

WHITEPAPER

# Effizienzsteigerung in der Lebensmittelanalytik: Alternativmethoden zur SO<sub>2</sub>-Bestimmung

Basierend auf einer wissenschaftlichen Arbeit von  
**Gesa Meyer**

betreut durch  
**Dr. Pedro Braun Streb**

verfasst von  
**Caroline Siebmans**

C. Gerhardt GmbH & Co. KG  
Cäsariusstraße 97  
53639 Königswinter, Germany  
Tel.: +49 (0) 2223 2999-0  
**[www.gerhardt.de](http://www.gerhardt.de)**

Beratung: [application@gerhardt.de](mailto:application@gerhardt.de)



# INHALT

WHITEPAPER BY CG	2
DU BIST, WAS DU ISST	2
ZEIT IST GELD	3
DAS UPGRADE DER REFERENZMETHODE	4
SO <sub>2</sub> -BESTIMMUNG IM SCHNELLDURCHLAUF	5
NORMEN UND VORSCHRIFTEN	6
MEHR DETAILS ZUR ANALYSE	8
METHODEN IM ÜBERBLICK	10
ZUSAMMENFASSUNG	11
LITERATURHINWEISE	11

## WHITEPAPER BY CG

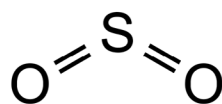
Seit 1846 sind wir bereits Entwickler und Produzent von Analysesystemen und Basisprodukten für die Laborarbeit. Dabei stehen der effiziente Einsatz und die analytische Genauigkeit unserer Systeme in Ihrem Labor für uns an erster Stelle. Deswegen begleiten wir Sie auch nach dem Kauf eines Gerhardt Gerätes in ihrem Laboralltag. Denn die Vermittlung unseres Fachwissens und der stetige Ausbau dessen sind für uns von größter Wichtigkeit.

## DU BIST, WAS DU ISST

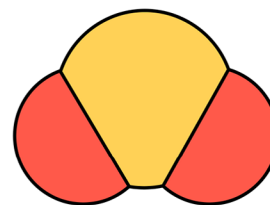
Eine gesunde und gleichzeitig nachhaltige Ernährung hat sich in den letzten Jahren zum Megatrend entwickelt und die Lebensmittelindustrie im Zuge dessen zum Umdenken gezwungen.

Dabei ist nicht nur das Bewusstsein des modernen Konsumenten bezüglich der Nährwertangaben und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln immer stärker gewachsen. Auch die Regulierung durch offizielle Institute und Behörden nimmt stetig zu. Das stellt wiederum Lebensmittelhersteller vor neue Herausforderungen: Durch strikter werdende Vorgaben müssen die Produkte genauestens analysiert werden. Nun werden zum einen Standardwerte wie der Protein- oder der Fettgehalt ermittelt, zusätzlich dazu müssen die Lebensmittel aber auch auf Parameter wie Konservierungs- und Antioxidationsmittel analysiert werden.

In diesem Whitepaper beschäftigen wir uns mit dem Konservierungsstoff Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und der Ermittlung dieses Stoffes in Lebensmitteln. Denn SO<sub>2</sub> wird - meistens gasförmig oder in Wasser gelöst - in vielen alltäglichen Lebensmittel wie Trockenfrüchten, Weinen, Kartoffelgerichten oder Meeresfrüchten eingesetzt. SO<sub>2</sub> ist bei Herstellern deswegen beliebt, weil es die Haltbarkeit verlängert, indem es das Wachstum von Pilz- und Bakterienkulturen hemmt. Zudem verlangsamt SO<sub>2</sub> den Oxidationsprozess bei Kontakt mit Sauerstoff, wodurch wiederum der Abbau von Farbstoffen, Vitaminen und Aromen verzögert wird, die Lebensmittel also länger frisch bleiben.



Schwefeldioxid



Schwefeldioxid

Abbildung 1: Chemische Darstellung von Schwefeldioxid

Neben den klassischen antimikrobiellen Eigenschaften, hat SO<sub>2</sub> jedoch auch eine toxische Wirkung, weshalb es in der EU ab einer Konzentration von 10 mg/kg eine Kennzeichnungspflicht gibt.

## HIGHLIGHTS

**„Das optimierte Monier-Williams-Verfahren ist als Referenzmethode für die Überprüfung der SO<sub>2</sub>-Konzentration in Lebensmitteln festgelegt.“**

**„SO<sub>2</sub> hat auch eine toxische Wirkung, weshalb es in der EU ab einer Konzentration von 10 mg/kg eine Kennzeichnungspflicht gibt.“**

Für Lebensmittelhersteller bedeutet das einen Balanceakt, denn einerseits ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte notwendig, gleichzeitig muss der Gehalt aber ausreichend sein, damit SO<sub>2</sub> seine volle Wirkung erzielen kann. Eine möglichst genaue und gleichzeitig effiziente Analyse ist hier also von großer Wichtigkeit, sowohl für Verbraucher als auch für Hersteller.

## ZEIT IST GELD

Eine geeignete Referenzmethode für die Überprüfung der SO<sub>2</sub>-Konzentration in Lebensmitteln ist dementsprechend von großer Bedeutung. Das optimierte Monier-Williams-Verfahren (oMW) ist, sowohl nach der Association of Official Analytical Collaboration (AOAC) 990.283 und DIN EN 1988-14 als auch nach §64 des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB5), als eben diese Referenzmethode festgelegt.

Kurz umrissen beruht das Prinzip der Methode auf einem Koch- und Destillationsprozess mit anschließender quantitativer Bestimmung des Schwefeldioxid-Gehaltes. Dabei ist anzumerken, dass die Wiederfindungsrate von SO<sub>2</sub> selbst mit dem optimierten Monier-Williams-Verfahren bei >80 % liegt. Das bedeutet, dass schwankende oder abweichende Analyseergebnisse hier nicht ungewöhnlich sind und auch in den offiziellen Normen und Vorschriften bedacht werden. Da diese Methode aber von allen Laboren verwendet wird und sich alle ermittelten Werte auf diese eine Methode beziehen, kann vernachlässigt werden, dass die Wiederfindungsrate nicht bei 100 % liegt.

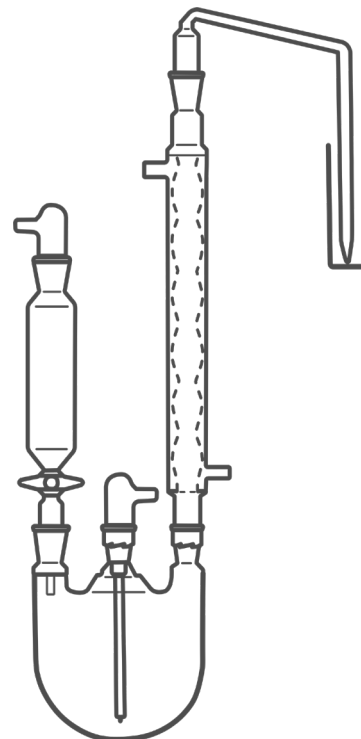


Abbildung 2: Apparatur für Monier-Williams-Verfahren

# HIGHLIGHTS

**„Der Zeit-, Platz- und Arbeitsaufwand beim optimierten Monier-Williams-Verfahren ist sehr hoch.“**

**„In der Praxis gibt es ein großes Interesse an Alternativmethoden zum Monier-Williams-Verfahren.“**

Beim oMW ist der Zeit- und Arbeitsaufwand mit über zwei Stunden pro Messung allerdings sehr hoch, zumal die Arbeitsschritte auch noch manuell ausgeführt werden müssen. Zudem kann pro Apparatur immer nur eine Probe gemessen werden.

Dieser hohe Aufwand ist besonders für Labore mit einem hohen Probandendurchsatz problematisch. In der Praxis gibt es daher ein großes Interesse an Alternativmethoden, welche gleichwertige Ergebnisse erzeugen.

Aber so sehr der Markt auch danach strebt, kann eine Analyse nicht immer einfach abgeändert oder automatisiert werden. Die Anpassung einer Methode oder sogar das Erstellen einer komplett neuen Methode sind eine Herausforderung, da sie intensive Forschungsarbeit, vorallem aber eine Validierung benötigen.

## DAS UPGRADE DER REFERENZMETHODE

Die Automatisierung einer Methode ist für Labore bereits eine große Hilfe, da die Arbeit dadurch meistens nicht nur effizienter, sondern auch sicherer für das Laborpersonal wird.

Die Infrarot-Aufschlussapparatur TURBOTHERM kann beispielsweise speziell für die SO<sub>2</sub>-Bestimmung modifiziert werden, wodurch der analytische Ablauf deutlich automatisierter stattfinden kann. Die Apparatur besteht dann neben der Heizspirale noch aus Aufschlussgefäßen mit Stickstoffzufluss und einem Hals für Tropftrichter, Kugelhühler und Absorptionsgefäßen.

Im Gegensatz zum oMW-Verfahren werden bei dieser Apparatur also keine Stativstangen oder Halteklammern verwendet, wodurch der Platzbedarf im Labor stark verringert wird. Zudem gibt es deutlich weniger Schliffverbindungen, wodurch die Fehleranfälligkeit der Methode reduziert wird.



Abbildung 3: Modifizierte TURBOTHERM Apparatur

## HIGHLIGHTS

**„Mit dem VAPODEST 550 kann der SO<sub>2</sub>-Gehalt einer Probe in weniger als 10 Minuten ermittelt werden.“**

Analytisch betrachtet, orientiert sich diese Methode stark an dem optimierten Monier-Williams Verfahren. Zunächst werden die Aufschlussgläser und die Absorptionsgefäße mit Wasser und bestimmten Lösungen gespült. Im Anschluss wird zusätzlich dazu das gesamte System für 15 Minuten mit Stickstoff gespült.

Dann werden die Proben für 1:45 Stunden am Sieden gehalten, anschließend die Absorptionsgefäße entfernt und die Vorlagen in Erlenmeyerkolben überführt. Die Titration erfolgt auch bei der TURBOTHERM-Methode mittels Titrator, wobei die Berechnung des Massenanteils an SO<sub>2</sub> analog zur Referenzmethode erfolgt.

Im Gegensatz zum oMW bietet die modifizierte TURBOTHERM-Apparatur den großen Vorteil, dass vier Proben parallel in einer Apparatur gemessen werden können, während in einer Apparatur vom oMW jeweils nur eine Probe analysiert werden kann. Die Platzeinsparung im Labor ist bei der Verwendung des TURBOTHERM also enorm. Dadurch, dass die Arbeitsschritte zudem automatisierter ablaufen, spart das Laborpersonal nicht nur Platz, sondern auch wertvolle Zeit.

## SO<sub>2</sub>-BESTIMMUNG IM SCHNELLDURCHLAUF

Während TURBOTHERM bereits einen deutlichen Vorteil gegenüber dem optimierten Monier-Williams-Verfahren bietet, was die Platzersparnis und den Automatisierungsgrad betrifft, so geht das Wasserdampfdestilliersystem VAPODEST 550 sogar noch einen Schritt weiter: Hiermit kann die SO<sub>2</sub>-Analyse vollautomatisiert und in weniger als 10 Minuten pro Probe durchgeführt werden.

Mit VAPODEST 550 wird der SO<sub>2</sub>-Gehalt durch eine vollautomatische Wasserdampfdestillation und anschließende Titration bestimmt. Dafür sind Chemikalien und Vorlagenzugabe in dem System integriert, ebenso wie die Proben- und Vorlagenabsaugung und der Titrator.

Vor jeder Nutzung muss das Gerät durch eine Leerdestillation erhitzt und der Blindwert der Vorlagenlösung bestimmt werden. Durch die Wasserzugabe während der Destillation erhöht sich der pH-Wert der Vorlagenlösung. Dieser wird als Endpunkt für die Titration bei den Proben eingestellt.



Abbildung 4: VAPODEST 550 im Labor

**„Die analytische Qualität eines Verfahrens ist besser, je höher die Wiederfindungsrate ist.“**

Die Probe wird in das Aufschlussgefäß gegeben und sechs Minuten lang destilliert. Anschließend erfolgt automatisch die Titration mit Natriumhydroxid-Lösung (0,01 mol/l). Die Berechnung des SO<sub>2</sub>-Gehaltes erfolgt auch hier analog zur Referenzmethode, allerdings fällt der Abzug des Blindwertes weg.

## NORMEN UND VORSCHRIFTEN

Nicht nur die Lebensmittelindustrie muss sich an strikte Vorgaben und Regulierungen halten. Auch die moderne Analytik muss den hohen Ansprüchen von verschärften Auflagen und Anforderungen aus nationalen und internationalen Normen und Richtlinien, wie z.B. vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), DIN, ISO oder AOAC, gerecht werden. Und diese Ansprüche müssen natürlich auch angepasste Analysemethoden erfüllen. Daher werden die Methoden zunächst auf ihre Wiederfindungsrate überprüft, bevor sie wirklich in Laboren angewendet werden können.

Die Wiederfindungsrate dient als Indikator für die Qualität von analytischen Verfahren und wird meistens in Prozent angegeben. Sie wird ermittelt, indem das Verfahren vielfach mit verschiedenen Probenmatrizes und -mengen wiederholt wird. Dabei ist die analytische Qualität des Verfahrens besser, je höher die Wiederfindungsrate ist.

Zur Überprüfung der Wiederfindungsrate bei den angepassten Analysemethoden zur SO<sub>2</sub>-Bestimmung mit TURBOTHERM und VAPODEST wurden vorwiegend handelsübliche Lebensmittelproben wie Fleisch, Wein oder Kartoffelbrei untersucht. Zusätzlich dazu wurden drei Qualitätskontrollmaterialien - also geprüfetes und standardisiertes Probenmaterial - von FAPAS<sup>1</sup> zur zusätzlichen Überprüfung der Richtigkeit analysiert.

Die Probenvorbereitung war, wie auch sonst in der Analytik, von der jeweiligen Konsistenz und Zusammensetzung der Probenmatrix abhängig. In diesem Fall wurden die Proben, falls nötig, zerkleinert und homogenisiert. Die Einführung in den Aufschlusskolben erfolgte entweder mit Wägepapier oder einer Pipette. Zudem wurden die Proben bei VAPODEST zum Teil vor der Analyse in destilliertem Wasser aufgeschlämmt, um eine Klumpenbildung während der Analyse zu verhindern.

Bevor es allerdings zur Analyse normaler Proben kam, wurde zunächst mit allen drei Methoden eine sechsfache Bestimmung einer Hydroxymethanesulfonate-Lösung (HMS-Lösung) mit 100 mg SO<sub>2</sub> pro Kilogramm vorgenommen. Da der SO<sub>2</sub>-Gehalt dieser Lösung bereits vorgegeben ist, gilt sie als Standard für die Analyseergebnisse.

<sup>1</sup> FAPAS – ISO-akkreditiertes Forschungsbüro für Lebensmittel und Umwelt. Anbieter eines umfassenden, globalen Ringtestprogramms im Lebensmittelbereich.

# HIGHLIGHTS

## Wiederfindungsraten:

oMW	80,0 %
TURBOTHERM	88,5 %
VAPODEST	94,4 %

In diesem Fall wurden jeweils drei Arbeitsbereiche mit den Absolutwerten 1 g, 5 g und 10 g gewählt, die dann bestimmt wurden:

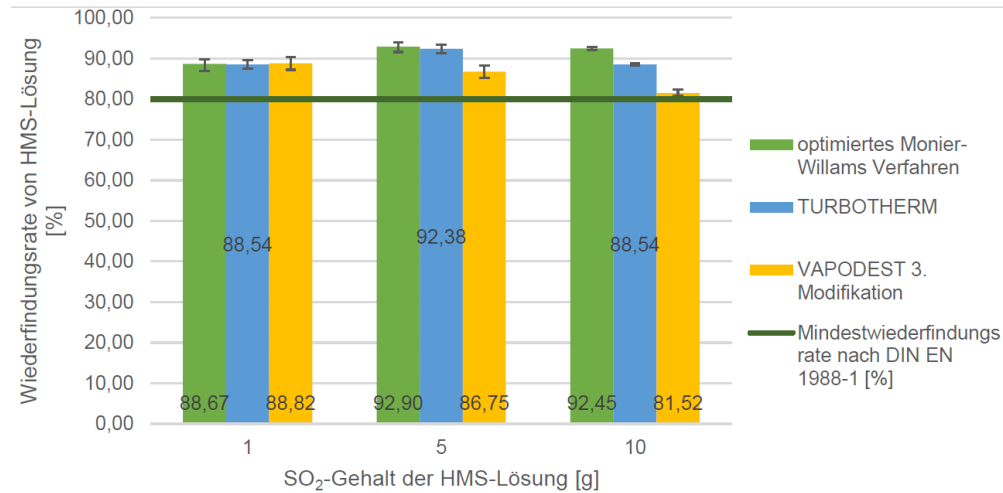


Abbildung 5: Vergleich der Wiederfindungsraten in % des Standards HMS und mit verschiedenen SO<sub>2</sub>-Gehältern der verschiedenen Methoden

Die anschließend ermittelte Wiederfindungsrate für TURBOTHERM lag bei 88,5 % ± 1,1 %. Diese Rate liegt damit über dem nach AOAC 990.28 und DIN EN 1988-1 festgelegten Grenzwert von 80 % und ist demnach mehr als akzeptabel.

Auch bei VAPODEST wurde der Analysevorgang zunächst mit einer Lösung, in diesem Falle einer Natriumdisulfit-Lösung, mit 100 ppm SO<sub>2</sub> durchgeführt. Dabei wurde eine Wiederfindungsrate von 94,4 % ± 1,7 % erreicht. Die Rate liegt also auch hier wieder oberhalb des Grenzwertes nach AOAC 990.28 und DIN EN 1988-1.

Wurde bei dem Analysevorgang mit VAPODEST allerdings die Bestimmung der HMS-Lösung vorgenommen, so wie bei TURBOTHERM, lag die Wiederfindungsrate nur noch bei 49,5 %. Der Grund für diese geringe Wiederfindung sind die unterschiedlichen Analysebedingungen zum Referenzverfahren nach Monier-Williams. Denn während das TURBOTHERM-Verfahren analytisch betrachtet sehr ähnlich zum optimierten Monier-Williams-Verfahren ist, unterscheidet sich das VAPODEST-Verfahren deutlich.

Die entscheidenden Unterschiede hierbei sind die kurze Analysezeit und die Verwendung von Phosphorsäure, die einen höheren pKs-Wert hat, als die bei Monier-Williams und TURBOTHERM verwendete Salzsäure. Diese Unterschiede führen dazu, dass HMS als Standard für VAPODEST nicht ideal ist, da die Säurestärke der Phosphorsäure für die Analyse nicht ausreichend ist.

Und obwohl Natriumdisulfit normalerweise nicht als Standard empfohlen wird, da es leicht flüchtig ist, zeigen die Ergebnisse mit VAPODEST jedoch, dass mit einer frisch angesetzten Lösung eine sehr gute Wiederfindung erlangt werden kann. Deshalb wird Natriumdisulfit für VAPODEST als Standard empfohlen.

„Es ist sogar wahrscheinlich, dass die mit TURBOTHERM und VAPODEST bestimmten Gehalte näher an dem wahren Wert liegen als es die Gehalte mit dem optimierten Monier-Williams Verfahren tun.“

## MEHR DETAILS ZUR ANALYSE

Für den Vergleich der drei Methoden wurden die verschiedenen Proben jeweils mit dem optimierten Monier-Williams-Verfahren, mit TURBOTHERM und mit VAPODEST mit der alkalimetrischen Methode in Mehrfach-Bestimmung gemessen. Waren die ermittelten Gehalte mit VAPODEST bei der alkalimetrischen Methode auffällig, erfolgte zusätzlich die iodometrische Bestimmung der Proben.

Die mit den verschiedenen Methoden ermittelten Analyseergebnisse wurden durch den Mittelwert der Mehrfach-Bestimmung gebildet. Für die Methoden mit VAPODEST und TURBOTHERM wurde anschließend die prozentuale Ergebnisabweichung, auch Bias genannt, zu dem optimierten Monier-Williams Verfahren gebildet.

Tabelle 1: Methodenvergleich der TURBOTHERM und VAPODEST Methoden mit dem optimierten Monier-Williams Verfahren als Referenzverfahren. Jeweils Angabe der prozentualen Ergebnisabweichung – Bias.

Probe	Referenzverfahren	TURBOTHERM		VAPODEST alkalimetrisch		VAPODEST iodometrisch	
	Gehalt [mg/kg]	Gehalt [mg/kg]	Bias	Gehalt [mg/kg]	Bias	Gehalt [mg/kg]	Bias
Garnelen	17,7	19,6	9,6 %	19,2	7,8 %	-	-
Kartoffelbrei	25,5	27,6	7,5 %	86,2	70,5 %	27,5	7,3 %
Wein (Ringtest-Probe)	100,8	101,7	0,8 %	136,6	26,2 %	99,8	1,0 %
Wein (CG-Probe)	150,3	153,3	2,0 %	172,8	13,0 %	154,8	2,9 %
Fleisch	452,0	463,8	2,5 %	477,1	5,3 %	-	-
Meerrettich	708,1	716,8	1,2 %	916,9	22,8 %	713,2	0,7 %
Knödelhilfe	1441,4	1499,9	3,9 %	1503,0	4,1 %	-	-
getrocknete Aprikosen	2307,0	2285,5	-0,9 %	2152,3	-7,2 %	-	-

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass der Bias zwischen TURBOTHERM und dem dem optimierten Monier-Williams Verfahren zwischen -0,9 % und 9,6 % liegt. Interessant dabei ist, dass die höheren Abweichungen bei den Proben mit den niedrigsten Schwefeldioxid-Gehalten liegen, nämlich den Garnelen und dem Kartoffelbrei.

Bei der alkalimetrischen Methode mit VAPODEST liegt der Bias bei vier Proben deutlich über zehn Prozent. Alle diese Proben enthalten weitere flüchtige Bestandteile, wie flüchtige Säuren, die nach der Destillation mitbestimmt werden und wodurch es zu einer Überbestimmung kommt. Es lässt sich also festhalten, dass die VAPODEST-Methode nicht für Proben mit flüchtigen Bestandteilen geeignet ist.

Bei den anderen Proben liegt der Bias zwischen VAPODEST und dem optimiertem Monier-Williams Verfahren zwischen -7,2 % und 7,8 %. Die Proben, die mit der alkalimetrischen Titration zu falschen Ergebnissen führten, wurden zusätzlich iodometrisch bestimmt.



# HIGHLIGHTS

**„Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der TURBOTHERM äquivalente Ergebnisse zum Referenzverfahren liefert, die den SO<sub>2</sub>-Gehalt sogar etwas genauer wiedergeben.“**

Hierbei lag der Bias zwischen 0,7 % und 7,3 % - also sogar besser als bei TURBOTHERM, da die weiteren flüchtigen Bestandteile einer Probe mit der iodometrischen Methode nicht mitgemessen werden.

Tendenziell liegen die ermittelten Gehalte mit TURBOTHERM und VAPODEST also über denen des Referenzverfahrens. Das ist allerdings kein schlechtes Zeichen. Ganz im Gegenteil: Es ist sogar wahrscheinlich, dass die mit TURBOTHERM und VAPODEST bestimmten Gehalte näher an dem wahren Wert liegen als es die Gehalte mit dem optimierten Monier-Williams Verfahren tun. Denn das optimierte Monier-Williams Verfahren ist zwar die Referenzmethode, sie spiegelt aber auch nicht immer den exakten SO<sub>2</sub>-Gehalt einer Probe wider.

Um die Ergebnisse mit VAPODEST und TURBOTHERM nochmals auf ihre Richtigkeit zu überprüfen, wurden die z-Scores von dem FAPAS-Referenzmaterial, also den drei Proben zur Qualitätskontrolle, ermittelt. Bei den Proben handelte es sich um Fleisch, Wein und getrocknete Aprikosen.

Der z-Score dient zur Standardisierung der Messabweichung durch Sollwert und Standardabweichung. Mit einem z-Score zwischen -2 und +2 liegt der Wert innerhalb des 95%-igen Streubereiches und ist damit akzeptabel.

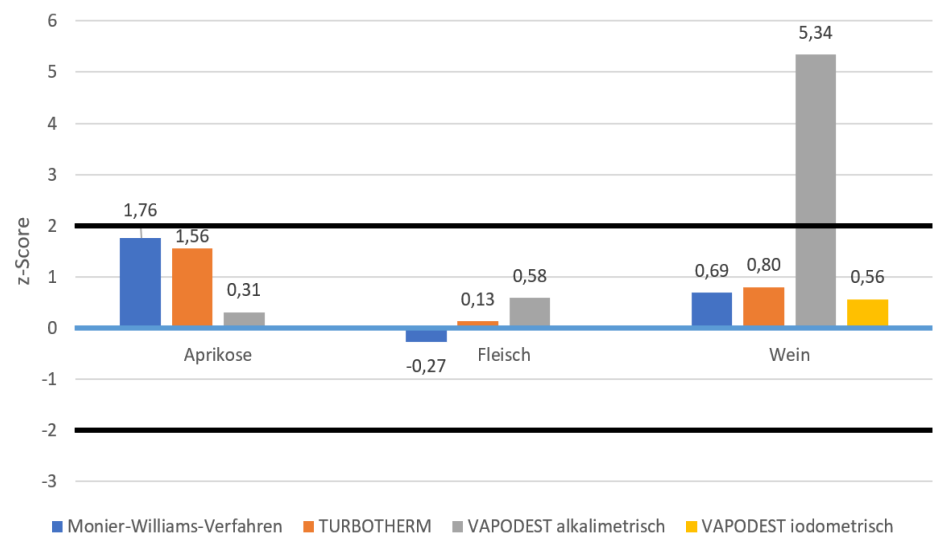


Abbildung 6: z-Score der ermittelten SO<sub>2</sub>-Gehalte in FAPAS-Proben mit den verschiedenen Methoden.

Der z-Score für die alkalimetrische Bestimmung von Wein mit VAPODEST liegt mit 5,34 deutlich über dem Grenzwert. Daraus erschließt sich, dass das Ergebnis falsch ist und die VAPODEST-Methode für diese Probe nicht geeignet ist.

Alle anderen z-Scores liegen innerhalb des Toleranzbereiches und können als richtig akzeptiert werden. Für diese Proben sind die verschiedenen Methoden zur SO<sub>2</sub>-Bestimmung, also sowohl die TURBOTHERM-Methode als auch die alkalimetrische VAPODEST-Methode geeignet.

# HIGHLIGHTS

„Da sich die VAPODEST-Methode analytisch stark vom Referenzverfahren unterscheidet, kann es bei Proben mit weiteren flüchtigen Säuren zu falschen Ergebnissen kommen.“

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass TURBOTHERM äquivalente Ergebnisse zum Referenzverfahren liefert, die den SO<sub>2</sub>-Gehalt sogar etwas genauer wiedergeben. Da die Methode sich stark am optimierten Monier-Williams Verfahren orientiert, war das zu erwarten.

VAPODEST ermöglicht durch die Wasserdampfdestillation eine sehr schnelle und automatisierte Bestimmung von Schwefeldioxid. Da sich die Methode analytisch jedoch stark vom Referenzverfahren unterscheidet, muss im Vorfeld in Abhängigkeit von der Probe die passende Methode gewählt werden, da es bei Proben mit weiteren flüchtigen Säuren zu falschen Ergebnissen kommen kann.

## METHODEN IM ÜBERBLICK

Die drei Methoden sind also alle im Labor einsetzbar, unterscheiden sich aber in diversen Punkten voneinander.

Tabelle 2: Methoden im Vergleich

Methode	Zeit	Probenanzahl	Automatisierung	Wiederfindungsrate	Probenart
Monier-Williams	2 h	1	manuell	80 %	alle
TURBOTHERM	2 h	4	teilautomatisiert	88,5 %	alle
VAPODEST	6 min	1	vollautomatisiert	94,4 % / 49,5 %	begrenzt

Der größte Unterschied ist der Automatisierungsgrad der Apparaturen. Während das optimierte Monier-Williams-Verfahren komplett manuell durchgeführt werden muss, beinhaltet der Prozess mit der TURBOTHERM-Apparatur schon deutlich weniger manuelle Arbeitsschritte, da der Siedeprozess komplett vom Gerät gesteuert wird. Ganz abgesehen davon, dass die TURBOTHERM-Apparatur bereits beim Aufbau und auch während des Betriebs deutlich einfacher und sicherer in der Handhabung ist.

Zudem nimmt ein TURBOTHERM, in dem vier Proben gleichzeitig analysiert werden können, ebenso viel Platz ein wie die Apparatur für das optimierte Monier-Williams-Verfahren, in der jedoch nur eine Probe gleichzeitig analysiert werden kann.

Bei VAPODEST ist der Arbeitsablauf sogar vollständig automatisiert, da zusätzlich zum Siedeprozess auch die Zugabe der Chemikalien und die Titration über das System gesteuert werden. Beim Einsatz von VAPODEST mit automatischem Probenwechsler (VAPODEST 550 C) läuft sogar die Probenzufuhr automatisiert ab. Auch der Platzbedarf ist bei VAPODEST geringer, da das System deutlich kompakter ist als die Apparatur des Referenzverfahrens. Bei Verwendung des VAPODEST 550 C mit Probenwechsler wird der Platzbedarf natürlich größer.

## LITERATUR

- (1) Eisenbrand, G.; Schreier, P., Eds. RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie, 2., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage; RÖMPP Lexikon Erg; Thieme: Stuttgart, 2014.
- (2) VERORDNUNG (EG) Nr. 1331/2008 des Europäischen Parlamentes und Rates über ein einheitliches Zulassungsverfahren für Lebensmittelzusatzstoffe, -enzyme und -aromen, 2008.
- (3) AOAC, Official Method 990.28 Sulfites in food, optimized Monier-Williams Method, 2000
- (4) DIN e.V. (Hrsg.) DIN EN 1988-1 Lebensmittel - Bestimmung von Sulfit - Teil 1: Optimiertes Monier-Williams-Verfahren; Deutsche Fassung EN 1988-1:1998; Beuth Verlag GmbH: Berlin, 1998.
- (5) Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch §64: LFGB § 64, 2021.
- (6) Hillery, B. R.; Elkins, E. R.; Warner, C. R.; Daniels, D.; Fazio, T.; Balazs, P.; Bosquez, M. H.; Chaddha, R.; Cordes, S.; Couture, K. Optimized Monier-Williams method for determination of sulfites in foods: collaborative study. Journal - Association of Official Analytical Chemists 1989, 72, 470-475.
- (7) Meyer, G.; Wissenschaftliche Arbeit zum Thema „Nachweis von Schwefeldioxid in Lebensmitteln - Einsatz einer Infrarot-Aufschlusseinheit sowie eines Wasserdampfdestillationssystems im Methodenvergleich zur Referenzmethode.“

Die Automatisierung des Analyseprozesses ermöglicht zudem ein sichereres Arbeiten für das Laborpersonal, da der Kontakt mit den bei der Analyse verwendeten Chemikalien vermieden wird. Ein weiterer Vorteil der TURBOTHERM- und VAPODEST-Methode.

Zusätzlich dazu bringt die Automatisierung des Referenzverfahrens eine Zeitersparnis für das Laborpersonal mit sich. Dieser Zeitgewinn entsteht bei TURBOTHERM dadurch, dass in der Apparatur vier Proben gleichzeitig analysiert werden können und dadurch eine deutliche Platzeinsparung entsteht.

Bei VAPODEST kommt die Zeitersparnis wiederum durch die anderen analytischen Bedingungen zustande und ist mit einer Reduzierung von 120 auf unter 10 Minuten deutlich größer.

Die VAPODEST-Methode bringt jedoch auch Einbußen mit sich, da die Analyse von Proben mit flüchtigen Bestandteilen eine Überbestimmung zur Folge hat und für diese Probenart folglich nicht geeignet ist. Während mit dem optimierten Monier-Williams- und dem TURBOTHERM-Verfahren alle Probenarten analysierbar sind, ist das Probenspektrum bei VAPODEST etwas begrenzter.

## ZUSAMMENFASSUNG

Abschließend lässt sich also festhalten, dass die VAPODEST-Methode zur SO<sub>2</sub>-Bestimmung nur bei Probenmatrizes ohne flüchtige Säuren als Alternativmethode zum oMW eingesetzt werden kann. Wenn es sich aber um solche nicht-flüchtigen Proben handelt, dann ist die Wiederfindungsrate verlässlich und die Handhabung im Laboralltag deutlich effizienter und sicherer für den Anwender als die Referenzmethode.

Die TURBOTHERM-Methode zur SO<sub>2</sub>-Bestimmung kann wiederum bei allen Probenmatrizes gut als Alternativmethode zum oMW eingesetzt werden. Durch ihre analytische Ähnlichkeit zur Referenzmethode bietet sie eine sichere Wiederfindungsrate und dem Anwender zudem eine große Platzeinsparnis im Labor.