



<u>Veranstaltung:</u>	B-VI
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Druckbelüftung
<u>Ausgabe:</u>	06 / 2020
<u>Zuständig:</u>	Fachgruppe 20
<u>Bearbeitet von:</u>	Moritz Freitag
<u>Literaturhinweis:</u>	Siehe Seite 20

Abbildungsverzeichnis.....	II
1 Einleitung	1
2 Ziele der Druckbelüftung.....	2
3 Physikalische Grundlagen	3
4 Physik und Einsatztaktik	4
4.1 Zu und Abluftverhältnis	4
4.2 Strömung vs. Überdruck	4
4.3 Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen - NRA	4
4.4 Natürliche Belüftung.....	5
4.5 Hydraulische Ventilation.....	6
4.6 Radeffekt.....	6
5 Lüftertechnik	7
5.1 Lüftertypen	7
5.2 Antriebsarten.....	9
5.3 Ex-Schutz.....	10
5.4 Leistungsparameter	11
5.5 Antriebsleistung und Lautstärke	12
5.6 Wirkung der Lüfter.....	12
6 Einsatztaktik.....	13
6.1 Positionierung eines Lüfters.....	13
6.2 Betrieb hintereinander und nebeneinander	13
6.3 Partielle Entrauchung.....	15
6.4 Einsatzablauf.....	15
6.5 Grundsätze.....	16
7 Weitere Einsatzmöglichkeiten.....	17
7.1 Belüftung und Entlüftung von Schächten und Gruben	17
7.2 Einsatz mit Hubrettungsfahrzeugen	18
8 Sonderformen von Belüftungsgeräten.....	18
9 Abkürzungsverzeichnis.....	19
10 Literatur- und Quellenhinweis.....	20

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Prinzip NRA	4
Abb. 2: Schema der hydr. Ventilation	6
Abb. 3: Rauchtransport im Hohlstrahl	6
Abb. 4: Formstabile Sauglutte (li) und Drucklutte (re)	8
Abb. 5: Verbrennungsmotorantrieb	9
Abb. 6: Elektromotorantrieb	9
Abb. 7: Wasserstrahlantrieb	10
Abb. 8: Wassernebelabgabe	10
Abb. 9: Gegenseitige Beeinflussung	13
Abb. 11: Lüfter auf Treppenabsatz vor Nutzungseinheit	14
Abb. 10: Betrieb hintereinander zur Luftstromlenkung	14
Abb. 12: Potentiometer an E-Lüfter	15
Abb. 13: Strömungskontrolle	15
Abb. 14: Luftstromlenkung mittels Woldecke	17
Abb. 15: Saugbetrieb an Entwässerungskanal	17
Abb. 16: Mobiler Großlüfter auf Kettenfahrgestell	18

1 Einleitung

Bereits seit geraumer Zeit sind Lüfter fester Bestandteil der Feuerwehrtechnik, aber auch der Feuerwehrtaktik.

Will man sich mit der Thematik eingehender und tiefgreifender befassen, stellt man allerdings schnell fest, dass diesbezüglich vielerlei Schriften mit Informationen, Ideen, Handlungsempfehlungen und Handlungsanweisungen von Herstellern, wie auch von Feuerwehrleuten existieren.

Der Unterricht und diese begleitende Lernunterlage beruhen auf Erkenntnissen der Strömungsmechanik und einer Vielzahl von Versuchen. Sie sollen den Feuerwehrangehörigen eine gute Grundlage für eine fundierte Standortausbildung sein.

Dennoch entbindet auch eine sehr umfangreiche Lernunterlage die Feuerwehrangehörigen nicht davon, sich mit der vor Ort verfügbaren Lüfter-Technik zu befassen. Vielmehr müssen Einsatzübungen mit der eigenen Technik, unter dem im Seminar aufgezeigten Rahmen, geübt und auch ausprobiert werden.



Die HLFS wünscht ein sicheres Händchen beim Einsatz von Belüftungsgeräten!

2 Ziele der Druckbelüftung

Mit der Druckbelüftung sollen zunächst die Sichtverhältnisse in einem verrauchten Bereich verbessert sowie eine Verringerung von Schadstoffkonzentration und Temperaturbelastung herbeigeführt werden. Bei näherer Betrachtung dieser Punkte stellen sich folgende Vorteile dar:

Verbesserung der Sichtverhältnisse

- Kontrolle der Rauchgrenze, auch bei einem Angriff zur Brandbekämpfung kann sich der Rauch nicht entgegen der Angriffsrichtung ausbreiten
- Schnelleres Vorgehen im betroffenen / verrauchten Bereich
- Bessere Orientierung für die vorgehenden Trupps, dies ermöglicht:
 - Frühere Einleitung von Brandbekämpfungsmaßnahmen
 - Bedingte Unterstützung bei der Menschenrettung (siehe 6.5 Seite 16)

Verringerung der Schadstoffkonzentration

- Herabsetzung der Gefährdung durch Atemgifte; dadurch wird die Überlebenschance für gefährdete Personen verbessert. (siehe 6.5 Seite 16)
- Verkleinerung des Gefahrenbereiches für Einsatzkräfte (Atemschutz nicht nötig)
- Verringerung von Gebäudeschäden durch Rußanhaftungen (Kontamination)
- Sicherstellung der baulichen Rettungswege

Verringerung der Temperaturbelastung

- Geringere Temperaturbelastung für die Einsatzkräfte
- Aufrechterhaltung von Bauteilfunktionen
- Verringerung von Brandfolgeschäden in einem Gebäude durch Beeinflussung der „flash-over-Phase“

3 Physikalische Grundlagen

Da es sich bei Belüftungsmaßnahmen schlicht um Luftströmungen handelt, ist hierbei der Satz des Bernoulli zu betrachten. Dieser ist auf reibungsfreie Fluide in einer Strömung anzuwenden und stellt sich wie folgt dar:

$$p + \rho \times g \times h + \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 = \text{konstant}$$

Höhenänderung (h) und Dichte (ρ) sind zu vernachlässigen, daher kann die Formel soweit gekürzt werden, dass nur noch der statische Druck und die Geschwindigkeit Beachtung finden:

$$p + v^2 = \text{konstant}$$

Daraus folgt:

- Erhöht sich in einer Strömung die Geschwindigkeit, so muss der Druck fallen.
- Erhöht sich in einer Strömung der Druck, so muss die Geschwindigkeit fallen.

Eine gleichzeitige Steigerung von Druck und Geschwindigkeit ist nicht möglich!

Tab. 1: Physikalische Komponenten

p	Statischer Druck
ρ [rho]	Dichte des Fluides
g	Erdbeschleunigung
h	Höhenänderung
v	Strömungsgeschwindigkeit
$\rho \times g \times h$	Geodätischer Druck
$\frac{1}{2} \times \rho \times v^2$	Dynamischer Druck

4 Physik und Einsatztaktik

Die Physik ist die Grundlage der Strömungsmechanik und beeinflusst damit die Taktik.

4.1 Zu und Abluftverhältnis

Das richtige Verhältnis von Zuluft zu Abluft ist für eine wirksame Druckbelüftung sehr wichtig. Es sollte, je nach Lüfter, mindestens 1:1 bis 1:5 betragen.

- **Eine zu große Abluftöffnung führt zu einer zu geringen Strömung.**
- **Eine zu kleine Abluftöffnung führt zu einem Luftstau.**

Die genaue Bemessung der Größe der Abluftöffnung ist zudem von den örtlichen Gegebenheiten sowie der Bauart und der Leistung des Lüfters abhängig.

4.2 Strömung vs. Überdruck

Häufig wird der Begriff der Überdruckbelüftung verwendet. Da aber das grundsätzliche Ziel darin liegt, eine Verrauchung auf den betroffenen Bereich zu begrenzen und Ausbreitung im Gebäude, insbesondere auf bisher nicht betroffene Bereiche zu verhindern, ist diese Vorgehensweise falsch und zu verwerfen.

Bei Lüftungsmaßnahmen der Feuerwehr soll lediglich eine Strömung entstehen, damit einhergehend fällt der Druck (siehe 3 Physikalische Grundlagen). Ein Überdruck würde nur bei einer zu kleinen oder fehlenden Abluftöffnung entstehen, was dazu führt, dass sich der Druck auf angrenzende Bereiche (auch durch sehr kleine Öffnungen) entspannt und es somit zu einer Rauchgas- und Schadensverschleppung kommt.

Auch ein Druckpolster zu erzeugen ist nicht möglich, da sich der Druck im Gebäude gleichmäßig einstellt und damit ein ausgeglichenes Druckniveau herrscht. Der Rauch kann sich also ungehindert ausbreiten.

4.3 Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen - NRA

Das richtige Verhältnis von Zuluft zu Abluft bei natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen ist ebenfalls von Bedeutung. In diesem Fall ist zwingend zu beachten, dass die Verhältnisse von Zuluft zur Abluft umgedreht sind, also die Zuluftöffnung größer als die Abluftöffnung ist. So liegt das Verhältnis ca. bei 1,5 zu 1. Daraus lässt sich für den Einsatz eines Belüftungsgerätes bei gleichzeitiger Ausnutzung einer NRA folgendes Ableiten:



Abb. 1: Prinzip NRA

Der Lüftereinsatz wird einen Staudruck bewirken und somit eine unkontrollierbare Rauchverschleppung in angrenzende Bereiche.

Bei der Öffnung von Toren und Türen zur Querlüftung, (siehe auch 4.4) sollte nach Möglichkeit auf das richtige Öffnungsverhältnis geachtet werden.

4.4 Natürliche Belüftung

Die natürliche Belüftung -auch Querlüftung- kann für Entrauchungsmaßnahmen sehr gut genutzt werden.

Die natürlichen Luftströmungen sind laminar, bewegen sich also entlang von Strömungslinien, d.h. in der Strömung selbst gibt es nahezu keine Verwirbelungen und somit kaum Verluste. Durch diese Eigenschaft sind sie sehr Kraftvoll und eine Entrauchung setzt sofort mit der Schaffung von Ab- und Zuluftöffnung ein. Zudem geht dies schneller als mit einem Belüftungsgerät. Allerdings sollte der Entrauchungsweg möglichst kurz und gerade gehalten werden, da die Strömungsenergie bei Hindernissen und insbesondere bei Umlenkungen stark abnimmt.

Wie bereits beschrieben, sollte auch bei der Querlüftung auf die passenden Verhältnisse der Zu- und Abluftöffnungen geachtet werden. Idealerweise in einem Verhältnis von etwa 2:1. Dabei sollte ebenfalls partiell entraucht werden (siehe 6.3 Seite 15).

Die Natürliche Entrauchung ist also von diversen Faktoren abhängig:

- Von den vorgefundenen **baulichen Gegebenheiten**
 - Raumsituation, Öffnungen, Öffnungsgrad von Türen, Toren und Fenstern
- Von der (örtlichen) **Wetterlage**
 - Windstärke, Windrichtung, starker Niederschlag
- Von den **einsatztaktischen Gegebenheiten**

Hinweis: Durch die große Kraft einer natürlichen Strömung ist es kaum möglich diese auch mit leistungsstarken Lüftern umzukehren. Es ist also möglichst eine Abluftöffnung zu wählen, auf der keine Windlast liegt, um nicht den Brandrauch entgegen dem Druckbelüftungsweg auszubreiten.

4.5 Hydraulische Ventilation

Sind Lüfter nicht einsetzbar oder soll eine natürliche Belüftung unterstützt werden, kann mittels Hohlstrahlrohr eine hydraulische Ventilation erfolgen. Dabei wird im Brandraum ein Hohlstrahlrohr vorgenommen, um Wasser im Sprühstrahl von innen nach außen abzugeben.

Auch hier ist die Gleichung von Bernoulli anwendbar. Die Strömung wird in diesem Fall durch den Wasserstrahl aufgebaut, durch den geringeren Druck an den Hohlstrahlrändern und in dessen Inneren, wird der Rauch angesaugt und entlang des Wasserstrahls hinausbefördert, wie in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt.

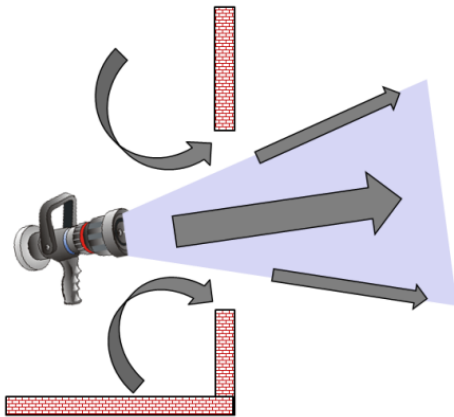


Abb. 2: Schema der hydr. Ventilation



Abb. 3: Rauchtransport im Hohlstrahl

Dieses Verfahren muss bei Brandstellen aber sehr bedacht und unter größter Vorsicht angewendet werden, da sich der Trupp hierbei zwischen Brandstelle und Abluftöffnung befindet.

4.6 Radeffekt

Die Rotation des Strömungskegels wirkt dies wie ein angetriebenes Rad. Der Kegel dreht sich aufgrund dessen vom Lüfter weg. Dieser Effekt kann durch eine Messung der Strömungsgeschwindigkeit dargestellt werden und sollte auch für die am Standort vorgehaltenen Lüfter geprüft werden. Denn es ist durchaus möglich, dass der betreffende Lüfter leicht schräg vor der Zuluftöffnung positioniert werden sollte, um dessen Leistungsspektrum gänzlich auszuschöpfen.

5 Lüftertechnik

Für die Belüftung einer Einsatzstelle bietet der Markt eine Vielzahl von Geräten. Zwar wird bei jedem Gerät ein Lüfterrad (Flügelrad, Schaufelrad, Rotor, Propeller etc.) in Rotation versetzt, woraus eine Luftströmung resultiert. Dennoch haben Antriebsarten, Ausformung von Gehäusen (Düse / Diffusor) und Baugrößen durchaus Einfluss auf diese Strömung und folglich auf den Betrieb der Lüfter. Häufig werden Lüfter auch als Hochleistungslüfter bezeichnet, daraus ist aber heute keine besondere Eigenschaft abzuleiten.

5.1 Lüftertypen

Noch vor wenigen Jahren konnte man lediglich zwei Lüftertypen voneinander abgrenzen, den Propellerlüfter und den Turbinenlüfter. Heute werden diese Typen noch vertrieben, aber viele neuere Lüftertypen lassen eine solche einfache Abgrenzung nur bedingt zu.

Propellerlüfter

Propellerlüfter zeichnen sich durch ein großes Lüfterrad bzw. lange und einige, teilweise sehr breite Schaufeln aus. Im Verhältnis zum Lüfterrad ist die Nabe recht klein. Auch der gesamte Lüfter ist, im Vergleich zu anderen Typen, recht groß. Erfolgt der Antrieb mit Verbrennungsmotoren, sind diese meist nach unten versetzt, über einen Riemen wird dann das Lüfterrad angetrieben.

Durch die Bauform ergibt sich schon kurz hinter dem Lüftergehäuse ein breiter Strömungskegel.

Fälschlicherweise findet man heute noch die Bezeichnung *Überdrucklüfter*, da die Taktik in den USA noch häufig auf einen Überdruck abzielt. Hier ist diese Bezeichnung irreführend und sollte nicht verwendet werden!

Turbinenlüfter

Turbinenlüfter sind in ihrem Aufbau eher kompakt, da der Antrieb (i.d.R. mit Verbrennungsmotor) direkt hinter dem Lüfterrad angebracht ist. Sie haben, wie auch Flugzeug- oder Dampfturbinen, viele kurze und dicht gepackte Schaufeln, die Nabe des Lüfterrades ist dabei verhältnismäßig groß.

Auch hier wird die Strömung zu einem Kegel ausgeformt, dieser ist im Vergleich zu dem des Propellerlüfters eher schmal. Häufig wird dieser Lüfter auch als Injektorlüfter bezeichnet, da Hersteller damit werben, dass die durch die Turbinenströmung injizierte Luftmenge gleich der Menge ist, die durch das Lüfterrad bewegt wird und somit hinter dem

Lüfterrad nur wenig Platz notwendig ist. Um den Strömungskegel können sich weitere Verwirbelungen bilden, diese können auch unter gewissen Umständen dem Hauptstrom rechnerisch beigefügt werden, allerdings ist das mit optischen Verfahren nicht nachzuweisen. Ebenso ist die Fähigkeit, den Luftstrom nadelförmig auszuformen, in keiner Weise nachweisbar. Dem steht schon die große Nabe entgegen, an der keine Luftförderung stattfinden kann. Diese Eigenschaft wird heute von den Herstellern auch nicht mehr angepriesen. Der Turbinenlüfter ist nahezu vom Markt verschwunden.

Kombinationsgeräte

Die Easy Pow`Air- und die All in one Airflow Technologie vereinen in sich die Merkmale der voran beschriebenen Lüftertypen. Damit sind sie sehr leistungsstark und stellen wenige Anforderungen an Ihren Aufstellort. Die Strömungen werden bei diesen Modellen auf ca. zwei Meter nach dem Lüfterrad durch ein Leitwerk (Stator) eingeschnürt, sie bilden dann aber auch wieder einen Kegel aus.

Für nahezu alle Lüftertypen ist umfangreiches Zubehör wie z.B. Lutten, Sprühnebel- oder Leichtschaumaufsätze erhältlich. Für eine Beschaffung sollte das Erfordernis solcher Elemente sehr genau abgewogen werden.

Be- und Entlüftungsgeräte

Diese Systeme gibt es schon sehr lange auf dem Markt, ihre Leistungsfähigkeit ist hinsichtlich der Volumenströme mit den normalen Lüftern kaum vergleichbar. Der Einsatzzweck von Lüftern hat sich aber im Laufe der letzten 50 Jahre deutlich geändert und damit die Anforderungen an ein Belüftungsgerät. Trotz des im Vergleich geringen Volumenstromes, haben diese Geräte dennoch ihre Berechtigung bei der Feuerwehr.

Sie können zwar nicht wie die aktuellen Lüfter eingesetzt werden, können diese aber im Saugbetrieb unterstützen oder eine gezielte Schadstoffabführung erreichen. Auch die Belüftung von Gruben oder Siloanlagen ist mit diesem Gerät, in Verbindung mit Lutten, sehr gut möglich.

Für ein Be- und Entlüftungsgerät sind Saug- und Drucklutten, sowie Leichtschaumaufsätze mit Zumischer für Schaummittel erhältlich.

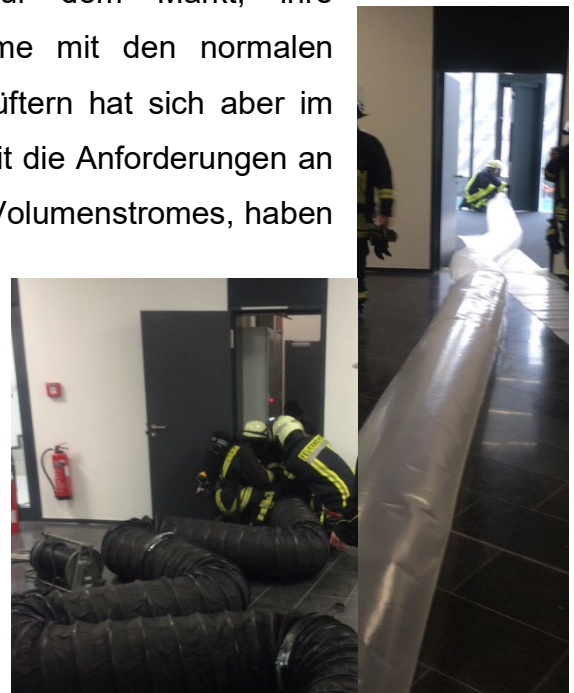


Abb. 4: Formstabile Sauglutte (li) und Drucklutte (re)

5.2 Antriebsarten

Für den Antrieb eines Lüfterrades gibt es drei Möglichkeiten.

Der Verbrennungsmotor

Der Verbrennungsmotor kann autark arbeiten, jedoch entstehen dadurch weitere Antriebsgeräusche und, was noch stärker zu beachten ist, Abgase. Um zu verhindern, dass diese sofort angesaugt und direkt durch den Lüfter in ein Gebäude bzw. den rauchfreien Bereich geblasen werden und die CO-Konzentration im Gebäude ansteigt, ist beim Betrieb immer ein oder gar mehrere Abgasschläuche zu verwenden. Durch die Abgasemissionen wirkt sich auch die Nutzung solcher Lüfter innerhalb eines Gebäudes eher nachteilig aus. Für diesen Zweck sollte daher auf andere Lüfertypen zurückgegriffen werden.



Abb. 5: Verbrennungsmotorantrieb

Der Elektromotor

Der Elektromotor ist mittlerweile stark verbreitet und ist für Betriebsspannungen von 230 V und 400 V erhältlich. Die 230 V Gräte benötigen meist eine gewisse Anlaufzeit, um die gewünschte Drehzahl zu erreichen. Nicht alle Modelle aber verfügen über ein Potentiometer (siehe Abb. 12), um die Drehzahl des Lüfterrades zu regulieren. Diese ermöglichen häufig nur die Stellungen *An-* *Aus*, was im Einsatz hinsichtlich eines Überdrucks- zu Problemen führen kann.



Abb. 6: Elektromotorantrieb

Derzeit nimmt auch die Verbreitung von sogenannten Akkulüftern zu. Der Antrieb erfolgt auch hier elektrisch. Diese Lüfter können einen gewissen Zeitraum auch ohne eine feste Stromversorgung betrieben werden. Die Laufzeiten variieren dabei je nach Hersteller und der gewählten Drehzahl des Belüftungsgerätes.

Lüfter mit Elektroantrieb können auch gut in Gebäuden eingesetzt werden, da von ihnen keine Abgase ausgehen. Unter Umständen kann aber eine lange Stromleitung hinderlich sein. Sollen sie mit anderen Speisepunkten betrieben werden, ist die Verwendung eines Personenschutzschalters obligatorisch.

Der Wasserstrahlantrieb

Mittels eines Wasserstroms, erzeugt durch eine Feuerlöschkreiselpumpe, wird eine Wasserturbine am Lüfter angetrieben. Auf eine Welle der Turbine ist das Lüfterrad montiert. Die Wasserzufuhr erfolgt mit hohem Druck, der in der Antriebsturbine in Bewegungsenergie umgesetzt wird. Daher hat der Rücklauf nur noch wenig Druck. Dies ermöglicht einen Kreislaufbetrieb mit einem Wasserführenden Fahrzeug.



Abb. 7: Wasserstrahlantrieb

Dennoch kann ein solcher Lüfter mit freiem Auslauf betrieben werden, was aber hohe Anforderungen an eine feste Wasserversorgung stellt.

Die betreibende Pumpe steht dann nahezu nur dem Lüfterbetrieb zu Verfügung. Bei Fahrzeugpumpen mit ausreichend Leistung für eine umfangreiche Wasserabgabe muss darauf geachtet werden, dass der für den Lüfter erforderlichen Druck, keine negativen Auswirkungen auf die weiteren Wasserabgabestellen hat. Andernfalls muss der Lüfter mit weniger Druck betrieben werden.



Abb. 8: Wassernebelabgabe

Diese Antriebsart lässt die Abgabe eines Wassernebels recht einfach zu. Von einer Löschwirkung ist aufgrund der geringen Wurfweite und der Tröpfchengröße nicht auszugehen. Kühlungsmaßnahmen sind nur für kleine Flächen und nur prophylaktisch sinnvoll. Gefahrstoffe die leicht Wasserlöslich sind, könnten allerdings mit diesem Nebel gebunden werden.

5.3 Ex-Schutz

Auch wenn Hersteller einen Explosionsschutz versprechen, ist diese Eigenschaft kritisch zu betrachten. I.d.R. bezieht sich der Ex-Schutz bei Elektrolüftern lediglich auf Leitungsanschlüsse oder Motoren, die entsprechend gekapselt sind. **Der Ex-Schutz ist damit nicht gegeben!** Da sich bei Belüftungsgeräten immer Lüfterräder drehen, können Kleinteile wie z.B. Steine oder Metallteile angesaugt werden und zu Funkenbildung führen. Ebenso der Kontakt zwischen Rotorblatt und Gehäuse, wenn Rotoren nicht mehr fest auf der Nabe verschraubt sind oder das Gehäuse Verformungen aufweist.

5.4 Leistungsparameter

Um die Leistungsparameter verschiedener Lüfter zu bemessen gibt es diverse Normen und Verfahren.

Die Normen **DIN 24136** und **AMCA 210** sind sehr allgemein gehalten und dienen u.a. der Bemessung von Lüftern in Computern. Diese Normen sind daher, bezogen auf die Belüftungsgeräte der Feuerwehr, nicht Aussagekräftig.

Leistungsparameter der Hersteller werden häufig rechnerisch ermittelt und sollen das Produkt bestmöglich präsentieren. Tatsächliche Volumenströme können daher von diesen Angaben abweichen.

Die **AMCA 240** ist eine spezielle Prüfnorm, die ursprünglich für die Überdruckbelüftung mit Propellerlüftern entwickelt wurde. Derzeit prüft aber nahezu jeder Hersteller seine Geräte entsprechend dieser amerikanischen Norm in einem sogenannten AMCA-Labor.

Diesem Prüfverfahren wird allerdings nachgesagt, dass dabei nicht Einflussgrößen wie z.B. Druckverhältnisse im Brandraum, die sich dem Lüfterstrom entgegenstellen berücksichtigt werden.

Die **ULH Methode** wurde in Kooperation zwischen der Universität Le Havre und einem Lüfterhersteller entwickelt. Hierbei werden den Angaben nach, Verluste an Öffnungen und variierende Druckverhältnisse im Brandraum berücksichtigt. Leistungsangaben, die auf dieser Prüfmethode basieren, werden derzeit nur von einem Hersteller angegeben.

Derzeit wird im DIN die Norm **14963 – Mobile Lüftungsgeräte** erarbeitet. "Die zukünftige Norm DIN 14963 wird für die üblicherweise auf dem Löschfahrzeug mitgeführten Belüftungsgeräte mit eigenem Antrieb (Verbrennungsmotor oder Elektromotor oder durch Wasserturbinenantrieb) gelten [...]. Festgelegt sind die Ausführungsarten nicht-explosionsgeschützt und explosionsgeschützt. Ein Datenblatt für ein Belüftungsgerät soll nach dem Vorbild der Strahlrohre mit in die Norm aufgenommen werden, um Vergleichbarkeiten herzustellen. Die vorgesehenen Größenklassen wurden mit den Lüfterherstellern als auch anschließend mit den Feuerwehrfahrzeugaufbauern abgestimmt."

5.5 Antriebsleistung und Lautstärke

Bezüglich der Lautstärke ist die Antriebsleistung von untergeordneter Bedeutung, entscheidend sind Lüfteraufbau und Drehzahl. Bei zwei baugleichen Lüftern mit Verbrennungsmotor und Elektromotor sind messtechnisch zwar unterschiedliche Schallpegel nachweisbar, aber die eigentliche Lautstärke eines Lüfters ist auf die Strömungsgeräusche an der Beschaufelung bzw. an den Rotorblättern zurückzuführen.

Schallemissionen durch Verbrennungsmotoren werden zwar in den höheren Drehzahlbereichen teilweise überlagert, aber bei geringen Drehzahlen, sind diese Motorgeräusche nach wie vor deutlich vorhanden. Wohingegen ein elektrisch betriebenes Modell kaum noch Schall emittiert.

5.6 Wirkung der Lüfter

Den verschiedenen Lüftertypen, insbesondere Propeller- und Turbinenlüfter, wurden bisher diverse Wirkungsprinzipien zugeschrieben. Diese Prinzipien definierten dann die 'ideale Positionierung' der Lüfter vor der Zuluftöffnung.

Der Propellerlüfter sollte dabei -nach Herstellerangaben- so platziert werden, dass er die gesamte Zuluftöffnung abdeckt und sich so ein Überdruck aufbaut. Zum einen zeigen diverse Versuche, dass ein Zurückströmen nicht durch den Lüfter aufgehalten werden kann, zum anderen muss es aus den in 4.2 beschriebenen Gesichtspunkten vermieden werden, einen Überdruck in einem Gebäude zu erwirken. Besteht das richtige Verhältnis zwischen Zu- und Abluft, kann sich eine Strömung einstellen und eine Rückströmung kommt nicht zustande.

Die **Wirkung des Turbinenlüfters** sollte in der Hauptsache durch das Injektor-Prinzip erfolgen. Allerdings ist dieses Prinzip recht umstritten. Sicher ist aber, dass der Strömungskegel erheblich schmaler ausgeprägt und somit ein abdecken der Zuluftöffnung kaum möglich ist, womit der Kegel zwangsläufig in die Zuluftöffnung hineinwirken muss.

Bei den Technologien wie Easy Pow'Air oder All in one Airflow kann nicht von einem klassischen Wirkprinzip gesprochen werden. Diese Lüftertypen schnüren den Luftstrom auf die ersten zwei Meter nahezu zylinderförmig ein, dieser wird dann aber auch kegelförmig. Es entsteht quasi eine Trompetenform.

Durch die Studie „Erkenntnisse zur Einsatzstellenbelüftung“ von M. Drebinski gelten diese Wirkprinzipien und die Positionierung in Folge dessen als überholt. Dies wird genauer im folgenden Kapitel beschrieben.

6 Einsatztaktik

Für die zielgerichtete und sichere Durchführung der Einsatzstellenbelüftung müssen weitere Faktoren neben der reinen Strömungsmechanik Beachtung finden.

6.1 Positionierung eines Lüfters

Zur Positionierung eines Lüfters bestehen diverse Aussagen. Laut der Studie von M. Drebinski, hat sich aber als guter Aufstellort für den Lüfter -unabhängig vom Lüftertyp- ein Abstand von 2 m vor der Tür bewährt. Der Lüfter muss dabei auf die Türmitte ausgerichtet sein.

In der Regel verfügen alle Lüfter zudem über ausreichend Leistung, um auch bei größeren Abständen oder nur unzureichenden Positionierungen eine ausreichende Lüftungsleistung zu erbringen. Aufgrund der hohen Leistungen ist es daher selten notwendig, ein Belüftungsgerät mit Vollgas zu betreiben.

6.2 Betrieb hintereinander und nebeneinander

Anders als von einigen Herstellern beschrieben, sind alle Strömungskegel voll turbulent, das bedeutet, sie drehen sich in Drehrichtung des Lüfterrades.

Werden nun zwei Lüfter mit der gleichen Drehrichtung nebeneinander oder übereinander positioniert, können sich diese rotierenden Kegel überschneiden. Da sie die gleiche Drehrichtung besitzen, löschen sich die gegeneinander gerichteten Strömungen im Bereich ihrer Überschneidung aus.

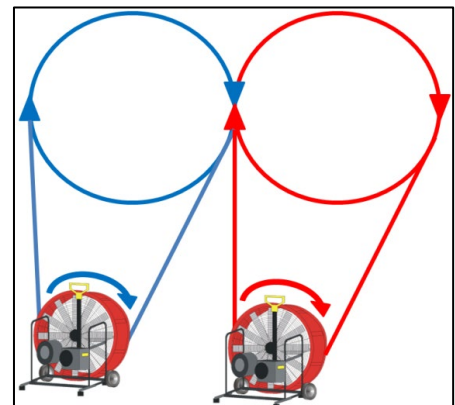


Abb. 9: Gegenseitige Beeinflussung

Um dies zu vermeiden, sollten die Lüfter so positioniert werden, dass der Überschneidungsbereich nur sehr klein ausfällt.

Bei einem Betrieb hintereinander kann die Luftströmung beeinflusst werden. Dabei gibt es zur Positionierung zwei verschiedene Möglichkeiten, die sich auf den Abstand zwischen den Lüftern beziehen.

Um einen Luftstrom über lange Strecken aufrechtzuerhalten oder zu unterstützen, kann entlang des Strömungsweges ein weiterer Lüfter aufgestellt werden. Als Beispiel kann ein Lüfter vor dem Zugang eines Gebäudes platziert werden. Ein weiterer wird auf dem Treppenabsatz, vor einer zu belüftenden Nutzungseinheit aufgestellt, (Abb. 10/Abb. 11) der Luftstrom von unten wird nun wieder verstärkt und direkt in die Nutzungseinheit geleitet. Dies bietet sich bei besonders großen Nutzungseinheiten oder gar ganzen Geschossen an. Dabei ist im Gebäudeinneren möglichst ein Lüfter mit Elektroantrieb zu verwenden.



Abb. 10: Betrieb hintereinander zur Luftstromlenkung



Abb. 11: Lüfter auf Treppenabsatz vor Nutzungseinheit

Wird beispielsweise ein hoher Volumenstrom benötigt, beispielsweise für sehr große Räume oder Hallen, können die Belüftungsgeräte direkt hintereinander aufgestellt werden. Der Abstand zwischen den Belüftungsgeräten beträgt dann maximal einen Meter. Die Lüfterleistung wird -ähnlich wie bei hintereinandergeschalteten Pumpen- aufaddiert. Allerdings sind hierbei die Verluste recht hoch.

Auch in diesem Fall sollte der vordere Lüfter ein elektrisch betriebenes Belüftungsgerät sein. Steht ein solches nicht zur Verfügung, müssen bei einem Verbrennungsmotor u.U. mehrere Abgasschläuche zusammen verwendet werden.

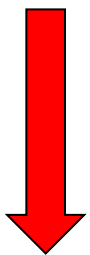
6.3 Partielle Entrauchung

Die partielle oder teilweise Entrauchung ermöglicht zu jeder Zeit eine gezielte Luftstromlenkung im Gebäude und folglich eine definierte Abluft- bzw. Rauchaustrittsöffnung. Das bedeutet, dass nicht jede mögliche Abluftöffnung sofort genutzt wird, sondern die Entrauchung beispielsweise Raum für Raum erfolgt. Dabei wird der Luftstrom nicht zerrissen und erhält seine Energie. In Folge einer Zerteilung des Luftstromes und des damit einhergehenden Energieverlustes kann auch die Entrauchungsleistung fallen. Damit haben äußere Einflüsse größere Auswirkungen auf den Lüftereinsatz.

Auch ist es einfacher einer Ausbreitung durch heißen Brandrauch an wenigen, aber definierten Abluftöffnungen vorzubeugen, als an vielen Öffnungen, die am gesamten Gebäude verteilt sind.

6.4 Einsatzablauf

Grundsätzlich ist bei einem Lüftereinsatz wie folgt vorzugehen:



1. **Abluftöffnung schaffen**
2. Lüfter vorbereiten*
3. Lüfter in Betrieb nehmen
4. Tür öffnen

*Verbrennungsmotor-Lüfter warmlaufen lassen und vorher einen ausreichend langen oder auch mehrere Abgasschläuche montieren.

E-Lüfter mit Potentiometer (siehe nebenstehende Abb.) auf eine Minstdrehzahl bringen, um die Anlaufphase für die Lüftungsmaßnahmen so kurz wie möglich zu halten.



Abb. 12: Potentiometer an E-Lüfter

Um die Strömungsverhältnisse an der Zuluftöffnung zu überprüfen, ist es Kontraproduktiv dabei in der Zuluftöffnung selbst zu stehen. Dies engt die Öffnung nur unnötig ein und behindert die Strömung. Besser ist dafür z.B. ein Besenstiel mit einem Stück Absperrband. So können auch kleinste Strömungen und Verwirbelungen sichtbar gemacht werden.

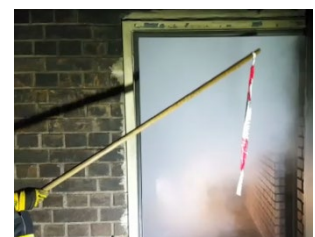


Abb. 13: Strömungskontrolle

6.5 Grundsätze

Während des Einsatzes sind einige Taktik- und Verhaltensgrundsätze zu beachten



- Den ersten Lüfter grundsätzlich im Freien betreiben
- Richtigen Abstand des Lüfters zur Zuluftöffnung wählen
- Abluftöffnung in der Nähe des Brandherdes wählen
- Schaffung zusätzlicher Öffnungen nur auf Befehl des Einsatzleiters
- Immer von einem nicht betroffenen Bereich, in Richtung Brandraum belüften
- Lüftungsvorgang ständig überwachen
- Angrenzende Räume regelmäßig kontrollieren
- Abluftöffnung und Rauchaustritt kontrollieren



- **Keinesfalls** Personen zwischen Brandherd und Abluftöffnung während der Lüftungsmaßnahme
- Gebäude und Räume nicht durch die Abluftöffnung betreten
- Auf Verunreinigungen vor der Zuluftöffnung achten (Geschosswirkung Glassplitter)
- Die Zuluftöffnung darf während des Einsatzes nicht eingengt werden.
- Auf der Abluftöffnung darf kein zu großer Winddruck stehen

Ein Belüftungsgerät darf nicht ohne Weiteres zur Menschenrettung eingesetzt werden, da hieraus noch größere Gefahren für Personen entstehen können.

Sofern nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich Personen zwischen Brandstelle und Abluftöffnung befinden, dürfen Belüftungsgeräte nicht eingesetzt werden.

Der Lüftereinsatz kann die Menschenrettung immer dann unterstützen, wenn ausgeschlossen ist, dass die Personen durch den Luft- und Brandrauchstrom negativ beeinflusst werden. Beispielsweise bei der Entrauchung eines baulichen Rettungsweges, um ihn für vom Rauch eingeschlossene Nutzungseinheiten wieder nutzbar zu machen. So kann ggf. auf Rettung über Rettungsgeräte der Feuerwehr verzichtet werden.

7 Weitere Einsatzmöglichkeiten

Der Einsatzbereich von Belüftungsgeräten beschränkt sich nicht nur auf das alleinige Entrauchen von Gebäuden, andere Varianten werden in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt.

7.1 Belüftung und Entlüftung von Schächten und Gruben

Hersteller bieten häufig als Zubehör Leithauben für Schächte an. Diese haben die Form von kleinen Fußballtoren und sollen den horizontalen Luftstrom vertikal ausrichten, um ihn so in einen Schacht zu lenken. Diese Funktion kann aber leicht mit einer Woldecke erreicht werden (Abb. 14).

Elektrisch betriebene Lüfter können lageunabhängig eingesetzt werden, jedoch ist bei der Belüftung von Schächten fraglich, ob die Abluftöffnung, also der genaue Austrittsort eines Schadstoffes absehbar ist. Es bietet sich also auch an, einen Lüfter ausnahmsweise im Saugbetrieb einzusetzen (Abb. 15). Die Saugleistung eines Lüfters ist aber im Vergleich zur Belüftungsleistung relativ gering. Außerdem dürfen keine heißen Gase angesaugt werden, da diese den Lüfter schnell zerstören können.



Abb. 14: Luftstromlenkung mittels Woldecke



Abb. 15: Saugbetrieb an Entwässerungskanal

7.2 Einsatz mit Hubrettungsfahrzeugen

Um lange Lüftungsstrecken oder die Beeinträchtigung von notwendigen Fluren und Treppenträumen zu vermeiden, kann eine Belüftungsmaßnahme auch über Hubrettungsfahrzeuge erfolgen. Dies bietet sich dann an, wenn die Brandbekämpfung ohnehin über ein Hubrettungsfahrzeug erfolgt, eine Abluftöffnung bereits besteht und die Rückzugsmöglichkeit für den Trupp während der Arbeiten permanent gegeben ist.

Des Weiteren muss die Belastung in der entsprechenden Freistandsgrenze des Hubrettungsfahrzeuges beachtet werden.

8 Sonderformen von Belüftungsgeräten

Mobile Großlüfter gibt es in diversen Formen und Größen. Sie können auf Kettenfahrgestellen, auf Anhängern oder aber auf Abrollbehältern aufgebaut sein. Ihre Einsatztaktik ist mit der der kleinen Lüfter vergleichbar, da aber ihre Volumenleistung sehr hoch ist, werden diese Geräte u.a. auch im Saugbetrieb eingesetzt. Die Zuführung von Rauchgasen oder anderen Schadstoffen zum angesaugten Luftstrom wird dann aber mit kleinen Belüftungsgeräten unterstützt.

Nicht selten bieten mobile Großlüfter weitere Einsatzmöglichkeiten, wie z.B. höhenverstellbare Ventilatoren, Wassernebelausbildung oder Pumpenbetrieb.



Abb. 16: Mobiler Großlüfter auf Kettenfahrgestell

9 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AMCA	Air Movement and Control Association
BF	Berufsfeuerwehr
CO	Kohlenstoffmonoxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
LUF	Lösch Unterstützungsfahrzeug
li	links
re	rechts
ULH	Université Le Havre

10 Literatur- und Quellenhinweis

Erkenntnisse zur Einsatzstellenbelüftung: M. Drebinski, Kohlhammer 2014

Lehrunterlage Grundlagen Druckbelüftung: M. Freitag, HLFS 2018

Lehrunterlage Geräte zur Einsatzstellenbelüftung: M. Freitag, HLFS 2019

DIN 14963: Normenausschuss Feuerwehrwesen (FNFW) 2020

Bildquellen

Abb. 1 HLFS Kassel 2020

Titelbild und Abb. 2 bis 15 M. Freitag, HLFS Kassel 2019

Abb. 16 C. Leiberich, Freiburg, 2018