

**Autor**

Dipl.-Ing. (FH) Markus Best

Bereichsleiter Vertrieb TGA,

Helios Ventilatoren,

78056 Villingen-Schwenningen



Fotos: Helios Ventilatoren

**Bild 1: Impuls-Ventilatoren (hier im Bild die axiale Ausführung) zur Be- und Entlüftung sowie Entrauchung einer Parkgarage**

# Be- und Entlüftung von Parkgaragen mittels Impulsventilatoren

## Anforderungen an eine maschinelle Entrauchung

**Die Lüftungstechnik in Parkgaragen ist aufgrund vieler Besonderheiten eine komplexe Aufgabe. Da es sich bei Tiefgaragen um meist geschlossene Baukörper handelt, ist eine natürliche Be- und Entlüftung oft nicht möglich. Durch den Einsatz von Impulsventilatoren (Jet-Fans) kann das konventionelle Kanalnetz in der Regel komplett substituiert werden.**

Die Anforderungen an Parkgaragen werden in Deutschland von den jeweiligen Garagenverordnungen der Bundesländer (GaVO) vorgegeben. Je nach Bundesland wird neben der reinen Lüftungsfunktion (Einhaltung der maximal zulässigen Kohlenmonoxid-Konzentration) auch die Abfuhr von toxischen Rauchgasen im Brandfall vorgeschrieben. Der Einbau einer maschinellen Entrauchungsanlage kann zudem durch Brandschutzgutachten, Feuerwehr oder durch die zuständige Baubehörde gefordert werden.

In allen Bundesländern ist die maschinelle Entlüftung von Mittel- und Großgaragen (Tabelle 1) baurechtlich zwingend, falls eine natürliche Be- und Entlüftung nicht gewährleistet ist.

Weiterhin werden ausreichend dimensionierte und sinnvoll platzierte Zuluftöffnungen gefordert. Sind diese Zuluftöffnungen aus baulichen Gründen nicht zu realisieren, muss ein maschinelles Zuluftsystem eingebaut werden. Als Bemessungsgrundlage gilt in allen Bundesländern eine maximal vorgegebene Kohlenmonoxidkonzentration von 100 ppm ( $100 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ ).

Je nach Bundesland wird dieser Mittelwert auf die halbe oder volle Stunde bezogen (Tabelle 1). Auf eine kontinuierliche Messung der CO-Konzentration kann bei Einsatz einer maschinellen Entlüftungsanlage verzichtet werden, wenn die Abluftanlagen einen Mindestabluftvolumenstrom von  $6 \text{ m}^3/\text{h m}^2$  (geringer Zu- und Abgangsverkehr) und  $12 \text{ m}^3/\text{h m}^2$  (hoher Zu- und Abgangsverkehr) aufweisen. Die Ausnahme

bildet das Bundesland Hessen mit geforderten Volumenströmen von 8 bzw.  $16 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ .

Geschlossene Großgaragen benötigen grundsätzlich eine Kohlenmonoxidwarnanlage (CO-Warnanlage), die die ständige Messung des Kohlenmonoxidgehalts in der Raumluft übernimmt. Auf Grundlage des Messwerts erfolgt die Regelung bzw. Steuerung des maschinellen Lüftungssystems. Als Warnschwellenwert gilt in allen Bundesländern der CO-Wert von 250 ppm (Ausnahme Hamburg: 100 ppm; Hessen: 85 ppm). Zur Planung einer Parkgarage gibt die VDI 2053 den aktuellen Stand der Technik hinsichtlich technischer Ausstattung und Betrieb wider. Zudem wird in einzelnen Bundesländern (z.B. Berlin, Nordrhein-Westfalen, Hessen) durch spezielle Verordnungen die Wartung und Inspektion von Parkgaragen-Lüftungssystemen bestimmt.

### Anforderungen an Parkgaragen-Lüftungssysteme

Jedes Lüftungssystem muss mindestens zwei gleich große Entlüftungsventilatoren haben, die bei gleichzeitigem Betrieb zusammen den erforderlichen Gesamtvolumenstrom erbringen.

Jeder Ventilator einer maschinellen Zu- oder Abluftanlage ist aus einem eigenen Stromkreis zu speisen, an den andere Anlagen nicht angeschlossen werden dürfen. Jeder End- und Hilfsstromkreis einer maschinellen Zu- oder Abluftanlage ist so auszuführen, dass ein elektrischer Fehler nicht zum Ausfall der gesamten Lüftungsanlage führt.

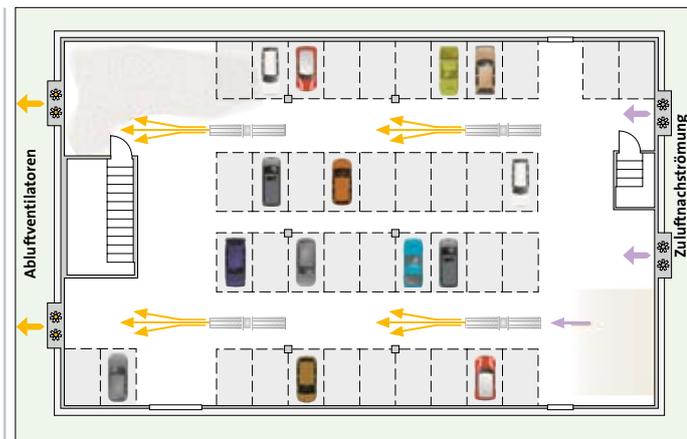


Bild 2: Wirkungsweise von Impulsventilatoren im Entrauchungsbetrieb

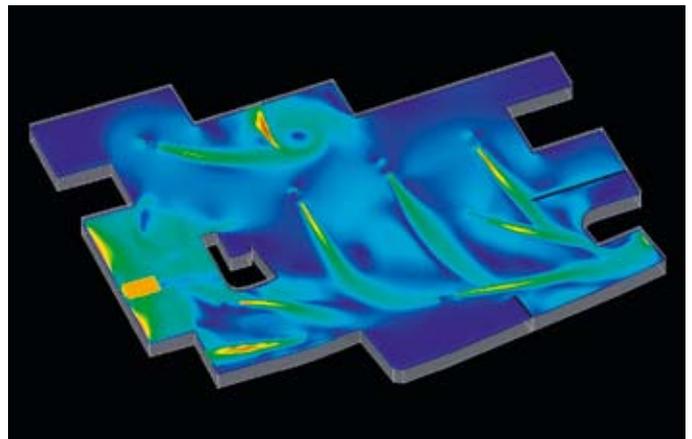


Bild 3: CFD-Analyse (Computational Fluid Dynamics) einer Parkgarage

Soll das Lüftungssystem zeitweise nur mit einem Ventilator betrieben werden, müssen die Ventilatoren so geschaltet sein, dass bei Ausfall eines Ventilators der andere selbsttätig einschaltet.

### Maschineller Rauch- und Wärmeabzug

Einige Bundesländer (Tabelle 1) schreiben u.U. neben der reinen Lüftungsfunktion auch den Rauch- und Wärmeabzug vor. Die Forderungen der Garagenverordnung (GaVO) der Länder im Hinblick auf den maschinellen Rauch- und Wärmeabzug haben folgende Gemeinsamkeiten:

- Selbsttätiges Einschalten bei Rauchentwicklung,
- Maximale Beanspruchungstemperatur von 300 °C (F300); 1 h Beanspruchungszeit,
- 10facher Luftwechsel pro Stunde (max. 70 000 m<sup>3</sup>/h in Baden- Württemberg).

Für den elektrischen Anschluss und den Betrieb von Entrauchungsventilatoren gelten besondere Anforderungen. Baurechtliche Vorgabe (GaVO) ist, dass die elektrischen Leitungsanlagen mindestens 1 fh h funktionstüchtig bleiben müssen. Daher ist die Ventilatorenergiezufuhr über Funktionserhaltkabel (wärmebeständige Kabel) sicherzustellen. Der Einsatz von Revisionsschaltern an Entrauchungsventilatoren ist nur dann statthaft, wenn diese gegen unbefugtes Bedienen gesichert sind, was durch Schlüsselschalter oder Anbringung eines Vorhängeschlosses geschehen kann. Weiterhin müssen die elektrischen Anschlusskästen der Entrauchungsventilatoren temperaturbeständig sein. Die Regeleinrichtungen von Entrauchungsventilatoren dürfen nicht innerhalb der Garage platziert werden, sondern sind außerhalb der feuergefährdeten Räume aufzustellen. Eine Montage an den Brandabschnittstrennwänden (innen und außen) ist ebenfalls nicht statthaft.

### Regelungstechnik und CO-Warnanlagen

In geschlossenen Großgaragen ist der CO-Gehalt zu überprüfen und der Einbau einer CO-Warnanlage ist bindend. Bei Einbau einer CO-Warnanlage ist darauf zu achten, dass diese an eine Netzersatzquelle angeschlossen und eine zuverlässige Versorgung von einer Stunde sichergestellt wird. Eine Steuerung der Garagenventilatoren in Abhängigkeit des tatsächlichen CO-Wertes wird als bedarfsabhängige Steuerung beschrieben. Gerade in Verbindung mit Impulsventilatoren macht es Sinn, die Lüftungstechnik einer Parkgarage bedarfsabhängig

zu betreiben, um die elektrischen Betriebskosten zu minimieren. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung von zweistufigen Ventilatoren.

Mögliche bedarfsorientierte Ventilatorschaltungen sind:

- 1.) Anlage aus,
- 2.) Anlage 50 %,
- 3.) Anlage 100 %.

### Einsatz und Verwendung von Impulsventilatoren

Impulsventilatoren werden in Parkgaragen zur täglichen Be- und Entlüftung eingesetzt. Sie dienen als Luftbewegungshilfsmittel und ersetzen somit das ansonsten notwendige Kanalnetz zum Lufttransport. Dies reduziert den Raumbedarf und die Investitionskosten erheblich. Zudem müssen die Hauptentlüftungsventilatoren aufgrund des fehlenden Kanalnetzes gegen wesentlich weniger Widerstand arbeiten. Dadurch optimiert sich der Betriebspunkt und die Betriebskosten werden nachhaltig auf ein Minimum reduziert. Die Systemlösung mit Impulsventilatoren in einer Parkgarage besteht aus:

- Zentrale Absaugeinrichtungen für die Abführung der Abluft im Normalbetrieb bzw. der Rauchgase im Brandfall,
- Impulsventilatoren zum Aufbau einer kontrolliert gesteuerten Luftströmung in Richtung der Ablufteinheit sowie zur Nachführung der Zuluft,
- Ggf. Zuluftventilatoren, falls die Zuluftversorgung über Zufahrtsrampen und sonstige Zuluftöffnungen nicht ausreichend ist.

### Wirkungsweise von Impulsventilatoren

Impulsventilatoren üben aufgrund des erzeugten Luftstrahls eine Impulswirkung auf die Luft aus. Somit kommt es zu einer kontinuierlichen Luftbewegung in der jeweiligen Strahlrichtung hin zur zentralen Ablufteinheit oder zur nächsten Impulsventilatoreinheit. Durch die entstehende Wirbelschlepe wird Raumluft in den Strahl induziert. Aufgrund dieser Induktionswirkung und der damit verbundenen Beimischung von Raumluft erhöht sich der Austrittsvolumenstrom des Ventilators um das ca. zehnfache zu einem wirkungsvollen Gesamtvolumenstrom. Dadurch ist eine zuverlässige und höchst wirkungsvolle Durchspülung der Parkgarage gewährleistet. Totzonen – wie bei kanalgeführten Abluftanlagen üblich – werden durch den Einsatz von Impulsventilatoren vermieden. Abluftventilatoren befördern die belastete Raumluft aus der Parkgarage. Die Zuluftnachströmung erfolgt passiv über die Ein-/Ausfahrts- bzw. Zuluftöffnungen



**Impulsventilatoren des Typs IVR von Helios in radialer Bauart: Schubstark und extrem kompakt, in hochwertiger Aluminium-Leichtbauweise**

oder maschinell über Zuluftventilatoren. Die Festlegung der Anzahl, die Auswahl der Baugröße und die genaue Positionierung der Impulsventilatoren erfolgt projektspezifisch unter Berücksichtigung von baulichen Gegebenheiten wie Geometrie, Unterzüge, etc. Impulsventilatoren sind in axialer und radialer Bauart erhältlich, so dass je nach baulichen Gegebenheiten oder Lüftungstechnischen Anforderungen unterschiedliche Systemlösungen realisiert werden können.

#### Impulsventilatoren im Entrauchungsfall

Impulsventilatoren können zudem als Entrauchungsventilatoren zum Abtransport gefährlicher Rauchgase verwendet werden. Bei Einsatz als Entrauchungsventilator ist die Temperaturklasse F300 in allen 16 Bundesländern vorgeschrieben. Während bei der Entrauchung von Fabrikhallen, Versammlungsstätten, Verkaufsstätten und anderen Nichtwohngebäuden das Schutzziel einer raucharmen Schicht oberstes Planungsziel darstellt, kann dieses in Parkgaragen aufgrund der meist niedrigen Deckenhöhe (ca. 2,50 m) nicht angestrebt werden. Um im Falle eines Brandes und der damit notwendigen Entrauchung den betroffenen Menschen die Möglichkeit zur Selbstrettung zu geben, ist das oberste Planungsziel bei einem Parkgaragensystem, rauchfreie bzw. raucharme Bereiche zu schaffen. Üblicherweise werden Garagen bei geforderter Brandmeldeanlage flächendeckend durch eine Brand-

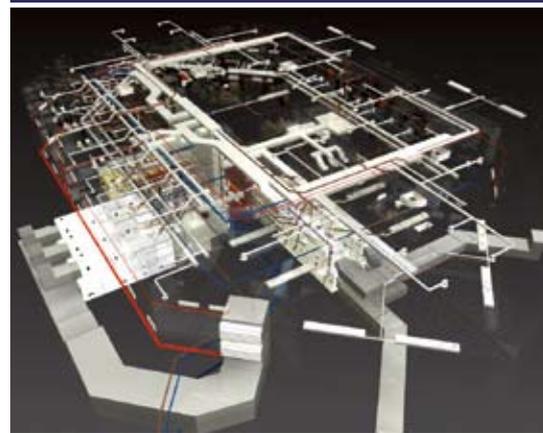
detektion überwacht. Durch eine geeignete Steuerungsmatrix werden die Impulsventilatoren und Hauptentrauchungsventilatoren in ihrer Betriebsweise geführt. Im Entrauchungsfall besteht die primäre Aufgabe des Impulsventilatorensystems darin, die Rauchausbreitung wirkungsvoll zu verhindern und die Rauchgase zielgerichtet zu den Absaugpunkten der zentralen Entrauchungsventilatoren zu richten. Je nach Steuerungsszenario lassen sich definierte Bereiche in einer Garage auch über längere Zeit raucharm halten. Durch den Einsatz von reversierbaren (schubumkehrbaren) Impulsventilatoren können – je nach Brandort in der Garage – die unterschiedlichsten Szenarien realisiert werden. Im Unterschied zu einem kanalgeführten Parkgaragen-Lüftungssystem kann durch den Einsatz von Impulsventilatoren der Luftstrom so gesteuert werden, dass eine kontinuierliche Be- und Entlüftung sichergestellt und eine wirkungsvolle, lebensrettende Entrauchung möglich ist.

#### Planung und Auslegung CFD (Computational Fluid Dynamics)

Parkgaragensysteme mit Impulsventilatoren erfordern grundsätzlich eine genaue Planung. Das Verhalten von Luftströmen ist nur schwierig abzuschätzen und manuell aufgrund der Besonderheiten einer Tiefgarage kaum nachzuvollziehen. Daher erfolgt die detaillierte Planung eines Impulsventilatorensystems in der Praxis mit Hilfe einer CFD (Computational Fluid Dynamics).

**Tabelle 1: Übersicht der Garagenverordnungen der Bundesländer**

Bundesland	Stand	Abluftvolumenstrom	Rauch/Wärmeabzug	Temperatur-Klasse	CO-Grenzwert
		Geringer/sonstiger Zu- und Abgangsverkehr in [m³/h m²]	Mindestluftwechsel in [1/h]		In [ppm]
Baden-Württemberg	07.07.1997	6/12	10 (max. 70 000 m³/h)	F 300	100/halbe Stunde
Bayern	30.11.1993	6/12	10	F 300	100/halbe Stunde
Berlin	02.09.1998	6/12	10	F 300	100/halbe Stunde
Brandenburg	12.10.1994	6/12	10	F 300	100/halbe Stunde
Bremen	10.07.2007	6/12	-		100/halbe Stunde
Hamburg	17.04.1990	6/12	10 (Großgarage)	F 300 (Großgarage)	100/halbe Stunde
Hessen	16.11.1995	8/16	10	F 300	50/Stunde
Mecklenburg-Vorpommern	10.11.1993	6/12	-		100/halbe Stunde
Niedersachsen	04.09.1989	6/12	-		100/halbe Stunde
Nordrhein-Westfalen	17.11.2009	6/12	-		100/halbe Stunde
Rheinland-Pfalz	16.07.1997	6/12	-		100/halbe Stunde
Saarland	25.08.2008	6/12	-		100/halbe Stunde
Sachsen	17.10.1995	6/12	10	F 300	100/halbe Stunde
Sachsen-Anhalt	14.09.2009	6/12	10	F 300	100/halbe Stunde
Schleswig-Holstein	30.11.1995	6/12	-		100/halbe Stunde
Thüringen	28.03.1995	6/12	10	F 300	100/halbe Stunde



Diese präzise, computergestützte Berechnung ist gerade bei schwierigen Grundrissen unerlässlich. Am Anfang einer CFD-Analyse steht die Konstruktion des 3D-Computermodells der Parkgarage, das die geometrischen Daten sowie Besonderheiten wie Treppenhäuser, Unterzüge, größere Kanäle und Abhängungen, Säulen und andere Einbauten so genau wie möglich berücksichtigt. Die CFD-Simulation stellt die Luftströmung innerhalb der Parkgarage sowohl im Lüftungs- als auch im Entrauchungsbetrieb dar und ist vor allem bei komplexen Tiefgaragen mit ungewöhnlichen, strömungstechnisch ungünstigen Grundrissen unerlässlich.

Bei der CFD-Analyse können unterschiedlichste Parameter wie variierende Luftgeschwindigkeiten in der Garage, Luftqualitäten sowie die Gesamtverteilung des Luftstroms (Bild 3) ausgewertet werden. Mit Hilfe der Analyse wird das komplette Parkgaragen-Entlüftungssystem bis ins Detail geplant, so dass die exakte Anzahl und Positionierung der Helios Impulsventilatoren definiert werden kann.

## Regelungstechnik

Grundsätzlich lässt sich die Regelungstechnik einer Parkgaragenlüftung in zwei Bereiche einteilen:

### 1.) Betriebszustand Be- und Entlüftung

Der tägliche Lüftungsbetrieb durch eine CO-Detektion geregelt, die die Impuls- und zentralen Abluftventilatoren entsprechend der vorgeschriebenen CO-Konzentrationschwelle und der gemessenen Ist-Werte angesteuert. Durch diese bedarfsorientierte Lüftung wird erreicht, dass bei geringer Kohlenmonoxidbelastung einzelne Impulsventilatoren mit geringer Drehzahl laufen oder gar durch das Regelsystem abgeschaltet werden. Ebenso verhält es sich mit den Hauptentlüftungventilatoren. Im Vergleich zu einer konventionellen Regelungstechnik mit kontinuierlichem Ventilatorbetrieb, werden die Betriebskosten des Parkgaragen-Lüftungssystems bei einer CO-geführten Regelung erheblich gesenkt. Einfache Regelvarianten wie zeit- und verkehrsabhängige Betriebsweisen sind ebenfalls realisierbar. Der Einsatz einer CO-Anlage führt jedoch i.d.R. zu deutlich reduzierten Betriebskosten, da lediglich die Impulsventilatoren in Betrieb genommen werden, die sich innerhalb eines alarmierten Bereichs der Garage befinden. Liegt der CO-Wert unter dem geforderten Sollwert, so befinden sich die Impuls- und Abluftventilatoren auf niedriger Betriebsstufe bzw. im Ruhezustand. Das Gesamtsystem ist in seiner Wirkungsweise sehr effektiv, denn durch das fehlende Kanalnetz und die dadurch reduzierten Systemdruckverluste stellt sich rasch nach Wiederanfahren eine optimale Luftqualität ein.

### 2.) Betriebszustand Entrauchung

Bei einem Parkgaragen-Lüftungssystem, das gleichzeitig auch der maschinellen Entrauchung dient, erfolgt die Ansteuerung der Ventilatoren im Brandfall durch die Brandmeldeanlage. Unmittelbar nach Branderkennung werden alle Impuls- und Hauptentrauchungsventilatoren (Schachtventilatoren) auf maximaler Leistung betrieben, so dass eine stetige Rauchgasabführung sichergestellt ist. Bei Verwendung mehrerer Brandmelder erkennt das System den genauen Ort der Brandentstehung. Durch die Lokalisierung des Brandorts mit Hilfe eines automatischen Brandmelders, erfolgt eine zielgerichtete Aktivierung der Impulsventilatoren. In Abhängigkeit des Brandorts werden ein oder mehrere Ventilatoren eingeschaltet, zudem wird – bei reversiblen Typen – ihre Strahlrichtung bestimmt. Dieses Regelszenario bezeichnet man als bedarfsspezifische Steuerung. Durch die selektive Entrauchung des Brandorts und die gezielte Rauchabfuhr durch das Parkgaragen-Lüftungssystem, werden in der Tiefgarage raucharme Bereiche (primäres Schutzziel) erreicht. Dadurch ist eine sichere Flucht, eine rasche Evakuierung und effektive Brandbekämpfung möglich.

- Intelligente 2D- und 3D-Planung
- Gewerkeübergreifende SHKL- und E-Technik-Planung
- DXF, DWG, IFC und andere Datenformate
- Umfassende TGA-Berechnungsfunktionen
- Integrierte Kontroll- und Prüffunktionen
- Kundenbetreuung direkt durch den Hersteller
- Hohe Investitionssicherheit



## Maßgeschneiderte Lösungen für:

- Ingenieur- und Planungsbüros
- Handwerksbetriebe
- Instandhaltung
- Energieberater und Solarteure

Besuchen Sie uns auf der

ISH, Frankfurt: Halle 5.1, Stand D78



DATA DESIGN SYSTEM®