

**Strafsache DE MONTGAZON: Stellungnahme zur  
„Ergänzenden Gutachterlichen Stellungnahme“ von Dr. K. Allin vom 20.09.02**

**Allgemeines**

Der Nachweis von brandfördernden Mitteln in Brandrückständen (Brandschutt) stellt eine anspruchsvolle Analytik dar, die eine entsprechende Grätetechnik und erfahrene Bearbeiter erfordert. Die Methode der Wahl ist die Kombination von hochauflösender Kapillar-Gaschromatographie mit der Massenspektrometrie; zur Extraktion der betreffenden Verbindungen aus den Brandschutt-Proben werden Headspace-Technik, Thermodesorption oder auch in jüngster Zeit die Festphasen-Mikroextraktion angewandt.

Die Problematik der Brandschutt-Analytik ergibt sich einerseits aus dem heterogenen und unikal Charakter der zu untersuchenden Proben und andererseits aus der Vielfalt der möglichen Brandbeschleuniger. Bei den am meisten eingesetzten Erdölfraktionen (Petrolether, Otto- und Dieselkraftstoffe) handelt es sich um Gemische mit jeweils über 100 individuellen Verbindungen (Kohlenwasserstoffe), die sich über einen weiten Siedebereich erstrecken. Bedingt durch ihren hydrophoben Charakter werden unverbrannte Rückstände nicht völlig mit dem Löschwasser weggespült und verbleiben im Brandschutt. Das bei der Analytik erhaltene Substanzspektrum entspricht nicht immer den eingesetzten Brandmitteln, weil durch die Hitzeentwicklung die leichter flüchtigen Inhaltsstoffe stärker abdampfen. Erschwerend kommt dazu, dass bei Bränden neben den Verbrennungsprodukten Wasser, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid auch in geringerem Maße eine Vielzahl an organischen Verbindungen als Produkte der unvollständigen Verbrennung bzw. der Pyrolyse (Zersetzung durch Hitze – ohne Verbrennung) gebildet werden, die z. T. identisch mit charakteristischen Inhaltsstoffen der oben genannten Brandbeschleuniger sein können oder sich selbst mit effizienten Kapillarsäulen nur schwierig von diesen abtrennen lassen. Außerdem existieren andere Quellen - wie z. B. Lösungsmittel, Verdünner, Dachpappe und andere technische Produkte und Dinge des täglichen Bedarfs - mit zum Teil gleicher Zusammensetzung an typischen Kohlenwasserstoffen wie die oben erwähnten Brandlegemitteln. Durch all diese Fakten wird die Anwendung von charakteristischen Leitkomponenten zur Identifizierung von Brandbeschleunigern erschwert. In der Fachliteratur hat man sich daher intensiv mit der Problematik der Vermeidung von falsch positiven Aussagen beschäftigt. Es wurden Auswertalgorithmen vorgeschlagen, um Kraftstoffe anhand der Anwesenheit von typischen Leitkomponenten sowie ihren Identitätsverhältnisse zu identifizieren und von anderen Quellen (Pyrolyseprodukte) zu unterscheiden.

Im Gegensatz zur wissenschaftlich recht gut untersuchten Analytik von Brandbeschleunigern auf Kohlenwasserstoffbasis gibt es nur wenig Hinweise in der Fachliteratur zum Nachweis von vergälltem Alkohol (Spiritus) als Brandbeschleuniger. Eine Literaturrecherche zu den Stichworten „arson, debris“ ergab insgesamt 79 Zitate (Publikationen, Konferenzberichte, Reports), von denen sich nur ein Zitat (Vortragsabstract von einer internationalen Konferenz 1993) mit vergälltem Alkohol befasst hat, alle anderen hatten Brandbeschleuniger auf Kohlenwasserstoffbasis zum Gegenstand. Auf dieses Literaturzitat wird weiter unten nochmals eingegangen, weil die Ergebnisse im Gegensatz zu den Aussagen von Dr. Allin stehen.

Beim Nachweis von Alkohol als Brandbeschleuniger stützt man sich auf die Vergällungsmittel, die dem Alkohol in geringer Menge zugesetzt werden. Hierbei besteht die Problematik darin, dass Ethanol (Siedepunkt 78 ° C) sowie die in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen Vergällungsmittel 2-Butanon (Siedepunkt 80 ° C), 3-Methyl-2-butanon (Siedepunkt ca. 95 ° C) und 5-Methyl-3-heptanon (Siedepunkt ca. 160 ° C) zu den gut verdampfenden Stoffen zählen sowie aufgrund ihrer guten Wasserlöslichkeit mit dem Löschwasser ausgeschwemmt werden können. Für den Nachweis von Brennsprit existieren somit nur eine sehr geringe Anzahl – vier - identifizierender Merkmale (sog. Indikatoren oder Schlüsselverbindungen). Neben ihrer unterschiedlichen Wasserlöslichkeit ist zudem zu beachten, dass für einige dieser Komponenten, wie weiter unten ausgeführt, auch andere Quellen existieren. Beispielsweise ist 2-Butanon in mehreren Produkten vorhanden und wird auch – wie in zahlreichen Publikationen beschrieben – bei Brand- und Pyrolyseprozessen (u. a. Holzbrand, Zigarettenrauch) neu gebildet. Aus diesen Gründen gestalten sich Nachweis sowie eine Vermeidung von falsch positiven Aussagen wesentlich schwieriger als bei Brandbeschleunigern auf der Basis von Kohlenwasserstoffen.

Die von Dr. Allin vorgelegte „Ergänzende Gutachterliche Stellungnahme“ vom 20.09.2006 zeigt ebenso wie die am 06.12.2004 im Landgericht Berlin erhaltene Beschreibung der bei der LKA PTU 31 angewandten Arbeitsprozeduren, dass die Einrichtung über die erforderliche gerätetechnische Ausstattung sowie über jahrelange Erfahrung bei der Analytik von Brandrückständen bzw. Brandschuttproben verfügt.

Die wesentlichen Aussagen in der „Ergänzenden Gutachterlichen Stellungnahme“ sind aus Sicht des Unterzeichners aber nicht zutreffend.

### **Zur „Kappungsgrenze“**

Der Nachweis von 3-Methyl-2-Butanon stützt sich auf die gaschromatographische Retentionszeit in Verbindung mit dem Signal bei der Massenzahl 86 (Molpeak von 3-Methyl-2-Butanon) im Massenspektrum.

In der analytischen Chemie ist es üblich, die erhaltenen Messwerte (im vorliegenden Fall die Fläche oder Höhe des MS-Signals bei der Massenzahl 86) durch Anwendung von Kalibrationsverfahren in Konzentrationswerte umzurechnen. Dies wäre bei den Brandschuttproben theoretisch zwar machbar, aber aufgrund ihres heterogenen Charakters sowie unterschiedlichen Wassergehaltes wenig sinnvoll. Die von Dr. Allin beschriebene Festlegung einer Kappungsgrenze ist daher als ein Versuch zu werten, in Anlehnung an die Festlegung von Nachweis- und Bestimmungsgrenze einen praktikablen und nachvollziehbaren Mindestwert für die Intensität des Signals bei der Massenzahl MZ = 86 zu finden, der sich signifikant vom Rauschpegel („Blindwert“) abhebt und als Kriterium für das Vorhandensein eines charakteristischen MS-Signals und damit der Substanz 3-Methyl-2-butanon in der Probe dient. Die Prozedur ist nachvollziehbar beschrieben. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass diese Kappungsgrenze von der dosierten Probemenge abhängt, d. h. vom Volumen der aus den Probebeuteln entnommenen Gasphase. Diese richtet sich – wie in der „Beschreibung“ angegeben - nach der Konzentration ionisierbarer Substanzen, die in Vorversuchen unmittelbar nach Probeneingang mittels eines Photoionisationsdetektors (PID) ermittelt wird. Diese Vorgehensweise mag zwar für die Laboranalytik sehr hilfreich sein, um einerseits genügend große Signale zu erhalten und andererseits eine Überladung der gaschromatographischen Säule zu vermeiden. Der PID ist jedoch ein unspezifischer Detektor für ionisierbare Substanzen. Er spricht also nicht nur auf die zum Nachweis dienenden Leitsubstanzen an sondern auch – in Abhängigkeit von der verwendeten Photolampe - auf eine ganze Reihe weiterer Verbindungen, die durchaus in diesen Proben vorkommen können. So kann die Probengröße auch von der Menge ionisierbarer Verbindungen abhängen, die für die Brandermittlung gar nicht relevant sind. Damit ist die Kappungsgrenze kein objektives Kriterium, sondern hängt letztlich von der Zusammensetzung der Probe ab. Eine Standardisierung der Messmethode ist daher auf dieser Basis nicht möglich.

Wird die Kappungsgrenze überschritten und stimmt die Retentionszeit mit der des 3-Methyl-2-butanons überein, so kann die analytische Aussage daher nur lauten, dass diese Substanz mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit – die aber von Probe zu Probe verschieden sein kann - in der untersuchten Probe gefunden wurde.

Diese Aussage setzt außerdem voraus, dass die Signale bei den betreffenden Massenzahlen 43, 71 und 86 nicht auch von anderen Substanzen stammen, d. h. es muss sicher sein, dass es keine chromatographische Überlagerung mit anderen Substanzen gibt, die ebenfalls einen Molpeak bei der Massenzahl 86 geben, wie z. B. 2-Pentanon, Butandion oder Cyclopentanol, die ebenfalls einen Basispeak bei der Massenzahl 43 aufweisen. Da bei der Gaschromatographie eine schwach polare Säule ZB-5 verwendet wurde, auf der die Retentionsunterschiede für polare Verbindungen im Anfangsbereich des Chromatogramms oft sehr gering sind, müsste dies experimentell überprüft werden, da gerade 2-Pentanon häufig auftritt.

Es ist damit festzuhalten, dass die mit der praktizierten Meßmethode getroffene Aussage zum positiven Nachweis des 3-Methyl-2-Butanon eine Wahrscheinlichkeitsaussage ist. Eine Schlussfolgerung über die Herkunft dieser Substanz kann selbst unter der Annahme eines positiven Nachweises daraus nicht abgeleitet werden.

### **Zum „Nachweis von Spiritus in Brandproben“**

Beim Nachweis der Kraftstoffe war einleitend herausgearbeitet worden, dass positive Aussagen nur bei Übereinstimmung von mehreren identifizierender Merkmale zwischen Probe und Ausgangssubstanz möglich sind und dass der positive Nachweis von vergälltem Alkohol bereits wegen der nur 4 vorhandenen identifizierenden Merkmale schwierig sein muss. Der Autor behauptet aber, dass sogar der Nachweis nur **einer** der 4 Substanzen – nämlich das Vergällungsmittel **3-Methyl-2-butanon** - genüge, um zwingend zu schlussfolgern, dass in einer Brandschuttprobe Spiritus vorhanden ist bzw. am Brandort Verwendung fand. Vorrangig wird dies damit begründet, dass in der langjährigen Praxis des Verfassers und seiner Dienststelle bei keinem der zu Vergleichszwecken untersuchten Proben von Haushaltschemikalien, Farben und anderen Produkten, die im Haushalt üblicherweise vorkommen, die Substanzkombination aus 2-Butanon und 3-Methyl-2-butanon vorgekommen sei. Diese Erfahrung ist sicher als Ausgangspunkt für die genannte These geeignet, entbehrt deshalb aber nicht der Notwendigkeit weitergehender wissenschaftliche Untersuchungen, um eine darauf basierende Schlussfolgerung zu begründen und sie, wie hier, in einem Strafverfahren zu verwenden. Dies erscheint umso mehr notwendig, da die genannten Stoffe auch von der Industrie hergestellt werden und noch andere Quellen existieren (siehe unten). Da von Dr. Allin lediglich auf die eigenen Erfahrungswerte vor Gericht zurückgegriffen wurde ohne Bezug auf entsprechende Literatur oder Referenzen anderer Experten, muss man schlussfolgern, dass diese These noch keine Akzeptanz unter den Fachexperten gefunden hat und der wissenschaftliche Beweis noch aussteht.

Im Einzelnen sprechen folgende wissenschaftlich begründete Fakten gegen diese These:

1. Eine Voraussetzung für den Nachweis von Spiritus anhand des Vergällungsmittels 3-Methyl-2-butanon besteht darin, dass im Brandobjekt keine weiteren Quellen für diese Substanz existieren. Gewiss sind einige der in der Literatur berichteten natürlichen Quellen (Pflanzenemission, Käsearoma) wegen ihrer geringen Konzentration nicht ernsthaft in Betracht zu ziehen, aber sie sind existent! Wesentlich bedeutender ist die Tatsache, dass im abgebrannten Haus Wände und Decken weitgehend mit Kiefernholz (ca. 80 Quadratmeter) verkleidet waren und man davon ausgehen kann, dass über 300 kg Holz verbrannt sind. Es ist bekannt, dass bei der Verbrennung von Holz neben den hauptsächlichen Komponenten Wasser, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid weit über 100 organische Verbindungen entstehen, die durch Pyrolyse und unvollständige Verbrennung (bei Sauerstoffmangel)

gebildet werden. Bei entsprechenden Untersuchungen wurden in der Literatur unterschiedliche Werte für die dabei in die Atmosphäre freigesetzte Mengen (Emissionsraten) gefunden, was auf Unterschiede in der Struktur der Hölzer, Abbrandgeschwindigkeit und eine Reihe weitere Faktoren wie Luftzutritt, Bildung einer feuerhemmenden Holzkohleschicht auf der Oberfläche, Temperaturprofil und vor allem auf die unterschiedliche Probenahme bei den einzelnen Untersuchungen zurückgeführt wird. Das von verschiedenen Autoren gefundene Substanzspektrum deckt sich jedoch weitgehend. Eine aktuelle und sehr ausführliche Arbeit zu diesem Thema ist die

**Dissertationsschrift von Albert Lingens zum Thema**

**„Untersuchung des Abbrandes und der Brandgase ausgewählter Holzarten in Abhängigkeit vom chemischen und strukturellen Holzaufbau“**, die an der Fakultät Wissenschaftszentrum für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München 2003 eingereicht und verteidigt wurde.

Bei den sehr umfangreichen experimentellen Untersuchungen konnte u. a. die Bildung von 3-Methyl-2-butanon beim Verbrennen von Fichten-, Kiefern- und Eichenholz mit GC/MS zweifelsfrei nachgewiesen werden. Zur Probenahme wurden die Brandgase durch Keramikröhrchen gesaugt, die mit graphitiertem Kohlenstoff gefüllt waren; die Desorption erfolgte durch Mikrowellen-Thermodesorption. Die beschriebene Analysenmethode ähnelt somit stark der im LKA KT 43 angewandten Technik.

Die von Dr. Allin vertretene These, dass derart gebildetes 3-Methyl-2-butanon mit seiner Apparatechnik nicht erfasst werden kann, lässt sich aus dem Vergleich der Apparatechnik und Methodik nicht begründen, selbst wenn man berücksichtigt, dass zwischen dem Nachweis im Labor bei speziellen Brandversuchen und dem realen Brandgeschehen, wo die gebildeten Stoffe von Spurenlägern adsorbiert werden müssen, Unterschiede existieren. Diese können im Einzelfall eines bei einem Brand abbrennenden Holzvolumens auch dazu führen, dass z.B. das 3-Methyl-2-butanon nicht gefunden wird. In der angeführten Dissertation wurde es definitiv als ein Produkt der Holzverbrennung gefunden, bei anderen Holzabbrandversuchen anderer Autoren ist es nicht aufgeführt. Im Vergleich zu anderen Bränden ist im Haus nachweislich eine relativ große Menge an Kiefernholz abgebrannt. In Anlehnung an die Ergebnisse der o. g. Dissertation ist zu schlussfolgern, dass dabei 3-Methyl-2-butanon in messbaren Mengen entstanden sein müsste. Diese Substanz kann sowohl in die Atmosphäre entweichen als auch von Oberflächen adsorbiert werden und sollte auf diesem Wege in den Brandschutt gelangen.

Die Bildung von 3-Methyl-2-butanon beim Verbrennen von Kiefernholz wurde auch von Prof. Paolo Ciccioili und Mitarbeiter aus Rom gefunden: In dem Artikel

**„Determination of volatile organic compounds (VOC) emitted from biomass burning of mediterranean vegetation species by GC-MS“**

P. Ciccioili et. al., Zeitschrift "Analytical Letters", Band 34 (Heft 6). Seiten 937 – 955 (2001) beschäftigten sich die weltbekannten Atmosphärenchemiker mit der Freisetzung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC's) bei Waldbränden. Dazu wurde Kiefernholz bei unterschiedlichen Bedingungen in einem Ofen verbrannt. Zur Probenahme dienten ebenfalls Röhrchen, die mit graphitiertem Kohlenstoff gefüllt waren. Von diesem Adsorbens wurden die VOC durch Thermodesorption freigesetzt und mittels GC/MS-Kombination bestimmt. In den Rauchgasen konnten über 200 Verbindungen identifiziert und quantitativ bestimmt werden, darunter 3-Methyl-2-butanon mit 0,087 % Anteil im Abbrand von Kiefernholz (2-Butanon mit 1,034%) bei einer Gesamt-Emissionsrate von 7,1 Gramm VOC pro Kg verbranntes (trockenes) Kiefernholz.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich ebenfalls schlussfolgern, dass die von Dr. Allin benutzte Markersubstanz 3-Methyl-2-butanon beim Brand im Haus in messbaren Mengen entstanden ist und sich – wie oben dargelegt – im Brandschutt wieder finden müsste.

2. Es ist nicht nachzuvollziehen, warum das ebenfalls zur Vergällung dienende 5-Methyl-3-heptanon überhaupt keine Rolle bei der Beweisführung spielt. Diese Substanz ist zu ca. 0,14g/L im Brennspiritus enthalten (3-Methyl-2-butanon zu 0,2 – 0,24 g/L) und weist einen höheren Siedepunkt und einen stärker hydrophoben Charakter als 3-Methyl-2-butanon auf.

Mit Wasser ist es weniger gut mischbar (ca. 3 g/L) als 3-Methyl-2-butanon ((6 g/L). Daher ist zu erwarten, dass geringe Mengen dieser Substanz im Brandschutt adsorbiert und bei der Analyse wieder freigesetzt werden sollten. Es ist nach den vorgelegten Untersuchungsergebnissen jedoch in keiner Probe festgestellt worden. Nach der von Dr. Allin in der „Ergänzenden Stellungnahme“ auf Seite 3, Abs. 1 gegebenen Begründung für die Verwendung von 3-Methyl-2-butanon als Markersubstanz hätte jedoch gerade Methylheptanon aufgrund seiner Eigenschaften am ehesten gefunden werden müssen. Dieser negative Befund spielt in der Beweisführung von Dr. Allin keine Rolle; es wurden auch keine Ergebnisse eigener Untersuchungen vorgelegt.

3. Unverständlicherweise spielt auch Ethanol selbst bei der Beweisführung keine Rolle: „Es liegt in unserem Erfahrungsbereich, dass der Ethanolnachweis ausbleiben kann, weil Ethanol mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar ist...“ (Allin 2006, Seite 3). Das Fehlen eines Ethanolpeaks wird also auf die unterschiedliche Wasserlöslichkeit zwischen Ethanol und den Vergällungsmitteln Butanon-2 und 3-Methyl-2-butanon bei der Löschwassereinwirkung zurückgeführt. Zweifellos ist – wie bereits einleitend erwähnt – der Nachweis dieser Substanz im Brandschutt wegen seiner hohen Flüchtigkeit und guten Wasserlöslichkeit erschwert. Trotzdem ist anzunehmen, dass nachweisbare Mengen Ethanol an stark polaren (hydrophilen) Oberflächen adsorbiert werden und nicht komplett mit dem Löschwasser ausgespült werden. Bei der GC/MS-Analyse müsste also ein Ethanolpeak zu erkennen sein, wenn auch wesentlich kleiner als im ursprünglichen Brennspritus. In der – bereits erwähnten - einzigen von mir gefundenen Literaturstelle zum Nachweis von Ethanol als brandförderndes Mittel

**„The detection and identification of denatured alcohol in fire debris samples“**

VT. Rochaix, C. Champod und C. Lennard,

Institut de Police Scientifique et de Criminologie, University of Lausanne in

Advances in Forensic Sciences, Proceedings of the 13th Meeting of the International

Association of Forensic Sciences, Düsseldorf, August 1993, Volume 3, Seiten 191 – 195

haben diese Autoren tatsächlich in allen von ihnen untersuchten Brandproben einen deutlichen Ethanolpeak gefunden, erwartungsgemäß mit wesentlich geringerer Intensität als im ursprünglichen vergällten Alkohol. Diese Autoren schlussfolgern daraus:

„Ungeachtet der Tatsache, dass denaturiertes Ethanol wasserlöslich und stark flüchtig ist, ist es trotzdem möglich (zumindestens in einigen Fällen), derartige Rückstände in Brandschuttproben mit einer geeigneten chromatographischen Technik nachzuweisen. Das Auffinden von Ethanol allein ist nicht ausreichend zur Bestätigung von vergälltem Alkohol weil noch andere Quellen für Ethanol möglich sind. Wenn andererseits im Chromatogramm Ethanol, Methylethylketon (MEK) und Methylisobutylketon (MIK) **gleichzeitig** auftreten, ist es sehr wahrscheinlich, dass denaturierter Alkohol in der untersuchten Probe vorhanden ist“.

Im absoluten Gegensatz zu den von Dr. Allin vorgebrachten Thesen stützen sich die Schweizer Autoren auf die Übereinstimmung von drei Merkmalen (Indikatoren), nämlich Ethanol und die in der Schweiz als Vergällungsmittel zugelassen Substanzen MEK und MIK. Diese Arbeit bestätigt klar, dass eine Übereinstimmung von nur einem Merkmal nicht hinreichend ist zum sicheren Nachweis von vergälltem Alkohol (Brennspritus) in Brandschuttproben.

### Zur „angewandten Methodik, Standardisierung und Qualitätsmaßnahmen“

Die mehr oder weniger allgemeinen Ausführungen von Dr. Allin auf den Seiten 5 – 8 der „Stellungnahme“ tragen kaum zum geforderten Nachweis der Wissenschaftlichkeit der angewandten Methode bei. Es werden im Gegenteil mehr Fragen aufgeworfen, wie z. B.

- nach welchen Kriterien wurden die auf Seite 9 erwähnten Ringversuche ausgegeben und bewertet?
- Gab es überhaupt Ringversuche zur Spiritusproblematik?
- Arbeiten die anderen Landeskriminalämter ebenfalls mit dieser Kappungsgrenze? Wie wird das in der EU von den entsprechenden Einrichtungen gehandhabt?

- Wie werden neue Erkenntnisse sowie methodische und gerätetechnische Entwicklungen (z. B. Festphasen-Mikroextraktion, Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie) bei der seit 12 Jahren angewandten Methode berücksichtigt?
- Welche Untersuchungen liegen zum Adsorptions- und Rückhaltevermögen verschiedener Materialien (Fußbodenbeläge, Teppiche, Gardinen etc.) gegenüber polaren Verbindungen (Ethanol, Vergällungsmittel) unter Brand- und Löschbedingungen) vor?

Es konnten keine wissenschaftlichen Untersuchungen vorgelegt werden, die die von Dr. Allin vertretene These belegen, dass man bei der Identifizierung von vergälltem Alkohol auf den Nachweis von Ethanol und 5-Methyl-3-heptanon verzichten kann.

Die Spalten 4 -6 in der Tabelle auf Seite 6 sind in dieser Darstellung wenig aussagekräftig, da nicht klar erkennbar ist, in wie viel der untersuchten Proben Brandbeschleuniger gefunden wurden und wie viel davon mit Benzin, Diesel bzw. mit Brennspritus..).

## Zusammenfassung

Die vom LKA PTU Berlin und Herrn Dr. Allin eingeführte Kappungsgrenze zum Nachweis des als Leitsubstanz zum Nachweis von Brennspritus verwendeten Vergällungsmittels 3-Methyl-2-butanon ist als ein Versuch zu werten, in Anlehnung an die Festlegung von Nachweis- und Bestimmungsgrenze einen praktikablen und nachvollziehbaren Mindestwert für die Intensität des Signals bei der Massenzahl  $MZ = 86$  zu finden, der sich signifikant vom Rauschpegel („Blindwert“) abhebt und als Kriterium für das Vorhandensein eines charakteristischen MS-Signals und damit der Substanz 3-Methyl-2-butanon in der Probe dient. Aufgrund der variabel eingesetzten Gasmenge, deren Bestimmung auch von irrelevanten Bestandteilen abhängt, und auch der mit der wesentlichen Massezahl  $MZ = 86$  verbundenen Problematik einer Überlagerung durch andere Substanzen, ist diese Kappungsgrenze nicht als Standard verwendbar. Der positive Nachweis des 3-Methyl-2-butanon ist demzufolge eine Wahrscheinlichkeitsaussage.

Auch bei einer Identifizierung des 3-Methyl-2-butanon bei dieser Grenze oder auch bei Messergebnissen weit oberhalb dieser Grenze ist eine Herkunftsbestimmung hinsichtlich der Quelle der festgestellten Substanz nicht möglich. Das trifft im gleichen Maß auch für alle nach Standards identifizierte Substanzen aus unbekanntem Ausgangsgemischen zu.

Zudem ist der gesamte Spiritusnachweis bei der genannten Behörde auf der Behauptung aufgebaut, dass 3-Methyl-2-butanon ausschließlich bei Spiritus und spiritushaltigen Produkten vorkommt. Dies konnte in der vorliegenden Schrift durch entsprechende Literaturangaben widerlegt werden, da für diese Verbindung auch andere Quellen existieren, insbesondere die Bildung durch unvollständige Verbrennung von Holz.

Weiterhin wurde belegt, dass auch in anderer Hinsicht (keine Berücksichtigung von Ethanol, keine Erklärung zum Fehlen von 5-Methyl-3-heptanon) keine experimentell begründeten Aussagen zugrunde gelegt wurden.

Nach der jetzt beim Unterzeichner aufgrund der Beschäftigung mit der Materie vorliegenden Sachkenntnis erscheint es beim derzeitigen wissenschaftlichen Stand unbedingt notwendig, zur Identifizierung von Brennspritus in Brandschutt alle verfügbaren Indikatoren, d. h. alle vier Komponenten von Brennspritus, heranzuziehen. Für drei dieser Komponenten (Ethanol, 2-Butanon und 3-Methyl-2-butanon) sind verschiedenen andere Quellen nachgewiesen, die entweder natürlich vorhanden sind bzw. infolge von Umwandlungsprozessen der in einem Brandraum vorhandenen vielfältigen Materialien entstehen können. Daher wird es selbst bei einem positiven Nachweis aller vier Komponenten von Brennspritus nicht in jedem Fall möglich sein, eine kategorische Aussage zum Nachweis von Spiritus zu treffen. Aus Sicht des Analytikers ist hier aufgrund der geringen Anzahl an identifizierenden Merkmalen und den angeführten Gründen generell nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage möglich. Ob sich in Anlehnung an die Kraftstoffe auch bei vergälltem Alkohol die Intensitätsverhältnisse der

betreffenden gaschromatographischen Messwerte zur Unterscheidung der Herkunft heranziehen lassen, müssen weitere Forschungen zeigen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Engewald'. The signature is written in a cursive style with a large, sweeping 'W' and a long, trailing flourish.

Prof. Dr. habil. rer. nat. W. Engewald