

Autor: Casper Cadurisch  
Co. AST Arbeits- und Atemschutz-Technik AG  
5200 Brugg

## Atemluftflaschen, ein Gefahrenpotenzial?

Bei Schweizer Feuerwehren werden verschiedene Atemluftflaschen für Atemschutzgeräte eingesetzt. Noch bis 1994 wurden ausschliesslich Stahlflaschen mit 4-bis 6L Inhalt und 200-bis 300bar Betriebsdruck eingesetzt. Ab etwa 1995 wurden sog. Verbundstoffflaschen vom EGI (Eidgenössisches Gefahrgut Inspektorat) zugelassen und von verschiedenen Firmen bei Feuerwehren angeboten.

Trotz etwa doppeltem Preis, boomte der Markt für Kunststoffflaschen entgegen allen Erwartungen. Heute sind diese Produkte soweit eingeführt, und verbreitet, dass Stahlflaschen praktisch nicht mehr gefragt, und nur noch unter erschwerten Lieferbedingungen zu beschaffen sind.

Es haben sich bei unseren Feuerwehren zwei Typen von Kunststoffflaschen etabliert, Flaschen mit sog. Aluminium- oder solche mit sog. Thermoplastlinern. Diese Liner werden mittels einer speziellen Technik mit Kohlefasern umwickelt. Diese Wicklung ist für die mechanische Festigkeit verantwortlich, während der Liner die Flasche abdichtet.

Es werden für diese Flaschen verschiedene Bezeichnungen gebraucht. So werden Kunststoffflaschen mit Aluminiumlinern auch Alu-Carbon Cylinder und Flaschen mit Thermoplastliner als Full-Composite Cylinder bezeichnet. Es handelt sich durchweg um Flaschen mit 6,8L oder 9L Volumen und 300 bar Betriebsdruck.

Beide Systeme haben Vor- und Nachteile.

Während Alu-Carbon Cylinder einfacher in der Herstellung sind, muss ein höheres Gewicht (bis 23%) und bedingt durch die Zyklusfestigkeit von Aluminiumlinern, eine begrenzte Lebensdauer von 15 Jahren in Kauf genommen werden. Bei älteren Behältern wurde nach fünf Betriebsjahren die Bildung von Aluminiumoxyd an der Innenwand des Behälters festgestellt. Dieses Aluminiumoxyd sammelt sich in Pulverform im Behälter und kann unter ungünstigen Umständen zu Störungen im Atemschutzgerät führen.

Full-Composite Cylinder sind leichter und durch die Langzeitstabilität der verwendeten Linermaterialien (in der Regel PE) in der Lebensdauer unbegrenzt. Die Fertigung ist aufwändiger da verschiedene Komponenten zusammen ein dichtes System ergeben müssen. In der Vergangenheit kam es bedingt durch Fertigungsfehler in etwa 0,5% der produzierten Flaschen zu Undichtigkeiten. Bei einem Fabrikat tauchten auch thermische Probleme bei tiefen Linertemperaturen ( z.B. Füllen von Hebekissen etc.) auf.

### **Diese Probleme sind seit geraumer Zeit gelöst und tangierten nie die Sicherheit der Flasche**

Kunststoffflaschen werden gemäss prEN 12245 entwickelt und produziert. Darin sind extrem hohe Anforderungen bezüglich mechanischer Festigkeit und Zuverlässigkeit definiert. Die Praxis beweist es.

### **In der bisherigen ca. sechsjährigen rauen Betriebszeit von insgesamt mehreren tausend Kunststoffflaschen ist uns kein Versagen einer Kunststoffflasche gemeldet worden!**

Trotzdem ist es im Umgang mit Kunststoffflaschen zu bedauerlichen Unfällen mit Verletzten gekommen.

### **Risikofaktor Flaschenventil!**

In allen bisher gemeldeten Unfällen oder fast-Unfällen war die Ursache nicht die Kunststoffflasche, sondern ein abgebrochenes Flaschenventil. Expertisen der Ventilfragmente und der betroffenen Zylinder haben bisher ein einheitliches Schadensbild ergeben. Das Flaschenventil mit einem zylindrischen Einschraubgewinde der normierten Dimension M 18x1,5 (nach DIN EN 144) verfügt, ebenfalls von der Norm gefordert, über eine radial angebrachte Entlastungsbohrung. Diese Bohrung würde bei unsachgemässer Entfernung des Ventils unter Druck, nach ca. drei Gewindeumdrehungen die Druckluft aus dem Zylinder entweichen lassen. Ausgerechnet diese Entlastungsbohrung welche einerseits eine Fehlmanipulation entschärft, scheint für die Bruchfestigkeit des Ventilkörpers sehr kritisch zu sein, alle uns bekannten Abbrüche sind an dieser Stelle entstanden.

Bei den kleinkonischen Einschraubgewinden in Stahlflaschen wirken die aus dem Flaschenkragen herausragenden Gewindegänge als Bruchstelle.

Allerdings ist festzuhalten, dass alle untersuchten Ventilabbrüche auf einen schweren seitlichen Schlag zurückzuführen waren. Dies konnte anhand der Verformung der Ventilfragmente eindeutig festgestellt werden.

Ein schwerer Schlag kann entstehen, wenn die Flasche fallen gelassen wird und mit dem Ventil aufschlägt. Oft wird beobachtet, dass die Atemluftflasche am Ventilhandrad getragen wird und dabei ungewollt das Ventil geöffnet wird. Im ungünstigen Fall wird die Flasche im Schreck fallen gelassen worauf diese durch den Rückstoss der ausströmenden Luft in eine Rotation versetzt wird. Durch Anschlagen an Hindernissen führt dies zu einem schweren seitlichen Schlag auf das Flaschenventil, welcher zu Rissbildung und später unverhofft zum Ventilbruch unter Druck führen kann.

Um die Folgen zu vermeiden wurde empfohlen, Verschlussstopfen aus Metall in das Anschlussgewinde zu schrauben. Damit will man vermeiden, dass bei ungewolltem Öffnen des Ventils Luft entweicht.

Diese Massnahme verhindert zwar eine Schreckreaktion, beinhaltet jedoch ein anderes, nicht zu unterschätzendes Risiko!

Kunststoffflaschen, ob Alu-Carbon oder Full-Composite sind in unbeatmetem Zustand brennbar!

Angenommen, das Fahrzeug in dem volle Kunststoffflaschen transportiert werden verunfallt und fängt Feuer. Die geladenen Kunststoffflaschen geraten bei Erreichen der Entzündungstemperatur in Brand. Dabei wird die mechanische Festigkeit der Wicklung kontinuierlich durch Abbrand geschwächt, während der Innendruck ansteigt.

Einige Flaschenventile wurden mit einer sog. Berstscheibe ausgerüstet. Diese Berstscheibe bricht bei Erreichen eines gefährlichen Innendruckes (405bar) und die Luft bläst kontrolliert ab. Dies funktioniert jedoch nur bei vollständig gefüllter Flasche. Ist jedoch die in Brand geratene Flasche nur mit z.B. 200 bar gefüllt, wird der Innendruck nicht bis zum Ansprechen der Berstscheibe ansteigen!

Eine effizientere Sicherung ist der eigentliche Ventil-Dichtsitz aus Kunststoff. Dieser Ventilsitz schmilzt bei Erreichen einer bestimmten Temperatur und wird durch den anstehenden Druck aus dem Ventil ausgeblasen. Damit ist das Ventil undicht und der Druck baut sich über den Anschlussstutzen ab. Dieser Druckabbau funktioniert nur wenn ein Verschlussstopfen

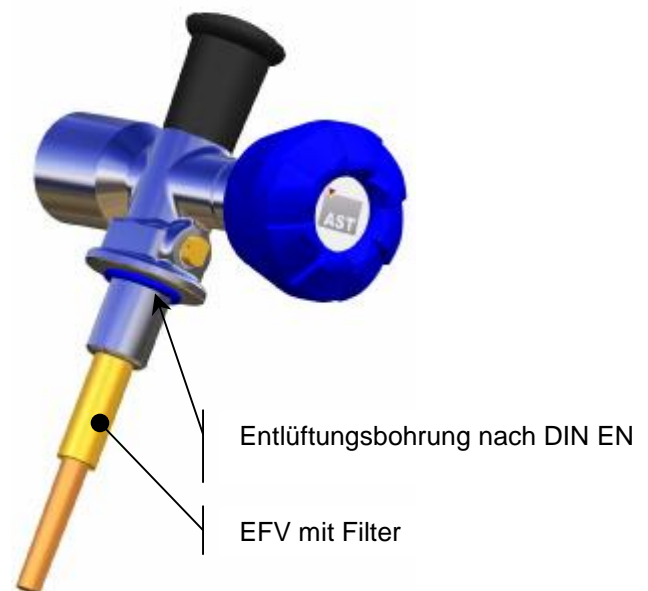
aus Kunststoff angebracht wurde welcher bei dieser Temperatur ebenfalls mitschmilzt! „Gesichert“ mit einem metallischen Verschlussstopfen wird die Flasche bersten weil sich der Druck nicht über den Anschlussstutzen abbauen kann. Die Detonation löst eine Kettenreaktion unter den anderen Flaschen aus! Zugegeben der Fall ist konstruiert, aber absolut denkbar!

Ventilabbrüche hat es in der Vergangenheit des öftern gegeben und wird es trotz intensiver Schulung und trotz sorgfältigem Handling auch in Zukunft geben. Die menschliche Unzulänglichkeit ist gerade bei Feuerwehr-einsätzen unter Stress nicht auszuschliessen, davon sollte ausgegangen werden!

### Eine mögliche Technische Lösung

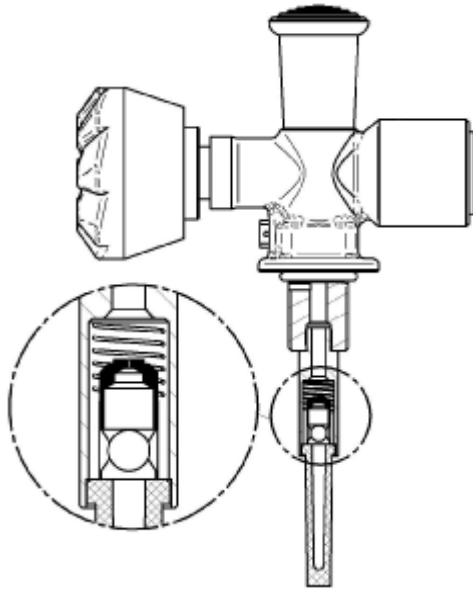
Wenn davon ausgegangen wird, dass Ventilabbrüche nicht auszuschliessen sind, muss dafür gesorgt werden dass dies ohne Folgen für Leben und Gesundheit bleibt.

In Zusammenarbeit mit dem Europäischen Marktführer VTI (Ventil Technik International in Menden) bringt AST AG in Brugg ein sog. **EFV** (Excess Flow Valve) auf den Markt:



**Abbildung 1: AST Atemluft Ventil mit EFV**

Diese Abströmsicherung wird an Stelle des Wasserschutzrohres am Flaschenventil angebracht und befindet sich innerhalb der Flasche. Die Abströmsicherung spricht an, wenn mehr Luft als 600 l/min abströmt. Dabei verengt eine Vorrichtung den Strömungsquerschnitt und lässt den in der Flasche verbliebenen Druck auf ungefährliche Weise, (max. 500 l/min) vollständig abströmen.



**Abbildung 2: Das EFV im Schnitt**

Diese Sicherung wird auch bei ungewolltem Öffnen des Flaschenventils aktiviert. Falls die Flasche fallen gelassen wird, wird sie infolge dosierter Abströmung nicht in Rotation versetzt!

Weil das Abströmen dosiert und unspektakulär abläuft kann auf metallische Verschlussstopfen verzichtet werden, was wiederum das Risiko bei oben beschriebener Brandsituationen ausschliesst.

Selbst bei einem fehlerhaften Auslösen der Sicherung während eines Atemschutzeinsatzes, hat der Atemschutzgeräteträger in jeder Situation genügend Atemluftreserven bis tief in den Bereich der Restdruckwarnung.

### Wie weiter?

Erste Muster des EFV sind in der Fertigung und werden in einer Versuchsreihe für weitere Flaschen- und Ventiltypen weiterentwickelt.

Als erster Anbieter von Atemluftflaschen rüstet AST AG in Brugg alle Atemluftflaschen serienmässig mit diesem EFV aus. Alle Flaschenventile welche bei VTI gefertigt wurden, und das sind die meisten, können nachgerüstet werden. Für weitere Ventile z.B Spiro Light sind Varianten in Vorbereitung.

### Fazit:

- Sorgfältiger Umgang mit Atemluftflaschen und intensive Schulung sind weiterhin eine Voraussetzung für unfallfreien Betrieb.
- Ventilabbrüche sind ausserordentlich gefährlich und auch bei Beherzigung elementarer Vorsichtsmassnahmen nicht auszuschliessen!
- **EFV verhindert zwar keine Ventilabbrüche, vermeidet jedoch deren fatale Folgen!**
- **Mit einer grossflächigen Nachrüstung der bestehenden Flaschen mit EFV wird ein erhebliches Gefahrenpotential ausgeschaltet!**