der Alkoholwasserdämpfe = Variante D)						
1	1,5	75,1	1428,1	576,2	2280	199,8
2	11,5	66,1	1152,7	159,2	1440	204,1
3	47	51,2	924,5	66,5	944	307,2
5	30	37,2	524,1	42,2	437	497,7
6	10	31,5	207,4	17,1	228	502,6

Tabelle 2:

Versuchsserie 2: Chemische Zusammensetzung der Destillatfraktionen aus Brennwein der Sorte *Dimjat* hergestellt mit unterschiedlichen Destillationsverfahren.

Hinsichtlich des Energieverbrauches erwies sich von den vier Destillationsverfahren die mit Alkoholwasserdämpfen arbeitende Variante D als die effizienteste, da bei ihr der Energieverbrauch um 11,1 % niedriger als bei der üblichen Wasserbaderhitzung und um 21 % geringer als beim Verfahren mit Barbotage der reinen Wasserdämpfe war (Variante B). Das Verfahren mit Zugabe einer hochsiedenden Substanz (Öl) ins Wasserbad (Variante C) hatte die kürzeste Destillationsdauer und den zweitniedrigsten Energieverbrauch. Die Anwendung dieses Verfahrens ist jedoch auf Grund der höheren technischen und technologischen Anforderungen selten.

Da bei dem Verfahren mit Wasseralkoholdämpfen zusätzlich zu den oben erwähnten Vorteilen die Möglichkeit besteht, den Alkohol qualitativ nicht entsprechender Brennweine oder des Nachlaufs zu verwerten, ohne dabei die Qualität des gewonnenen Destillates zu verschlechtern, eignet sich dieses Verfahren insbesondere für periodisch wirkende Kleindestillationsanlagen. Das von dem Dampfcondensat eingenommene Volumen im Maischekessel ist sehr klein, weil der größte Teil davon Alkohol ist, der wiederum abdestilliert wird. Daher ist es notwendig, vor jedem Arbeitszyklus eine bestimmte Menge minderwertigen, konzentrierten Alkohols in das Wasserbad nachzufüllen. Dieser wird dann nach dem Sieden und dem Übergang in die Mai-

Fraktion Nr.	Menge %	Ethanol Vol. %	Ester mg/dm ³	Aldehyde mg/dm ³	Höhere Alkohole mg/dm ³	Flüchtige Säuren mg/dm ³
Rohstoff (<i>Dimjat</i>)		11,4	186,4	74,46	186	428,5
1	1,5	54,7	1971	206,8	1610	69,9
2	18,5	52,7	1390,4	192	1540	69,9
3	10	50,6	352	76,5	1200	64,1
4	10	44,7	211,2	31	650	64
5	30	42,8	152,8	24,8	620	58,3
6	10	38,7	52,4	22,4	380	46,6
7	10	35,4	35,2	21	250	42,4
8	10	32,4	17,8	20,7	150	40,8

Tabelle 3:

Zusammensetzung von Weindestillaten, gewonnen nach dem klassischen Verfahren mit kugelförmigem Luftdephlegmator und Wasserbad

sche wiederum mit dem Destillat der Maische abdestilliert, fraktioniert und gereinigt, sodass die Qualität des Endproduktes nicht verschlechtert wird.

Versuchsserie 2

Um den Einfluss von drei verschiedenen Destillationsverfahren auf die Qualität der gewonnenen Destillate zu ermitteln, wurde eine zweite Versuchsserie mit Brennwein der Sorte *Dimjat* durchgeführt. In Tabelle 2 ist die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Destillate, aufgetrennt in mehrere Fraktionen, dargestellt.

Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, wiesen die beiden ersten Fraktionen die höchsten Gehalte an Ethanol, Estern, Aldehyden und höheren Alkoholen auf. Mit zunehmender Destillationsdauer und Fraktionenzahl nahmen deren Gehalte beständig ab. Bei den Gehalten der flüchtigen Säuren war ein gegenläufiger Trend zu beobachten, die höchsten Gehalte flüchtiger Säuren wurden in den letzten Fraktionen gemessen. Auf Grund dieser unterschiedlichen Rektifikationskoeffizienten kann man feststellen, dass die Mittelfractionen „Nr. 3“ und „Nr. 4“ insgesamt die beste Zusammensetzung des Destillates aufwiesen. Hinsichtlich der ebenfalls in Tabelle 2 zusammengefassten Mengenverhältnisse ist festzustellen, dass bei Barbotage mit Alkoholwasserdampf der Anteil der Mittelfractionen „Nr. 3“ und „Nr. 4“ mit 77 % am höchsten war, während beim Verfahren mit Wasserbad und Wasserdampf die Mittelfractionen nur 65 % beziehungsweise 67 % des Destillates ausmach-

ten. Demzufolge sollte das Verfahren mit Barbotage der Wasserdämpfe das Destillat mit der höchsten Qualität liefern. Diese Annahme kann auch anhand der in Tabelle 2 dargestellten Gehalte an höheren Alkoholen belegt werden. Bei dem Verfahren mit Barbotage der Alkoholwasserdämpfe sind die Gehalte dieser auch als Fuselöle bezeichneten Substanzen in den Mittelfractionen geringer als bei den beiden anderen Verfahren. Die anderen Analyseergebnisse wiesen zwischen den verschiedenen Brennverfahren nur geringe Unterschiede auf.

Destillationsdynamik

Die in Abbildung 2 dargestellte Destillationsdynamik beim Barbotieren mit Alkoholwasserdämpfen ist sowohl für die Theorie als auch für die Praxis von Interesse. Daraus ist ersichtlich, dass bei den Fraktionen „Nr. 3“ und „Nr. 4“ (4 und 8 l/h) das Rücklaufverhältnis (Debet) am höchsten war. Demgegenüber wiesen die ersten und letzten Fraktionen wesentlich geringere Werte auf, was für deren Abtrennung günstig ist. Zum Zwecke der Vergleichbarkeit und der Kontrolle wurde aus dem selben Rohmaterial mit dem klassischen Verfahren mit Wasserbad und kugelförmigem Luftdephlegmator ein Destillat hergestellt. Die Analyseergebnisse der einzelnen Fraktionen sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Zusammensetzung dieses Destillates kann als Kriterium für ein hochwertiges Destillat genommen und darauf aufbauend ein Optimierungsprogramm entwickelt werden. Durch die Veränderung des Mengen-

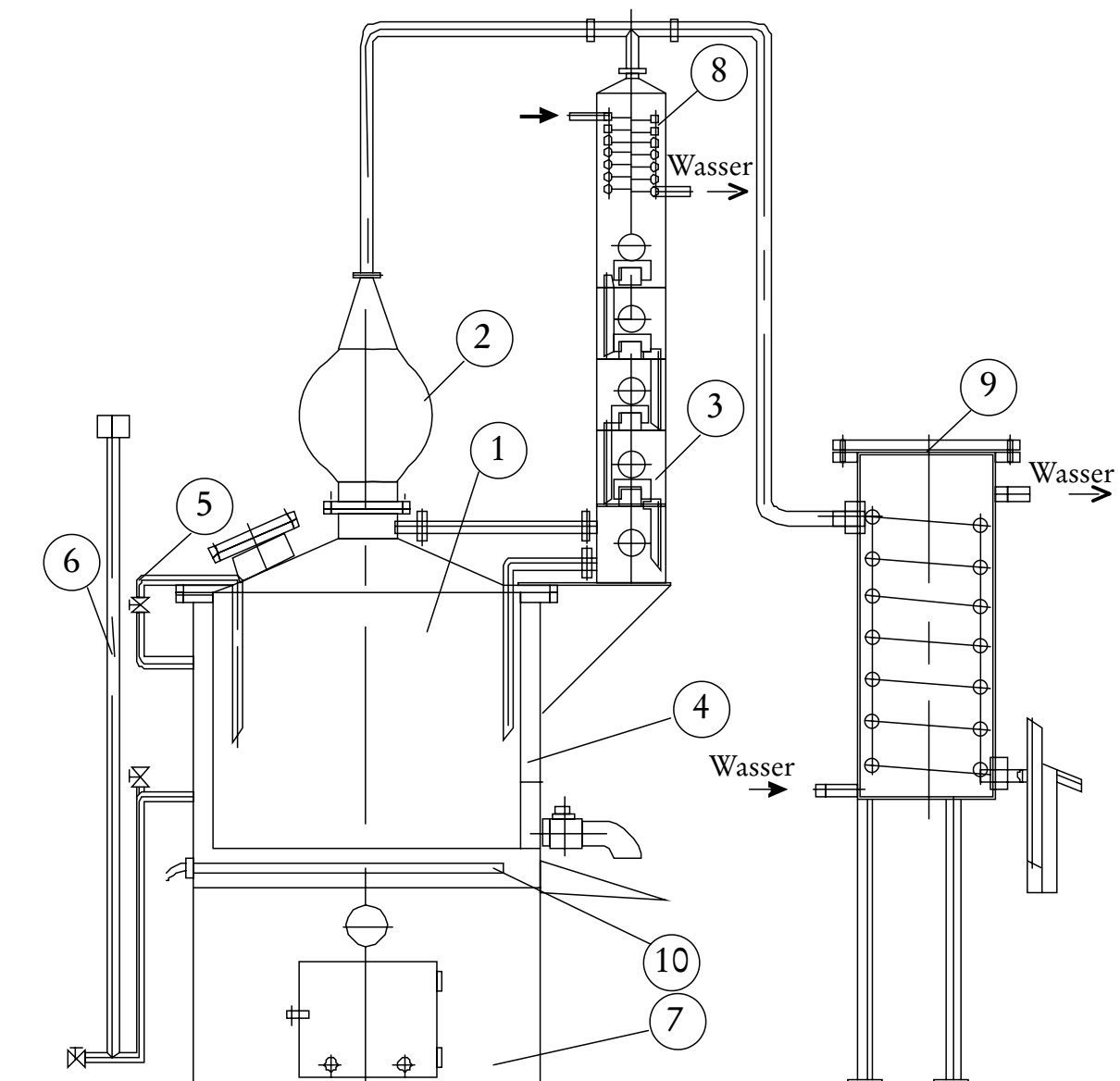


Abb. 1: Versuchsdestillationsanlage

1 - Kessel, 2 - Kugel-Dephlegmator, 3 - Destillationskolonne, 4 - Wasserbad, 5 - Barbitur, 6 - Hydraulikschloss, 7 - Feuerung, 8 - Dephlegmator, 9 - Kondensator, 10 - elektrisches Heizgerät

verhältnisses der verschiedenen Fraktionen im Enddestillat können dann auch mit anderen Destillationsverfahren Produkte erzeugt werden, die diesen Kennwerten entsprechen. Das ist aber eine Aufgabe, die erst nach der Feststellung solcher Qualitätskriterien für verschiedene Destillationsrohstoffe, wie Brennwein, Weintrub, Obstmaischen und Traubentrester, gelöst werden kann.

Literatur

- (1) PIEPER, W., BRUCHMANN, E.-E. und KOLB, E. Technologie der Obstbrennerei. – Stuttgart: Ulmer, 1977
- (2) KOCH, J. Getränkebeurteilung. – Stuttgart: Ulmer, 1986 (Handbuch der Lebensmitteltechnologie)
- (3) TANNER, H. und BRUNNER, H. R. Obstbrennerei heute : Ein Leitfaden für Kleinbrenner. – Schwäbisch Hall: VCH, 1982

Manuskript eingelangt am 7. August 1998