

# Dynamische Geruchsprobenahme mit Gasstrahlpumpen

## Theorie und Praxis

T. Liebich

**Zusammenfassung** Bisher bereitete die halbstündige kondensatfreie Probenahme in wasserdampfreichen Abgasen für die Olfaktometrie große Schwierigkeiten, da keine in der Praxis bewährten Vorrichtungen für diese Aufgabenstellung existierten. Inzwischen hat sich gezeigt, dass die kondensatfreie Probenahme mit miniaturisierten stickstoffbetriebenen Gasstrahlpumpen durchgeführt werden kann. Die Praxiserfahrungen zeigen, dass sich das vorgestellte Verdünnungssystem einfacher und mit weniger Fehlern handhaben lässt als die derzeit vorwiegend angewandte statische Vorverdünnung. Damit lassen sich stabile Vorverdünnungen über lange Probenahmezeiten erzielen. Weiterhin erscheint es sinnvoll, die Vorverdünnung über die Kontrolle des Sauerstoffgehalts im Probegas und in der Probe zu ermitteln. Dadurch werden Fehler durch den Einfluss der Druck- und Temperaturbedingungen an der Messstelle sowie von Verschmutzungen im Verdünnungssystem ausgeschlossen.

### Dynamic olfactometry using gas jet pumps – theory and practice

**Abstract** Up to present, the 30-minute condensate-free olfactometric sampling of exhaust air rich in water vapor caused rather extensive difficulties, due to the non-existence of reliable installations in practice for this sort of task. In the meantime, it has been revealed that condensate-free sampling can be conducted by using miniaturized nitrogen-operated gas jet pumps. Practical experiences demonstrate that the dilution system presented can be handled in a simpler manner and with fewer errors than the static predilution applied so frequently nowadays. Stable predilutions lasting over extensive sampling periods can thus be achieved. Furthermore, it seems to be reasonable to determine the predilution via checking the oxygen content of the sampled gas and the sample. Thus, errors caused by the impact of pressure and temperature conditions at the measuring point as well as contamination to the dilution system can be eliminated.

### 1 Einleitung

Die Forderung einer kondensatfreien olfaktometrischen Probenahme besteht im Prinzip seit Beginn der Normgebung zu diesem Thema. Eine Präzisierung der Anforderungen enthält die Norm DIN EN 13725 [1] vom Juli 2005. Mit der im September 2004 in die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) [2] aufgenommene Forderung der halbstündigen Probenahme kam eine zusätzliche technische Herausforderung ins Spiel, die dafür gesorgt hat, dass bisher praktisch keine normgerechten Probenahmen bei wasserdampfreichen Abgasen durchgeführt wurden, da die statische Vorverdünnung nach DIN EN 13725 nur bis zu Verdünnungsverhältnissen von 1 : 5 eingesetzt werden sollte und eine praxisgerechte dynamische Lösung nicht existierte. Dieser Aufsatz berichtet über Grundlagen und praktische Erfahrungen mit einem Gasstrahlpumpensystem, das sich

seit nunmehr über zwei Jahren im praktischen Einsatz bewährt hat, einfach zu handhaben ist und eine sehr stabile Vorverdünnung leistet.

### 2 Grundsätzliches

Zunächst erscheint es erforderlich, die Forderung einer kondensatfreien Probenahme grundsätzlich zu betrachten. Das Gedankenexperiment soll einen Eindruck davon vermitteln, welchen Einfluss die Vorverdünnung auf den Messwert haben könnte, um die Verhältnismäßigkeit des Aufwands hierfür abschätzen zu können.

Im Abgasstrom liegt das Probevolumen vollständig gemischt unter den Randbedingungen der Emission, z. B. im Kamin, vor (Bild 1).



Bild 1. Probevolumen im Originalzustand vollständig gemischt, ohne Kondensat.

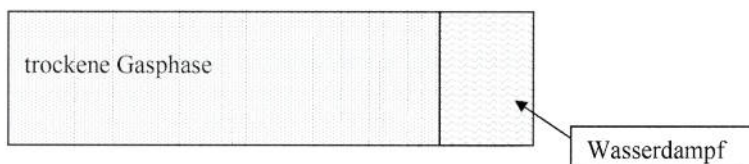


Bild 2. Gedankliche Aufteilung des Probevolumens in Luft- und Wasserdampfphase.

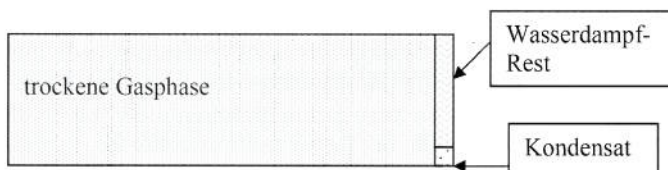


Bild 3. Zustand des Probevolumens nach der Probenahme.

Gedanklich trennt man die Gasphase nun in den Wasserdampf- und den trockenen Luftteil auf. Nach wie vor herrschen die Abgasbedingungen und die Geruchsstoffe liegen vollständig gemischt vor (Bild 2).

Bei der Probenahme ohne Vorverdünnung erfolgt nun die Abkühlung des Abgases, der Wasserdampfanteil ist nicht mehr vollständig in der Gasphase zu halten und es fällt Kondensat aus (Bild 3).

Olfaktometrisch ausgewertet wird die trockene Gasphase mit dem Wasserdampfrest. Die dabei ermittelte Konzentration wird, wenn der Kondensationseffekt nicht weiter berücksichtigt wird, auf den umgerechneten Abgasstrom übertragen.

Dipl.-Ing. Thomas Liebich,

TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co KG,  
Hannover.

Prinzipiell können nun zwei Fälle unterschieden werden:

1. Die Geruchsstoffe sind schlecht wasserlöslich: Beispiele sind organische Lösemittel (keine Alkohole) und Terpene (z. B. aus der Holz Trocknung). Die Messung erfasst alle Geruchsträger im ursprünglichen Volumen; also findet eine Überschätzung der Geruchsstoffkonzentration maximal um das Verhältnis des Volumens im Betriebszustand ( $V_{\text{Betrieb}}$ ) zum Volumen im Bezugszustand der Olfaktometrie  $V_{20^{\circ}\text{C}, \text{tr}}$  statt – der Rest-Wasserdampfanteil wurde zur Vereinfachung vernachlässigt. Bei üblichen Trocknern (z. B. in der Spanplattenindustrie) wird dieses Verhältnis maximal ca. 1,5 betragen und würde daher bei olfaktometrischen Messungen gar nicht bemerkt. Prinzipiell wäre es sogar möglich, bei Kenntnis des Prozesses diesen Faktor einzukalkulieren.

2. Die Geruchsstoffe sind gut wasserlöslich: Beispiele sind Ammoniak oder organische Säuren. Das Kondensat riecht stark. Ein überproportional großer Teil der Geruchsträger scheidet sich mit dem Kondensat ab und steht bei der Olfaktometrie nicht mehr zur Verfügung. Der Fehler ist nicht mehr quantifizierbar. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das übliche Nalophan-Beutelmateriale nicht wasserdampfdiffusionsdicht ist und somit gelöste Geruchsstoffe wieder in die Gasphase freigesetzt werden können.

Prinzipiell wäre noch ein dritter Fall denkbar, bei dem die Geruchsstoffe in der Wasserphase zu Verbindungen reagieren, die für die Olfaktometrie nicht mehr zur Verfügung stehen. Es wird vermutet, dass dieser Fall in der Praxis keine Rolle spielt.

Praktische Untersuchungen zum Einfluss der Kondensation liegen derzeit nicht vor. Nach eigenen Erfahrungen scheint die Art der Probenahme an Spänetrocknern in der Holzindustrie keine Rolle zu spielen, wohl aber an Feuerungsabgasen.

Insgesamt sollen diese Überlegungen verdeutlichen, dass ein Einfluss der Kondensation zwar vorhanden, aber begrenzt erscheint.

Weiterhin bedenkenswert sind die realen Randbedingungen der Probenahme: Bei allen bisher bekannten Probenahmeverrichtungen sind die Probenbeutel nach der Probenahme der Umgebung der Messstelle zumindest für kurze Zeit ausgesetzt, nehmen also die Umgebungstemperatur an. Bei einer Umgebungstemperatur um den Gefrierpunkt beträgt die Sättigungskonzentration  $4,7 \text{ g/m}^3$ , mithin wären bei Messungen an einem Spänetrockner unter diesen Umgebungsbedingungen Vorverdünnungsverhältnisse von 1 : 50 oder mehr erforderlich, um Kondensation sicher zu vermeiden. Bei Vorverdünnungsverhältnissen dieser Größenordnung nimmt bereits die Nachweisgrenze eine Größenordnung von  $500 \text{ GE}^1/\text{m}^3$  oder mehr an. Dazu kommen praktische Probleme im Hinblick auf die Verschmutzungsanfälligkeit der Probenahmeeinrichtung und bei der Messung des Sauerstoffgehalts zum Nachweis des Vorverdünnungsverhältnisses.

Es ist daher sinnvoll, das Vorverdünnungsverhältnis auf einen Maximalwert, der technisch gut zu beherrschen ist, zu begrenzen. Gut zu handhaben sind Verhältnisse bis ca. 1 : 15.

### 3 Funktion von Gasstrahlpumpen

In Gasstrahlpumpen wird mithilfe eines Treibstrahls ein Unterdruck erzeugt, durch den sich Gas oder Flüssigkeit an-

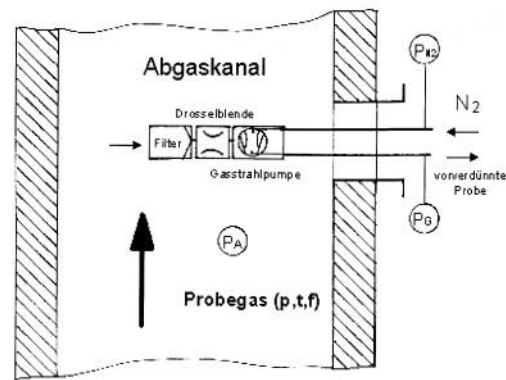


Bild 4. Gasstrahlpumpe in der Probenahmesituation.

saugen lässt. Treibstrahl und angesaugtes Medium treten vollständig gemischt wieder aus der Pumpe aus. Diese vollständige Mischung und auch das Fehlen von beweglichen oder Verschleißteilen sind die Hauptvorteile der Gasstrahlpumpe.

Nachteilig wirkt sich aus, dass Gasstrahlpumpen offene Systeme sind: Das Verhältnis von angesaugter Luft zu Treibgas (die Vorverdünnung) wird ausschließlich durch den Druck des Treibmediums, den Druck in der angesaugten Luft vor der Mischkammer der Gasstrahlpumpe und den Gegendruck der Probenleitung und der Probenabfüllung bestimmt (Bild 4).

Da aus praktischen Gründen der Gegendruck der Probenabfüllung konstant gehalten wird, kann das Vorverdünnungsverhältnis gezielt durch einen Widerstand in der Probenahmesonde beeinflusst werden. Bei dem hier vorgestellten System wird dieser Widerstand durch kleine Blenden aus Edelstahl, die in beliebigen Durchmessern gefertigt werden können, erzeugt. Der Druck an der Messstelle überlagert sich mit dem Differenzdruck an der Drosselblende – ein Unterdruck an der Probenahmestelle und eine kleinere Blende erhöhen das Vorverdünnungsverhältnis, ein Überdruck und die Vergrößerung der Drossel mindern es.

Durch die Druckerhöhung des Treibmediums lässt sich auch der Unterdruck in der Pumpe erhöhen und damit der Einfluss des Messstellendrucks mindern. Dieser Effekt zeigt sich in den Kennlinien in Bild 5 für den Einfluss des Messstellendrucks auf das Vorverdünnungsverhältnis bei konstanter Drosselung: Je höher der Druck des Treibstrahls wird, desto „härter“, also unabhängiger vom Außendruck wird die Kennlinie.

Das Vorverdünnungsverhältnis bei Umgebungsbedingungen ändert sich mit der Höhe des Treibstrahlendrucks jedoch nicht. Die weniger vom Druck an der Messstelle abhängige Kennlinie wird lediglich mit einem Mehrbedarf an Treibmedium erkauft.

In der Praxis ist die Handhabung von Gasstrahlpumpen einfacher als es in der Theorie erscheint: Sind die Druckverhältnisse und das erforderliche Vorverdünnungsverhältnis an der Messstelle bekannt, wird mithilfe der verschiedenen Kennlinien ein Blendendurchmesser ausgewählt und die entsprechende Blende zwischen Filter und Pumpe eingebaut. An der Messstelle kann dann noch durch Einstellung des Drucks des Treibmediums das Vorverdünnungsverhältnis stabilisiert werden. Eine Änderung des Vorverdünnungsverhältnisses durch Austausch der Blende ist auch an der Messstelle innerhalb weniger Minuten möglich. Das letzt-

<sup>1)</sup> GE = Geruchseinheit

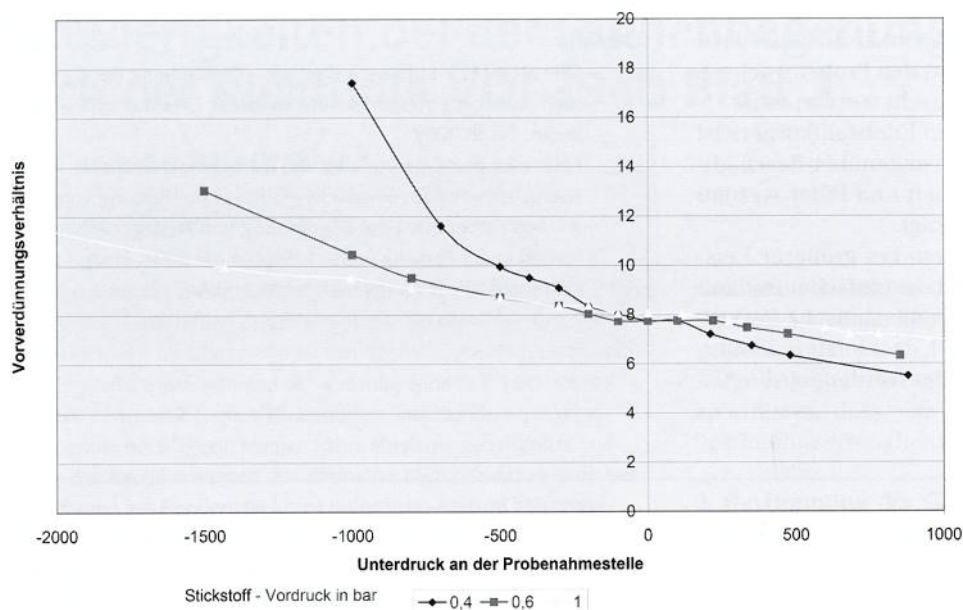


Bild 5. Erreichtes Vorverdünungsverhältnis einer Gasstrahlpumpe in Abhängigkeit vom Druck an der Messstelle bei unterschiedlichem Druck des Treibmediums.

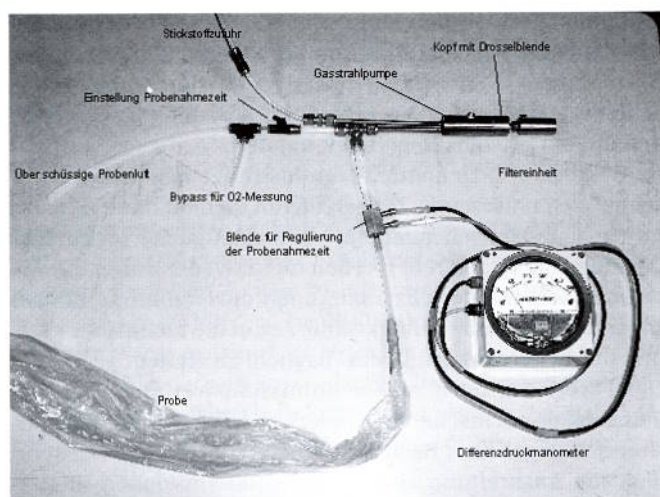


Bild 6. Praktische Ausführung der Gasstrahlpumpe.

endliche Verdünnungsverhältnis wird über die Kontrolle der Sauerstoffgehalte im un- und im vorverdünnten Probegas ermittelt.

Die Nachmessung des Verdünnungsverhältnisses über den Sauerstoffgehalt stellt natürlich einen deutlichen Mehraufwand dar, hat sich aber bewährt, da auf diese Weise nicht nur die Veränderung des Vorverdünungsverhältnisses durch die Bedingungen des Abgases, sondern auch Fehlfunktionen, beispielsweise durch Verstopfung von Blenden oder Filtern, die das Verdünnungsverhältnis verändern, erkannt werden können. In der Regel sind die Proben dann noch brauchbar, da das Vorverdünungsverhältnis weiterhin bestimmt werden kann.

Zum Thema Filterung ist anzumerken, dass die dynamische Vorverdünnung mit Gasstrahlpumpen ohne Staub- und Aerosolverabscheidung

nicht realisierbar ist, da die erforderlichen Blendendurchmesser im Rohgas häufig  $< 0,5$  mm sind. Die daher möglichen Verstopfungen im Filter-/Blendensystem stellen nach den Erfahrungen mit dem beschriebenen System eine weitgehend, aber nicht vollständig beherrschbare Störung dar, sodass man auf eine nachträgliche Kontrolle des Verdünnungsverhältnisses nicht verzichten kann.

#### 4 Technische Realisierung

In Bild 6 ist die praktische Ausführung der Gasstrahlpumpe zu sehen. Gezeigt ist das gesamte System (zur Übersichtlichkeit in der kürzesten Baulänge). Die technischen Daten sind in der Tabelle dargestellt. Die Pumpe wird i. d. R. bei der Vorbereitung der Messung entsprechend den erwarteten Bedingungen an der Messstelle zusammengebaut und mit dem erforderlichen Filter und der Blende bestückt. An der Messstelle wird die gesamte Verdünnungseinrichtung in den Kanal geschoben, sodass eine Beheizung nicht erforderlich ist. Das gesamte System außer der Rohgaskammer in der Pumpe, die sich im Rohgas befindet, steht im Überdruck, sodass keine besonderen Anforderungen an die Dichtigkeit des Systems gestellt werden müssen.

Technische Daten einer Gasstrahlpumpe.

Gesamtlänge	mindestens 35 cm, durch Edelstahlrohre ( $\varnothing$ 6 mm) beliebig verlängerbar
Durchmesser	25 mm
Gewicht	ca. 400 g
Vorverdünungsverhältnisse	ca. 1 : 2 bis 1 : 15 (bisher realisiert)
Kalibrierung	nicht erforderlich ( $O_2$ -Messung an der Messstelle)
$N_2$ -Verbrauch	ca. 150 l/h
Probenahmezeit	beliebig einstellbar
Filtersysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abgase <math>&lt; 100</math> °C in der Nähe der Sättigung des Taupunktes (mit Stäuben und Kondensattropfen, Sonde wird nass)</li> <li>- Abgase hoher Feuchte, aber weit unterhalb der Sättigung</li> <li>- Abgase <math>&gt; 300</math> °C</li> </ul>

Für die Füllung des Beutels wird der ohnehin vorhandene Überdruck der Pumpe genutzt, sodass ein zusätzliches Probenahmegefäß entfällt. Dies erleichtert den Probenwechsel, bei dem nur noch der Beutel ausgetauscht werden muss.

Durch die Verwendung eines massiven Edelstahlkörpers ist die Pumpe weitgehend unempfindlich gegenüber Beschädigungen. Pumpenkörper, Blendeneinheit und Filter werden getrennt und im Ultraschallbad gereinigt.

Die Praxis hat gezeigt, dass das System bei größerer Leistungsfähigkeit in der Anwendung weitaus einfacher und mit weniger Fehlern zu handhaben ist als die statische Vorverdünnung, sodass davon auszugehen ist, dass letztere Methodik mittelfristig nicht mehr angewendet werden wird.

## Buchbesprechung

**Die rechtliche Beurteilung von Gerüchen.** Dargestellt am Beispiel von Geruchsmissionen aus der Schweinehaltung. Von *Mirjam Lang*. Schriften zum Umweltrecht Bd. 156. Hrsg.: *Michael Kloepfer*. Berlin: Duncker & Humblot 2007. 144 S., Preis: 59,80 €.

Gegenstand der Arbeit, die im Sommersemester 2006 von der Juristischen Fakultät der Universität Würzburg als Dissertation angenommen wurde, ist die Frage, wann Gerüche aus juristischer Sicht als erhebliche Belästigung anzusehen sind. Im ersten Teil wird die Frage aus der Sicht des öffentlichen Immissionsschutzrechts behandelt und als Schwerpunkt der Arbeit eine Analyse der angewandten Regelwerke durchgeführt. Dies sind im Einzelnen

- die Richtlinie VDI 3471,
- die TA Luft von 2004,
- der nordrhein-westfälische Durchführungsbeschluss zur TA Luft 1986,
- die Geruchs-Immissionsrichtlinie (GIRL) von 2004.

Im zweiten Teil der Arbeit wird der Problembereich der Zumutbarkeit von Geruchseinwirkungen aus Sicht des privaten Immissionsschutzrechts beschrieben und abschließend anhand der Kriterien Wesentlichkeit und Ortsüblichkeit ein Vergleich mit dem öffentlichen Immissionsschutzrecht angestellt.

Die Arbeit ist gut strukturiert und geht auf eine Vielzahl von Aspekten ein, deren Interpretation von zahlreichen Literaturhinweisen untermauert wird. Dadurch wird diese Veröffentlichung nicht nur zu einer spannenden Lektüre über die Denkweise einer bestimmten Berufsgruppe, sondern auch zu einem fundierten Nachschlagewerk für juristische Laien, die sich über Einzelheiten der gegenwärtigen Rechtsprechung in diesem komplexen Themenfeld informieren und weiterführende Literatur finden wollen.

Einige Kritikpunkte gibt es anzumerken: Die Autorin geht von der Annahme aus, dass die Richtlinie VDI 3471 „ohne jede Bindungswirkung für die Verwaltung und die Gerichte“ sei und „allenfalls eine Beachtungspflicht gegenüber ihren Verbandsmitgliedern statuiert.“ Diese Auffassung ist – bezogen auf VDI-Richtlinien insofern nicht richtig, als die (damalige) VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) ebenso wie ihre Nachfolgerin KRdL im VDI und DIN in staatlichem Auftrag und mit staatlicher Förderung gegründet wurde, mit dem Ziel, in Ausschüssen aus Vertretern von Industrie, Genehmigungsbehörden und Wissenschaft eine im gegenseitigen Konsens erzielte Beschreibung des jeweiligen Stands

## Literatur

- [1] DIN EN 13725: Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. Berlin: Beuth 2003.
- [2] Feststellung und Beurteilung von Geruchsmissionen (Geruchsmissions-Richtlinie – GIRL) in der Fassung vom 21. September 2004 mit Begründung und Auslegungshinweisen in der Fassung vom 21. September 2004. Hrsg.: Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI).

der Technik zu veröffentlichen – und zwar zunächst als Entwurf. Nach einem für jedermann, insbesondere für die Fachwelt, offenen Einspruchsverfahren wird die endgültige Fassung erstellt, sodass eine unter den gegebenen Umständen optimierte technisch-wissenschaftliche Regel als VDI-Richtlinie publiziert werden kann. Die staatliche Förderung der KRdL und die Verpflichtung von Behördenvertretern, in den Gremien der KRdL mitzuwirken, relativieren daher den Schluss der Autorin, dass es sich bei VDI-Richtlinien lediglich um ein privates Regelwerk handelt.

Im Gegensatz dazu können administrative Regelwerke ausschließlich politischen Zielsetzungen dienen, ohne dass ein Interessenausgleich oder eine praxistaugliche technische Optimierung angestrebt werden muss, weder durch die Zusammensetzung der Gremien, noch durch ein öffentliches Einspruchsverfahren. Rückschlüsse auf die technische Qualität der Regelwerke sind daraus nicht zu ziehen.

Die Forderung nach einem Immissionswertekonzept, das den gebietsspezifischen Besonderheiten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Rechnung trägt, ignoriert die Tatsache, dass die Ausbreitung von Geruchsstoffemissionen in starkem Maße von den wechselnden meteorologischen Bedingungen zwischen Quelle und Immissionsort abhängt. Die mögliche Deposition von Saharasaand in Mitteleuropa ist ein extremes Beispiel für die Ausbreitung von Luftverunreinigungen. Es macht aber deutlich, dass eine kleinräumige Gebietsaufteilung in der GIRL mit jeweils eigenen Immissionswerten eher theoretischen Charakter hätte, gleichzeitig aber trotzdem Anlass für Gerichtsverfahren mit realitätsfernen Forderungen böte.

Der Autorin ist es gut gelungen, den Richtwertcharakter von Geruchsmissionswerten juristisch herauszuarbeiten und zu begründen. Praktisch sind die Einflussgrößen auf eine Geruchsmissionssituation zahlreich und in sich variabel, sodass der resultierende Effekt im konkreten Einzelfall kaum berechenbar ist, am wenigsten das immer subjektive Belästigungsempfinden der Betroffenen.

Fazit: Es zeigt sich einmal mehr, wie wichtig der interdisziplinäre Dialog für das gegenseitige Verständnis von Fachleuten ist, die dasselbe Thema aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Es wäre wünschenswert, wenn Institutionen wie die KRdL sich dieser Aufgabe widmeten. Sie könnte regelmäßige Dialoge zwischen Juristen und Naturwissenschaftlern ins Leben rufen. Wer die Arbeit von *Mirjam Lang* gelesen hat, wird dem sicher beipflichten.

*Monika Paduch*