

# Passivrauchbelastung in der Gastronomie – Messungen von Nikotin und Acrylnitril in der Luft in gastronomischen Betrieben

D. Breuer, W. Schneider, T. Weiß, M. Castillo, H. Koch, T. Brüning

**Zusammenfassung** Unmittelbar bevor die Nichtraucherchutzgesetze in Deutschland flächendeckend in Kraft traten, sollte die Bandbreite der inneren und äußeren Passivrauchbelastung messtechnisch ermittelt werden. Erstmals wurden Nikotin und Acrylnitril in der Luft parallel bestimmt, dazu dienten neue validierte gaschromatographische Messverfahren. In elf Gastronomiebetrieben wurden 134 Luftproben überwiegend personengetragen, aber auch stationär im Thekenbereich, genommen. Für die personengetragenen Messungen wurde nicht rauchendes Personal ausgewählt, dem auch Humanproben entnommen wurden. Nikotin (1,2 bis 152  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Acrylnitril (0,1 bis 8,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fanden sich an allen Messorten und bei sehr guter Korrelation ( $R^2 = 0,83$ ) untereinander. Die höchsten Belastungen traten in einer Großdiskothek auf, die niedrigsten in Cafés. Die Belastungen hingen auch vom Tätigkeitsprofil ab und waren im Thekenbereich teils deutlich höher als für das Bedienpersonal. Da die Nichtraucherchutzgesetze unter bestimmten Bedingungen weiterhin das Rauchen gestatten, wurden im Winter 2008/2009 erneut stationäre Messungen vorgenommen. Dabei zeigten sich im Raucherbereich der Diskothek unverändert hohe Werte, in anderen Gastronomiebetrieben teils deutlich höhere Werte als im Sommer.

## Environmental tobacco smoke in the catering trade – measurements of nicotine and acrylonitrile in the air of catering establishments

**Abstract** Immediately before the non-smoking laws came into force nationwide in Germany, it was decided to take measurements to determine the extent of environmental tobacco smoke in the air and in the body. First, nicotine and acrylonitrile were measured in the air in parallel, with new validated gas-chromatographic measuring methods being employed for this. 134 air samples, mainly from mobile personal samplers, some from stationary samplers at the bar, were taken in eleven catering establishments. Selected for the personal measurements were non-smoking staff, from whom body samples were also taken. Nicotine (1.2 to 152  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and acrylonitrile (0.1 to 8.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) were detected at all sampling sites and with very good correlation ( $R^2 = 0.83$ ). The highest levels were found in a large discotheque and the lowest in cafés. The levels depended on the activity profile and were in some cases much higher for bar staff than for waiters/waitresses. Since the non-smoking laws will continue to allow smoking under certain circumstances, stationary measurements were carried out again in the winter of 2008/09. In the smoking area of the discotheque the same high values were detected, and in other establishments the values measured were significantly higher than those in summer.

**Dr. rer. nat. Dietmar Breuer,**  
**Dipl.-Chem. Wolfgang Schneider,**

BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin.

**Dr. rer. nat. Tobias Weiß, Michael Castillo, Dr. rer. nat. Holger Koch,**  
**Prof. Dr. med. Thomas Brüning,**

BGFA – Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Institut der Ruhr-Universität Bochum.

## 1 Einleitung

Tabakrauch entsteht durch das Verbrennen bzw. Verglimmen von Tabak in Zigaretten, Zigarren, Zigarillos oder Pfeifen und stellt ein komplexes Gemisch aus mehr als 4 000 Stoffen dar, darunter rund 70 krebserzeugende Stoffe [1]. Man unterscheidet zwischen dem Hauptstromrauch, den ein Raucher durch Ziehen an einer Zigarette inhaliert, und dem Nebenstromrauch, der stetig aus der Zigarette steigt. Haupt- und Nebenstromrauch unterscheiden sich qualitativ und quantitativ in Bezug auf die Zusammensetzung der Substanzen. So werden u. a. viele der toxischen und krebserregenden Stoffe in wesentlich höheren Mengen über den Nebenstromrauch freigesetzt als über den Hauptstromrauch. Allerdings inhaliert der Raucher den Hauptstromrauch unverdünnt, während der Nebenstromrauch durch die Verteilung in der Umgebungsluft erheblich verdünnt wird, bevor er eingeatmet wird. Der sogenannte Passivrauch setzt sich zu rund 80 % aus Nebenstromrauch und zu 20 % aus dem von Rauchern ausgeatmeten Bestandteil des Hauptstromrauchs zusammen. Der Ausschuss für Gefahrstoffe stuft Passivrauch als humankarzinogen ein [2].

Aufgrund der zahlreichen Einzelkomponenten lässt sich die Passivrauchmenge in der Luft mit vertretbarem Aufwand messtechnisch nicht erfassen. Zur Bewertung der Exposition muss daher auf sogenannte Markersubstanzen bzw. Leitkomponenten zurückgegriffen werden. Das bekannteste Alkaloid im Tabak, das Nikotin, wird allgemein als besonders geeignete Markersubstanz angesehen. Nikotin ist zwar nicht krebserzeugend, kann aber in die Raumluft praktisch aus keiner anderen Quelle freigesetzt werden und hat somit seinen Ursprung ausschließlich im Tabakrauch. Ein weiterer Vorteil des Nikotins ist, dass es über seine Verstoffwechslung mittels Biomonitoring (Messung der inneren Belastung in Körperflüssigkeiten) parallel erfasst werden kann. So wird Nikotin bereits ca. zwei Stunden nach Aufnahme in den Körper in relevanten Mengen unverändert wieder im Urin ausgeschieden. Die Hauptmetabolite des Nikotins – Cotinin und 3-Hydroxycotinin – lassen sich ebenfalls gut überprüfen. Diese beiden Metaboliten werden allerdings im Vergleich zum Nikotin deutlich verlangsamt eliminiert.

Neben den Nikotinmetaboliten als Kurzzeitparameter erscheint nach neueren Erkenntnissen das Hämoglobinaddukt des Acrylnitrils (Cyanoethylvalin) als eine geeignete Größe, um die Passivrauchbelastung über die vergangenen vier Monate darzustellen [3]. Auch Acrylnitril, das zu den karzinogenen Komponenten des Passivrauchs gehört, kann in überwiegendem Maß auf die Quelle Tabakrauch zurückgeführt werden, sofern kein beruflicher Umgang mit dieser Substanz bestand.

## 2 Zielsetzung des Projekts

Im Rahmen des Projekts untersuchte das BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung die Luft in Gastronomiebetrieben und parallel das BGFA – Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Institut der Ruhr-Universität Bochum, die innere Belastung von nicht rauchenden Gastronomiebeschäftigten durch Passivrauch mittels Biomonitoring. Noch vor Inkrafttreten des Gesetzes zur Verbesserung des Nichtraucherschutzes in Nordrhein-Westfalen [4] sollten die Bandbreite und mögliche Schwerpunkte der Passivrauchbelastungen für beruflich Exponierte und Einflussfaktoren auf die Höhe der Belastung (Lüftung, Tätigkeit etc.) ermittelt werden. Für die Luftuntersuchungen wurden Nikotin als Leitkomponente des Tabakrauches und Acrylnitril als Vertreter der kanzerogenen Substanzen ausgewählt. Neben diesen könnten in Gaststätten weitere Stoffe, wie z. B. Kohlenmonoxid oder polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffen (PAK), gemessen werden, doch können diese Stoffe auch aus anderen Quellen, wie z. B. aus Küchen oder Kerzen, stammen. In solchen Fällen ist eine eindeutige Zuweisung zum Tabakrauch nicht möglich.

Im Rahmen des Biomonitorings wurden Nikotin, Cotinin und 3-Hydroxycotinin im Urin sowie das Hämoglobinaddukt des Acrylnitrils im Blut als geeignete Marker eingesetzt. Die Ergebnisse des Biomonitorings werden in einer gesonderten Publikation detailliert dargestellt.

## 3 Durchführung des Projektes

Zunächst waren im BGIA zwei neue Messverfahren für Nikotin und Acrylnitril im Passivrauch zu erarbeiten, da die bislang vorhandenen Verfahren auf die bestehenden, wesentlich höheren Arbeitsplatzgrenzwerte ausgelegt waren (siehe Abschnitt 4).

Die Messungen wurden in zwei Zeiträumen durchgeführt:

- Im Frühsommer 2008 wurden in elf Gastronomiebetrieben an 67 Messorten sowohl Nikotin als auch Acrylnitril personenge tragen und stationär bestimmt. Für die personenge tragenen Messungen wurde ausschließlich das nicht rauchende Personal ausgewählt, das sich auch für das Biomonitoring zur Verfügung gestellt hatte. Die stationären Messungen fanden in stark belasteten Bereichen und hier insbesondere im Thekenbereich statt. Die in diesem Zeitraum veranstaltete Fußball-Europameisterschaft sollte eine möglichst gute Auslastung der Gaststätten am Abend gewährleisten.

- Im Winter 2008/2009 wurden die Luftmessungen in allen Gastronomiebetrieben wiederholt, die noch über einen Raucherbereich verfügten, bzw. in denen das Rauchen während der Karnevalstage (Brauchtumsveranstaltung, sehr hohe Gästerauslastung) wieder erlaubt war. Bei diesen Nachmessungen wurden ausschließlich die stationären Messungen auf Nikotin und Acrylnitril wiederholt.

Die Auswahl der Gastronomiebetriebe und die Messstrategie wurden so angelegt, dass eine möglichst repräsentative Auswahl getroffen werden konnte. Die Messungen wurden in Bistros, Cafés, Speisegaststätten, Gastwirtschaften, in der Event-Gastronomie, bei Brauchtumsveranstaltungen und in Diskotheken vorgenommen. Gemessen wurde zu allen Betriebszeiten, vom Morgen an mit dem Frühstücksbetrieb in Bistros bis zum Ende einer Diskothekennacht in den frühen Morgenstunden.

## 4 Messverfahren

Die neu zu entwickelnden Messverfahren sollten es gestatten, Nikotin und Acrylnitril parallel, spezifisch und mit ausreichender Empfindlichkeit zu bestimmen. Da ein längerer Schichtzeitraum der Bediensteten untersucht werden sollte, mussten die Verfahren Messzeiten von mindestens vier Stunden ermöglichen. Das Verfahren zur Bestimmung von Nikotin wurde in Anlehnung an die vom National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) beschriebene Methode 2551 entwickelt [5], bei der die Substanz auf einem XAD-4-Harz gesammelt wird. Die verwendeten Probenträger (ORBO™ – 615, Fa. Supelco, Taufkirchen, Sammelschicht 80 mg, Kontrollschicht 40 mg) erlaubten eine Probenahme über einen Zeitraum von vier Stunden bei einem Volumenstrom von 1 l/min. Dies entspricht einem Probenahmenvolumen von 240 l. Abweichend von der NIOSH-Methode erfolgte die Extraktion des Probenträgermaterials mit Ethylacetat/Methanol (1 ml, Mischungsverhältnis 9 : 1). Sammel- und Kontrollschicht werden unter Zugabe von Chinolin als internem Standard 30 min im Ultraschallbad extrahiert. Die anschließende gaschromatographische Analyse (Clarus 500, Fa. PerkinElmer, Rodgau) wurde unter Verwendung einer Trennsäule für Amine (RTX-5 Amine, Crossbond, 5 % Diphenyl-/95% dimethylpolysiloxan, Innendurchmesser 0,25 mm, 1 µm Filmdicke, Länge 30 m, Fa. Restek, Bad Homburg) und eines stickstoffselektiven Detektors (NSD) durchgeführt. Die Bestimmungsgrenze des Verfahrens lag unter den angegebenen Bedingungen absolut bei 0,028 ng Nikotin bzw. relativ bei 0,12 µg/m<sup>3</sup>.

Um die Acrylnitrilkonzentration unter den geforderten Bedingungen mit einer vergleichbaren Bestimmungsgrenze ermitteln zu können, musste ein völlig neues Probenahmeverfahren entwickelt und validiert werden. Als geeignete Probenträger erwiesen sich Aktivkohleröhrchen Typ B der Fa. Dräger, Lübeck (Sammelschicht 300 mg, Kontrollschicht 700 mg). Die Luftproben wurden über einen Zeitraum von fünf Stunden bei einem Volumenstrom von 0,666 l/min genommen, was einem Probenahmenvolumen von 200 l entspricht. Die bereits bei Nikotin verwendete Desorptionslösung, Ethylacetat mit Methanol im Mischungsverhältnis 9 : 1, diente auch hier zur Extraktion der Probenträger. Die getrennte Aufarbeitung von Sammel- bzw. Kontrollschicht erfolgte mit 1 bzw. 2 ml Lösung unter Verwendung von Propionitril als internem Standard im Ultraschallbad (30 min). Die gaschromatographische Analyse (Autosystem XL, Fa. PerkinElmer, Rodgau) wurde mit einer polaren Trennsäule (Stabilwax, Crossbond, Polyethylenglykol, Innendurchmesser 0,32 mm, Filmdicke 1 µm, Länge 60 m, Fa. Restek, Bad Homburg) und einem stickstoffselektiven Detektor durchgeführt. Unter diesen Bedingungen konnte eine absolute Bestimmungsgrenze von 0,02 ng Acrylnitril erreicht werden, was einer relativen Konzentration von 0,1 µg/m<sup>3</sup> entspricht.

Die Verfahren zur Bestimmung von Nikotin und Acrylnitril wurden entwickelt, um die Konzentrationen dieser Substanzen im Passivrauch bestimmen zu können. Beide Stoffe wurden ausgewählt, weil ihr Vorkommen sehr gut auf Passivrauch zurückzuführen ist und die entsprechenden Metabolite gut analysierbar sind. Die Messverfahren sind in der vorliegenden Form nicht zur Überwachung von Arbeitsplatzgrenzwerten geeignet. Die Methodenentwicklung wurde dennoch an die Anforderungen der DIN EN 482 und der

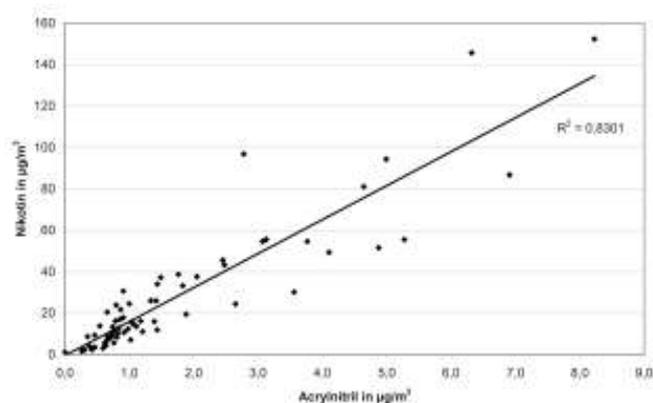


Bild 1. Gegenüberstellung der Nikotinkonzentration und der Acrylnitrilkonzentration in der Luft.

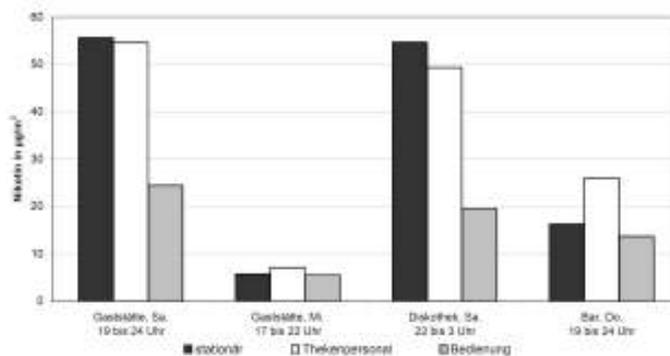


Bild 2. Nikotinkonzentration in Abhängigkeit von Arbeitsplatz und Arbeitstag; vier Messungen: parallele Probenahme bei Probanden mit unterschiedlichen Tätigkeiten.

neuen prEN 1076 angepasst, z. B. hinsichtlich der maximal zulässigen Messunsicherheit [6; 7], um valide und reproduzierbare Messergebnisse zu erhalten. In Deutschland liegt der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für Nikotin bei  $0,5 \text{ mg/m}^3$  [8]. Für Acrylnitril gibt es aufgrund seiner kanzerogenen Eigenschaften zurzeit in Deutschland keinen Grenzwert. Allerdings existieren in anderen europäischen Staaten (Belgien, Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Österreich, Polen, Schweden, Spanien, Schweiz) und auch in Übersee (Japan, Kanada, USA) solche Werte im Bereich von 2 bis  $4,5 \text{ mg/m}^3$  [9].

Beide Verfahren wurden in der BGIA-Arbeitsmappe [10; 11] veröffentlicht.

## 5 Ergebnisse

Während der Messungen im Frühsommer waren an allen Messstandorten, außer in der Diskothek, Fenster und Türen geöffnet. Bei den Messungen im Winter waren wegen der hohen Gästezahl Fenster und Türen ebenfalls teilweise geöffnet. Ventilationssysteme, die in den meisten Gaststätten vorhanden waren, wurden in der Diskothek und in den weiteren Gastronomiebetrieben nur in den Wintermonaten betrieben.

### 5.1 Frühsommersmessungen

Für die Auswertung und Beurteilung der Messergebnisse wurden die Gastronomiebetriebe in drei Gruppen in eingeteilt:

- Cafés und Bistros

Die Messungen fanden ganztägig statt, da auch ein Frühstücksservice angeboten wurde.

- Bars und Gaststätten

Die Messungen wurden vom späten Nachmittag bis in die Nacht durchgeführt, da die Betriebe in der Regel erst ab dem Nachmittag öffneten.

- Diskothek

Unter Berücksichtigung der späten Öffnungszeiten wurden die Messungen nach 22:00 Uhr, zum Teil erst nach Mitternacht gestartet, da die Anzahl der Besucher erst danach den Höchststand erreichte.

Insgesamt wurden 134 Proben personengetragen oder stationär gezogen und ausgewertet. In allen Gastronomiebetrieben konnten sowohl Nikotin als auch Acrylnitril nachgewiesen werden. Die Konzentrationen der beiden Substanzen lagen für Nikotin zwischen  $1,2$  und  $152 \text{ µg/m}^3$ , für Acrylnitril zwischen  $0,1$  und  $8,2 \text{ µg/m}^3$ .

Zunächst sollte geprüft werden, ob neben Nikotin, das als Leitkomponente für Tabakrauch allgemein anerkannt ist, Acrylnitril ebenfalls als Leitkomponente zur Ermittlung einer Passivrauchbelastung geeignet ist. Eine Gegenüberstellung der parallel ermittelten Konzentrationen zeigt eine sehr gute Korrelation dieser beider Substanzen (siehe Bild 1) mit einem Korrelationskoeffizient ( $R^2$ ) von 0,83.

Die Nikotin- und Acrylnitrilkonzentrationen waren deutlich abhängig vom Gastronomietyp. Die höchsten Konzentrationen wurden in der Diskothek ermittelt, während in Cafés oder Bistros insbesondere vormittags niedrigere Konzentra-

Tabelle 1. Nikotin- und Acrylnitrilkonzentration der Frühsommersmessungen in Abhängigkeit vom Lokaltyp.

		Café/Bistro ( $n = 22$ ; $p = 11$ ; $s = 11$ )	Bar/Gaststätte ( $n = 34$ ; $p = 18$ ; $s = 16$ )	Diskothek ( $n = 11$ ; $p = 6$ ; $s = 5$ )
Nikotin in $\text{µg/m}^3$	Median	9,8	15,0	55,5
	Mittelwert	13,8	21,3	74,6
	Minimum	1,2	3,1	19,5
	Maximum	43,2	96,8	152
Acrylnitril in $\text{µg/m}^3$	Median	0,7	0,9	4,9
	Mittelwert	0,8	1,2	5,0
	Minimum	0,1	0,6	1,9
	Maximum	2,5	3,1	8,2

Die Anzahl der durchgeführten Messungen für den jeweiligen Gefahrstoff ist wie folgt aufgeschlüsselt:  $n$  = Gesamtzahl,  $p$  = personengebundene Messungen,  $s$  = stationäre Messungen.

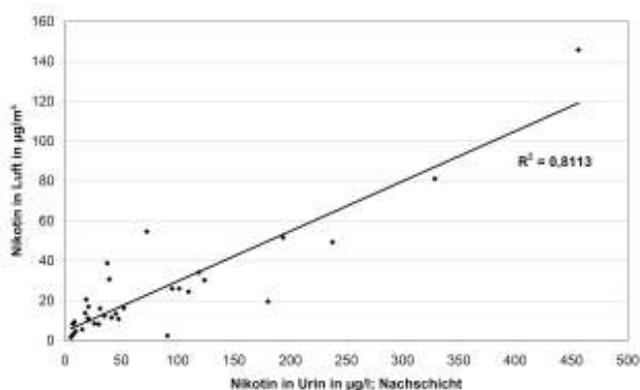


Bild 3. Zusammenhang der Nikotinkonzentrationen in der Luft und im Urin der Nachschichtprobe der Probanden.

tionen nachgewiesen wurden. **Tabelle 1** schlüsselt die ermittelten Konzentrationsbereiche detailliert auf.

Darüber hinaus war zu prüfen, ob für das Gastronomiepersonal in Abhängigkeit vom Tätigkeitsprofil unterschiedliche Belastungen bestehen. Bei den Probanden waren zwei Tätigkeitsprofile vorherrschend:

- Personen, die sich in einem auf die Theke begrenzten Bereich des Lokals aufhielten,
- sowie Bedienpersonal, das die Tische bediente und sich somit im gesamten Lokal aufhielt.

In vier Lokalen konnten bei gleichzeitig arbeitenden Probanden mit unterschiedlichen Tätigkeiten Luftproben personengetragen genommen werden. Dabei war zu erkennen, dass das Thekenpersonal in der Regel einer höheren Belastung ausgesetzt war als das Bedienpersonal. Des Weiteren zeigte sich ein Tagestrend: In den Abendstunden war die Belastung höher als vormittags oder nachmittags und an Wochenenden war die Passivrauchbelastung in der Regel höher als zu vergleichbaren Zeiten an Wochentagen (siehe **Bild 2**). In der Diskothek stand der Discjockey als Proband zur Verfügung.

### 5.2 Nikotin: Luft und Urin – Messergebnisse

Die wichtigste Frage im Rahmen des Gesamtprojekts war, wie die Luftmessungen und das Biological Monitoring in ihren Ergebnissen miteinander vergleichbar sind und ob sie sich in ihren Aussagen ergänzen. Zu den Ergebnissen des Biological Monitorings ist eine Publikation in Vorbereitung, daher soll an dieser Stelle lediglich kurz auf die Ergebnisse für die Nikotinbelastung in der Luft und die Ausscheidung von nicht metabolisiertem Nikotin im Urin nach der Schicht verwiesen werden.

Jeweils zu Beginn und zum Ende der Luftmessungen gaben die Probanden Urinproben ab. In diesen wurden zum einen der Gehalt an nicht verstoffwechseltem Nikotin und zum anderen die Konzentrationen der Metabolite Cotinin und 3-Hydroxycotinin bestimmt. Der Vergleich der jeweiligen Werte zeigte nur für Nikotin eine Anreicherung über den Messzeitraum. Aufgrund der deutlich langsameren Elimination der Nikotinmetabolite Cotinin und 3-Hydroxycotinin (Eliminationshalbwertszeiten von über 17 Stunden) konnten für diese Stoffe keine signifikanten Konzentrationsänderungen nach einem Zeitraum von 5 h gefunden werden.

Bei Betrachtung der Nikotinkonzentrationen in der Luft und im Urin der Nachschicht war eine enge Korrelation feststellbar (siehe **Bild 3**).

### 5.3 Ergebnisse der Wintermessungen

Im Winter 2008/2009, nach Inkrafttreten des Nichtraucherschutzgesetzes in Nordrhein-Westfalen, wurden in acht der im Sommer beprobten Gaststätten nochmals Messungen durchgeführt. Die Gaststätten hatten entweder einen getrennten Raucherbereich eingerichtet, waren kleiner als 75 m<sup>2</sup> oder das Rauchen war aufgrund der Ausnahmeregelung für Brauchtumsveranstaltungen erlaubt.

Es wurden nur die stationären Messungen auf Nikotin und Acrylnitril im Raucherbereich in der Nähe des Tresens wiederholt. In jedem Lokal wurde auch nur an einem Abend gemessen und nicht wie im Sommer 2008 an mehreren Tagen oder zu unterschiedlichen Tageszeiten. Mit diesen Messungen sollte ermittelt werden, ob und inwieweit sich die Passivrauchbelastung für das Personal durch die Jahreszeiten verändert. Es wurden sowohl normale Betriebszeiten mit gewöhnlicher Gästerauslastung als auch Sonderveranstaltungen mit besonders hoher Gästedichte gewählt, so wurden z. B. während des Kölner Karnevals Proben genommen. Dabei war das allgemeine Rauchverbot in den Gaststätten durch die Brauchtumsregel außer Kraft gesetzt. Bei diesen Veranstaltungen war eine sehr gute Auslastung gewährleistet. Die Resultate dieser Einzelmessungen lagen durchweg im Bereich der Spitzenwerte.

- Alle Konzentrationen waren im Vergleich zu den Sommermessungen wesentlich höher, auch bei normaler Auslastung.
- Die Spitzengehalte in Cafés/Bistros mit 163 µg/m<sup>5</sup> (Nikotin) bzw. 8,8 µg/m<sup>5</sup> (Acrylnitril) und auch in Gaststätten mit 157 µg/m<sup>5</sup> (Nikotin) bzw. 6,0 µg/m<sup>5</sup> (Acrylnitril) lagen im Bereich der Spitzenwerte aus der Diskothek.
- Die Wintermessung mit 156 µg/m<sup>5</sup> (Nikotin) bzw. 8,9 µg/m<sup>5</sup> (Acrylnitril) für die Diskothek bestätigte die Sommerwerte.

## 6 Diskussion und Vergleich der Ergebnisse mit anderen Arbeiten

Im Rahmen dieses Projekts wurden erstmals für Deutschland schichtbezogen die Passivrauchbestandteile Nikotin und Acrylnitril in der Gastronomieraumluft gemessen. Parallel wurden im Urin und Speichel die Konzentrationen von Nikotin und seiner Metabolite Cotinin und 3-Hydroxycotinin bzw. im Blut das Addukt Cyanoethylvalin des Acrylnitrils bei nicht rauchenden Gastronomiebeschäftigten untersucht.

In einer Studie aus dem Jahr 2007 haben *Bolte et al.* [12] ebenfalls Passivrauchmessungen in der deutschen Gastronomie durchgeführt. Dabei wurden über einen Zeitraum von einem Jahr (April 2005 bis Mai 2006) die Konzentrationen verschiedener Passivrauchbestandteile bestimmt, unter anderem auch Nikotin und Acrylnitril. Eine systematische Untersuchung des Zusammenhangs dieser beiden Substanzen im Passivrauch, wie sie dort für andere Stoffe beschrieben wird, blieb allerdings aus. Ein Biomonitoring fand nicht statt.

Mit dem von *Bolte* beschriebenen Verfahren zur Bestimmung der Passivrauchbestandteile konnten aufgrund unterschiedlich konfigurierter Thermodesorptionssysteme im BGIA sowohl für Nikotin als auch für Acrylnitril keine reproduzierbaren Ergebnisse erhalten werden.

Die von *Nebot et al.* [13] und von *Gorini et al.* [14] bei ihren in den Wintermonaten der Jahre 2002 bis 2007 in mehreren europäischen Ländern durchgeführten Messungen

Tabelle 2. Nikotinkonzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in der Raumluft von Gastronomiebetrieben. AM: arithmetrischer Mittelwert.

Quelle	Land, Jahr	Restaurant, Bistro, Café		Gaststätte, Bar		Diskothek	
		Median	AM	Median	AM	Median	AM
Gorini et al. [14]	Österreich, 2002 bis 2004	2,53		49,60		24,31	
Gorini et al. [14]	Italien, 2002 bis 2004	2,03		19,02		35,16	
Nebot et al. [13]	Österreich, 2005	17				122	
Nebot et al. [13]	Frankreich, 2005	9,3				59	
Nebot et al. [13]	Italien, 2005	1,6				19	
Nebot et al. [13]	Spanien, 2005	7,8				91	
Gorini et al. [14]	Österreich, 2007	2,57		31,43		28,24	
Bolte et al. [12]	Deutschland, 2007	15,0	21,3	31,0	53,7	193,0	226,6
eigene	Deutschland, Sommer 2008	9,8	13,8	15,0	21,3	55,5	74,6

Tabelle 3. Minimal- und Maximalwerte der Nikotin- bzw. Acrylnitrilkonzentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Messungen von Bolte et al. und des BGIa im Sommer 2008.

Quelle	Substanz	Restaurant, Bistro, Café		Gaststätte, Bar		Diskothek	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bolte et al. [12]	Nikotin	0,7	83,3	9,1	180,0	71,0	450,0
	Acrylnitril	0,4	3,3	0,4	10,6	1,1	7,5
eigene	Nikotin	1,2	43,2	3,1	96,8	19,5	152
	Acrylnitril	0,1	2,5	0,6	3,1	1,9	8,2

verwendete Methode zur Bestimmung von Nikotin, Passivsammlung auf mit Natriumhydrogensulfat behandeltem Filter, erwies sich als nicht praktikabel, da die Probenträger bei stationären Messungen über einen Zeitraum von mehreren Tagen in den Räumen verbleiben müssen.

In **Tabelle 2** sind die in den oben aufgeführten Veröffentlichungen angegebenen Nikotinkonzentrationen mit ihren Medianen und dem arithmetischen Mittel (AM) aufgeführt.

Die von uns ermittelten Nikotinkonzentrationen der Sommermessungen liegen dabei in den gleichen Größenordnungen wie sie in den anderen Publikationen beschrieben sind. Mit Ausnahme der Messungen in Österreich werden in Diskotheken die höchsten Nikotinkonzentrationen gefunden, wobei sich der von Bolte et al. bestimmte Mittelwert von  $226,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Nikotin deutlich abhebt und auch wesentlich höher ist als der bei unseren Messungen bestimmte Maximalwert (**Tabelle 3**).

Bei den Nachmessungen in den Raucherbereichen im Winter wurden zum Teil auch für Bistros und Cafés bzw. für Gaststätten und Bars Nikotinkonzentrationen gefunden, die dem Maximalwert in Diskotheken während des Sommers entsprachen. Der Median oder der arithmetische Mittelwert wurde nicht ermittelt, da es sich um Einzelmessungen handelte.

Die Ergebnisse der Acrylnitrilbestimmungen können nur mit den von Bolte et al. verglichen werden. Werte aus anderen Messungen in der Gastronomie liegen nach unserer Kenntnis nicht vor. Wie bei Nikotin liegen die Konzentrationen in gleichen Größenordnungen, wobei der Maximalwert bei Bolte et al. für Gaststätten und Bars eher dem hier im Winter festgestellten Maximalwert entspricht.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projektes konnte durch die erstmals parallel durchgeführten Messungen von Nikotin und Acrylnitril ge-

zeigt werden, dass beide Substanzen zur Beurteilung von Passivrauchexpositionen in der Gastronomie herangezogen werden können. Beeinflussungen durch andere Emissionsquellen, z. B. Kerzen auf den Tischen, offene Verbindungen zur Küche, Nebelmaschinen in der Diskothek, wie sie bei anderen im Tabakrauch enthaltenen Substanzen (z. B. PAK) in der Gastronomie gefunden werden, konnten für Acrylnitril nicht festgestellt werden. Die parallele Durchführung personengebundener Luftmessungen und des Biomonitorings zeigte, dass sich beide Verfahren hervorragend ergänzen, um die schichtbezogene individuelle Passivrauchbelastung zu ermitteln. Die bei den Luftmessungen gefundene gute Korrelation zwischen den Nikotin- und Acrylnitril-Messwerten deutet darauf hin, dass Acrylnitril prinzipiell auch im Rahmen des Biomonitorings als Marker für eine innere Passivrauchbelastung einsetzbar ist.

Messungen zu verschiedenen Uhrzeiten, Wochentagen und Jahreszeiten konnten die Bandbreite der Passivrauchbelastung für das in der Gastronomie beschäftigte Personal abdecken. Neben den räumlichen Gegebenheiten und den Lüftungsverhältnissen wurden weitere Faktoren ermittelt, die in Abhängigkeit von der jeweiligen Raucheranzahl bzw. -dichte Einfluss auf die Höhe der individuellen Belastung von Gastronomiebeschäftigten haben: Es fanden sich Abhängigkeiten vom Lokaltyp, der Arbeitszeit und dem Arbeitsplatz im Lokal. So wurden die höchsten Belastungen am späten Abend in gut besuchten Lokalen und in der Regel an Wochenenden im Thekenbereich und beim Thekenpersonal festgestellt. Besonders belastet sind diese Lokale, wenn die Räume geschlossen sind, wie z. B. bei Gaststätten im Winter.

Somit bleibt festzuhalten, dass die Exposition von Gastronomiebeschäftigten durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst wird. Daher muss immer die spezielle Situation des Einzelnen betrachtet werden. Dies spielt vor dem Hintergrund der zurzeit geltenden Nichtraucherschutzgesetze eine wichtige Rolle, da diese auch weiterhin das Rauchen in Gastronomie-

betrieben unter bestimmten Voraussetzungen gestatten. Beschäftigte werden dort also auch weiterhin gegen Passivrauch exponiert sein, insbesondere nach der Einrichtung von Raucherbereichen.

Das BGIA wird in Zusammenarbeit mit den Berufsgenossen-

schaften und dem BGFA ein Schutzmaßnahmenkonzept für Gaststätten erarbeiten. Dies soll sowohl Maßnahmen der räumlichen Trennung als auch Lüftungstechnische Lösungen für die Verringerung der Passivrauchexposition in Gastronomiebetrieben berücksichtigen.

## Literatur

- [1] IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Tobacco smoke and involuntary smoking. Vol. 83. Hrsg.: International Agency for Research on Cancer, Lyon, Frankreich 2004.
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe (TRGS 205). Ausg. 7/2005. BArbBl. (2005) Nr. 7, S. 68-78; zul. geänd. GMBL. (2008) Nr. 26, S. 528.
- [3] Schettgen, T.; Rossbach, B.; Kütting, B.; Letzel, S.; Drexler, H.; Angerer, J.: Determination of haemoglobin adducts of acrylamide and glycidamide in smoking and non-smoking persons of the general population. *Int. J. Hyg. Environm. Health* 207 (2004) Nr. 6, S. 531-539.
- [4] Gesetz zum Schutz von Nichtraucherinnen und Nichtrauchern in Nordrhein-Westfalen (Nichtraucherschutzgesetz NRW – NiSchG NRW). GVBl. NRW Nr. 34 vom 28. Dezember 2007, S. 742; zul. geänd. GVBl. NRW Nr. 18 vom 30. Juni 2009, S. 390-391.
- [5] Nicotine (Method 2551). In: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4<sup>th</sup> ed. Hrsg.: NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, 1998.
- [6] DIN EN 482: Arbeitsplatzatmosphäre – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe. Berlin: Beuth 2006.
- [7] DIN EN 1076: Exposition am Arbeitsplatz – Messung von Gasen und Dämpfen mit pumpenbetriebenen Probenahmegeräten – Anforderungen und Prüfverfahren. Berlin: Beuth 2009.
- [8] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBL. (2009) Nr. 28, S. 605.
- [9] GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin 2009. [www.dguv.de/bgia/de/gestis/limit\\_values/](http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/limit_values/)
- [10] Lanfers, W.; Breuer, D.: Acrylnitril. In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Kennzahl 6041. 41. Lfg. X/2008. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989.
- [11] Lanfers, W.; Breuer, D.: Nikotin. In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Kennzahl 8108. 41. Lfg. X/2008. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989.
- [12] Bolte, G.; Heitmann, D.; Kiranoglu, M.; Schierl, R.; Diemer, J.; Koerner, W.; Fromme, H.: Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques. *J. Expo. Sci. Environm. Epidemiol.* 18 (2007) Nr. 3, S. 262-271.
- [13] Nebot, M.; Lopez, M. J.; Gorini, G.; Neuberger, M.; Axelsson, S.; Pilali, M.; Fonseca, C.; Abdennbi, K.; Hackshaw, A.; Moshammer, H.; Laurant, A. M.; Salles, J.; Gorguuli, M.; Fondelli, M. C.; Serrahima, E.; Centrich, F.; Hammond, S. K.: Environmental tobacco smoke exposure in public places of European cities. *Tob. Control* 14 (2005) Nr. 1, S. 60-63.
- [14] Gorini, G.; Moshammer, H.; Sbrogiò, L.; Gasparrini, A.; Nebot, M.; Neuberger, M.; Tamang, W.; Lopez, M. J.; Galeone, D.; Serrahima, E.: Italy and Austria before and after study: second-hand smoke exposure in hospitality premises before and after 2 years from the introduction of the Italian smoking ban. *Indoor Air* 18 (2008) Nr. 4, S. 328-334.