

## ■ Spürnasen für explosive Cocktails

Verschiedene Detektoren erlauben es, auffälliges Handgepäck schnell und zuverlässig zu überprüfen.

Wer kennt das nicht: An der Handgepäckkontrolle erfolgt nach dem Röntgenscan eine genauere Untersuchung. Das Sicherheitspersonal nimmt mit Handschuhen nach einem vorgegebenen Prozedere Proben von Gepäckstücken und elektronischen Geräten ab und wischt mit einem Teststreifen besonders über die Stellen, die mit den Händen in Berührung kommen: An Koffergriffen oder Touchscreens von Smartphones sammeln sich winzige Spuren aller Stoffe, mit denen der Besitzer kürzlich in Kontakt war. Den Teststreifen analysiert ein Gerät, das einem Laserdrucker ähnelt. Dabei gilt es, bestimmte Chemikalien, die auf Sprengstoffe oder Drogen hinweisen können, aufzufinden. Die Geräte ermitteln die Bestandteile der Probe – wie genau, bleibt Betriebsgeheimnis, aber die physikalischen Prinzipien sind bekannt.

Sprengstoffe oder Drogen lassen sich mit einem Ionenmobilitätsspektrometer nachweisen. Darin erhitzt zunächst ein Thermodesorber die Probenmoleküle und überführt sie in die Gasphase. Danach werden die Moleküle ionisiert. Dabei gibt es zwei Strategien: Ein stärkeres Ionisieren zerschlägt die Moleküle in Fragmente, die eindeutig nachweisbar sind. Bei sanfterem Ionisieren werden dagegen die Moleküle selbst registriert. Geräte, die in Deutschland im Einsatz sind, verwenden in beiden Fällen ausschließlich harte UV-Strahlung und verdampftes Wasser. Zunächst regt das UV-Licht die Wassermoleküle so an, dass sie Elektronen emittieren.

Durch Stoßionisation übertragen dann die Probenmoleküle negative Ladung auf die Wasserionen und bleiben



Lästig, aber unumgänglich: Die Handgepäckkontrolle mit Röntgenscannern und manchmal mit anderen Detektoren gehört zum Alltag beim Fliegen.

ben selbst positiv geladen zurück. Hydrophile Probenmoleküle können sich alternativ auch direkt an die positiv geladenen Wasserionen anlagern, sodass ebenfalls positive Probenionen entstehen. Eine Alternative dazu sind radioaktive Ionisationsquellen, die zum Beispiel den Betastrahler  $^{63}\text{Ni}$  verwenden. Dieser emittiert Elektronen mit ausreichender Energie, um die Probenmoleküle zu ionisieren. Laut Hersteller arbeiten diese Quellen effektiver – außerdem benötigen sie keinen Strom. Für diese Geräte wären aber die deutschen Strahlenschutzmaßnahmen zu aufwändig.

Die ionisierten Moleküle durchlaufen eine Driftkammer mit einem polarisierten elektrischen Feld. Dort kollidieren sie mit den Molekülen eines Driftgases, das in entgegengesetzter Richtung in die Kammer einströmt (Abb. 1). Weil die Kollisionen je nach Größe der Probenmoleküle mehr oder weniger häufig auftreten, treffen diese zu unterschiedlichen Zeiten am Detektor ein. Die Anzahl der Moleküle, die zu einer bestimmten Laufzeit den Detektor erreichen, ergibt ein Spektrum, das sich nach charakteristischen Mustern durchsuchen lässt, die für bestimmte Stoffe so typisch sind wie ein Fingerabdruck. Das Spektrometer löst Alarm aus,

wenn ein Spektrum der gespeicherten Signatur eines Gefahrstoffs ähnelt. Die Analyse dauert nicht länger als eine Minute!

Die Teststreifen kosten nur wenige Cent und sind bis zu zwanzigmal verwendbar, sofern kein Test damit positiv war. Bei ihrem Material gibt es unzählige Varianten, vom einfachen Baumwolltuch bis zur teflonbeschichteten Glasfaser. An Baumwolle haften die Probenmoleküle allein durch Adhäsion sehr gut, aber Spuren des Tuchs können beim Aufheizen in die Gasphase treten und das Spektrum verfälschen. Mit den Glasfasern ist das ausgeschlossen, allerdings auf Kosten der Haftung. Ein Klebstoff kann hier nicht helfen, weil dieser wiederum im Spektrum die Signaturen gefährlicher Stoffe überdecken könnte.

Die Anzahl der Stoffe, die anhand der Spektren erkannt wird, ist limitiert. In der Europäischen Union müssen Explosivstoffe mit Markierzusätzen identifiziert werden. Das Militär und zivile Anwender, z. B. Minenbetreiber oder Abbruchunternehmen, benutzen solche Zusätze. Diese sind durch einen hohen Dampfdruck leicht flüchtig, manche kann man sogar riechen. Dagegen ist die Liste der „Home-Made Explosives“,

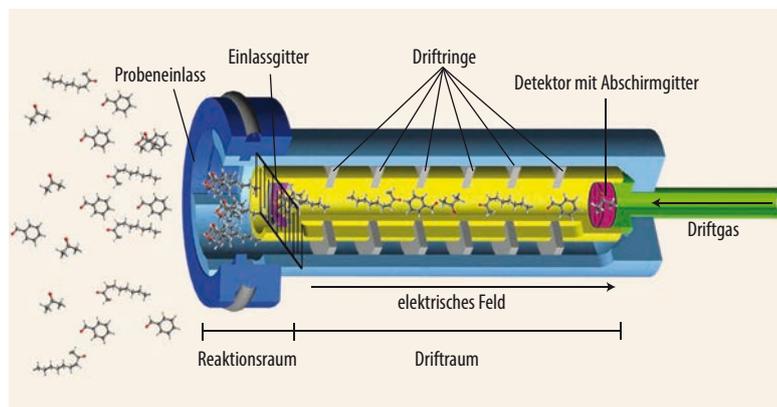


die man aus einfach verfügbaren Chemikalien selbst brauen kann, unüberschaubar. In Datenbanken sind mehrere Tausend solcher Stoffe aufgelistet. Die Hersteller der Geräte geben nicht an, was über die Pflichtliste hinaus erkannt wird und welche Stoffmengen dazu mindestens nötig sind – vermutlich reichen wenige Nanogramm aus. Die Geheimhaltung soll verhindern, dass sich Kontrollen umgehen lassen.

Dennoch gelingt es immer wieder, Sprengstoffe und andere gefährliche Chemikalien durch die Sicherheitskontrolle zu schleusen. Neben Spurendetektoren wie dem Ionenmobilitätsspektrometer gibt es daher auch so genannte Bulkdetektoren. Darin lassen sich große Mengen eines Stoffs – etwa in einer Flasche – auf bekannte Signaturen gefährlicher Stoffe untersuchen. Bulkdetektoren arbeiten mit Röntgen-, Raman- oder Infrarotspektroskopie, sodass sich aus den gemessenen Intensitäten auch die Menge des Gefahrstoffs ableitet. Bei Spurendetektoren ist dagegen nur klar, dass ein Stoff gefunden wurde: Ob sich ein Kilogramm Sprengstoff in der Tasche versteckt oder ob lediglich „Schmutz“ den Alarm ausgelöst hat, ist nicht klar.

#### In Kombination sicherer

Das Sicherheitskonzept am Flughafen basiert auf zwei oder mehr Testverfahren, die mit unterschiedlichen physikalischen Methoden arbeiten. Ihre Kombination senkt die Zahl der Fehlalarme. Typischer-



**Abb. 1** Im Reaktionsraum des Ionenmobilitätsspektrometers ionisieren die Probenmoleküle, bevor sie durch das Einlassgitter den Driftraum erreichen. Dort erzeugen Driftringe ein konstantes elek-

trisches Feld. Ionen verschiedener Masse und Größe erreichen den Detektor hinter dem Abschirmgitter zu anderen Zeiten, weil sie unterschiedlich oft mit dem einströmenden Driftgas wechselwirken.

weise werden pro Stunde rund 150 Plastikwannen mit Handgepäck geröntgt. Nicht jede kann genauer untersucht werden – vielmehr ist es erforderlich, bezüglich möglicher Gefahrstoffe zu selektieren. Sind die Röntgenanlagen zu empfindlich eingestellt, muss fast immer eine Nachkontrolle erfolgen.

Mit modernen Röntgenanlagen passiert das aber immer seltener. Unterschiedliche Beschleunigungsspannungen erlauben es, verschiedene Energieniveaus anzuregen und mehrfarbige Aufnahmen zu erzeugen. So kann das Sicherheitspersonal nicht nur Metall erkennen, sondern auch zwischen organischen und anorganischen Stoffen unterscheiden oder sich die Atomzahlen und die Dichte des Materials anzeigen lassen. In Deutschland sind Geräte mit vier Röntgenquellen verbreitet, die das Handgepäck

in verschiedenen Richtungen durchleuchten und sein Innenleben dreidimensional darstellen. Die Abfolge kleinster Messvolumina wird in beliebiger Richtung sichtbar: Bei einer Tafel Schokolade sieht man Papier, Alufolie, Schokolade, Alufolie, Papier. Auch Sprengsätze verraten sich durch einen besonderen Aufbau – ein Bulkdetektor könnte hier nachweisen, ob es sich um gefährliche Stoffe handelt. Bleibt der Verdacht vage, sind wohl eher Teststreifen und Spurendetektoren das Mittel der Wahl. Nach der Kontrolle heißt es dann hoffentlich: Guten Flug!

\*

Ich danke Dirk Roeseling vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie in Pfnitztal für hilfreiche Informationen.

Bernd Müller