

Strahlventilator zur Belüftung von Tunneln, Strahlventilatorsystem und Verfahren

Die Erfindung betrifft einen Strahlventilator zur Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln, ein Strahlventilatorsystem und ein
5 Verfahren zur Herstellung eines Strahlventilators zur Belüftung von Tunneln.

Strahlventilatoren zur Belüftung von Tunneln sind grundsätzlich bekannt. Derartige Strahlventilatoren be- und entlüften Tunnel, insbesondere Straßentunnel, sodass hohe Konzentrationen von Abgasen in den
10 Tunneln vermieden werden können. Strahlventilatoren erzeugen durch einen in einem Ventilatorschacht angeordneten Ventilator einen Luftstrom, der an einem Ende des Tunnels in den Tunnel eintritt und an einem anderen Ende des Tunnels wieder austritt. Die Eintritte und Austritte dieses Luftstromes können auch an von den Enden des Tunnels
15 verschiedenen Orten stattfinden, beispielsweise durch Luftzuströmungen in der Mitte des Tunnels. Um Geräuschemissionen des Strahlventilators zu reduzieren, weisen diese üblicherweise Schalldämpfer auf.

Der Luftstrom innerhalb eines Tunnels weist ein Geschwindigkeitsprofil auf, wobei die Strömungsgeschwindigkeit in Boden-, Decken- und
20 Seitenabschnitten gering ist und hin zu einem mittigen Abschnitt des Tunnels zunimmt. Die höchste Strömungsgeschwindigkeit lässt sich in der Regel in der Tunnelmitte erreichen. Strömungstechnisch wäre es vorteilhaft, den Strahlventilator in der Tunnelmitte anzuordnen. Eine solche Anordnung würde jedoch die Durchfahrtshöhe im Tunnel
25 reduzieren und ist deshalb in der Praxis in der Regel nicht praktikabel, da entweder die Höhe nicht ausreichend wäre oder die Höhe des Tunnels überproportional erhöht werden müsste.

- Infolgedessen werden Strahlventilatoren üblicherweise in Wand- und/oder Deckennähe des Tunnels angeordnet. Die Ventilatorleistung wird jedoch immer weniger in eine effektive Luftströmung durch den gesamten Tunnel umgesetzt, je näher der Strahlventilator an der Tunnelwand bzw. der
- 5 Tunneldecke angeordnet ist. Dies bedeutet insbesondere, dass, je näher ein Strahlventilator an der Tunnelwand bzw. der Tunneldecke angeordnet ist, desto schlechter ist sein Wirkungsgrad.

- In der DE19920513A1 ist ein Strahlventilator gelehrt, der eine Düsenanordnung am Ventilatoreinlass und am Ventilatorauslass aufweist.
- 10 Der Strahlventilator saugt die Luft aus der Tunnelmitte leichter an und stößt die durch den Ventilator beschleunigte Luftströmung in Richtung der Tunnelmitte wieder aus. Dieser Strahlventilator verbessert die Belüftung von Tunneln, jedoch wird die Durchfahrtshöhe durch den Strahlventilator negativ beeinflusst.
- 15 Da Strahlventilatoren zur Belüftung von Tunneln die Durchfahrtshöhe reduzieren und somit gegebenenfalls eine Tunnelhöhe größer vorgesehen werden muss, ist es eine Anforderung an Strahlventilatoren, dass diese die lichte Höhe möglichst wenig negativ beeinflussen. Darüber hinaus ist es eine Anforderung an Strahlventilatoren, dass bei der Bereitstellung
- 20 eines definierten Luftstroms durch den Tunnel möglichst wenige Strahlventilatoren eingesetzt werden, da die Strahlventilatoren als solche und darüber hinaus deren Installation und Wartung sowie die zu verlegenden Kabel hohe Kosten verursachen.

- Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Strahlventilator zur
- 25 Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln, ein Strahlventilatorsystem zur Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln, und ein Verfahren zur Herstellung eines Strahlventilators zur Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln,

- bereitzustellen, die einen oder mehrere der genannten Nachteile vermindern oder beseitigen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, die die Anzahl von erforderlichen Strahlventilatoren innerhalb eines Tunnels und/oder die Kosten für
- 5 Strahlventilatoren zur Belüftung eines Tunnels reduziert.

- Gemäß einem ersten Aspekt wird diese Aufgabe gelöst durch einen Strahlventilator zur Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln, umfassend eine Ventilatereinheit zur Erzeugung eines Luftstroms, einen an der Ventilatereinheit angeordneten Schalldämpfer mit
- 10 einem proximalen Abschnitt und einem an dem proximalen Abschnitt angrenzenden distalen Abschnitt, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen dem distalen Abschnitt und dem proximalen Abschnitt ein Winkel einstellt.

- Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Schalldämpfer eines
- 15 Strahlventilators einen wesentlichen Einfluss auf die lichte Höhe zwischen Strahlventilator und Fahrbahn haben. Da der Wirkungsgrad eines Strahlventilators abnimmt, je näher dieser an der Tunneldecke oder der Tunnelwand angeordnet ist, werden bekannte Strahlventilatoren entweder mit einem größeren Abstand zur Tunneldecke oder zur Tunnelwand
- 20 angeordnet oder der Schalldämpfer wird geneigt zur Ventilatereinheit angeordnet, sodass der Luftstrom in die Tunnelmitte gerichtet ist.

- Durch die geneigte Anordnung der Schalldämpfer wird jedoch die lichte Höhe zwischen Strahlventilator und Fahrbahn reduziert. Alternativ kann auch ein Strahlventilator mit im Wesentlichen nicht geneigten
- 25 Schalldämpfern eingesetzt werden, dann muss jedoch die Ventilatereinheit einen großen Durchmesser aufweisen, sodass die lichte Höhe ebenfalls reduziert wird. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die

Anzahl an Strahlventilatoren zu erhöhen, dies ist jedoch regelmäßig aus wirtschaftlicher Perspektive keine geeignete Lösung.

- Auf geschickte Art und Weise ermöglicht der im Vorherigen beschriebene Strahlventilator die Anordnung des Strahlventilators unmittelbar unter
- 5 einer Tunneldecke und ermöglicht darüber hinaus eine große lichte Höhe zwischen dem Strahlventilator und einer Fahrbahn, indem sich zwischen dem distalen Abschnitt und dem proximalen Abschnitt ein Winkel einstellt, sodass insbesondere der distale Abschnitt gegenüber der Ventilatoreinheit und/oder dem proximalen Abschnitt geneigt ist. Der proximale Abschnitt
- 10 kann koaxial zur Ventilatoreinheit angeordnet sein. Somit kombiniert der im Vorherigen beschriebene Strahlventilator die Vorteile eines Strahlventilators ohne geneigte Schalldämpfer hinsichtlich der lichten Höhe und die Vorteile eines Strahlventilators mit geneigten Schalldämpfern hinsichtlich des effektiven Luftstromes.
- 15 Die Erfindung ermöglicht somit, einen Strahlventilator mit einem größeren Durchmesser vorzusehen, ohne die lichte Höhe zu reduzieren. Ein von einem Strahlventilator erzeugter Schub ermittelt sich unter anderem aus der vierten Potenz des Durchmessers. Beispielsweise führt eine Durchmesserergrößerung von 12 % zu einer Erhöhung des Schubs von
- 20 50 %. Infolgedessen kann beispielsweise durch die Vergrößerung der Strahlventilatoren um eine Standardgröße die Anzahl an Strahlventilatoren für einen Tunnel um 30 % bis 35 % reduziert wird, sodass die Kosten für die Entlüftung deutlich sinken. Der Erfinder hat ferner herausgefunden, dass auch eine Vergrößerung um zwei Standardgrößen möglich ist,
- 25 sodass die Anzahl an Strahlventilatoren für einen Tunnel um 60 % reduziert wird. Die Standardgrößen ergeben sich in Deutschland beispielsweise aus einer Norm.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass es für Tunnel behördliche Auflagen zur Höhe des Schallpegels gibt. Für einen gegebenen Schub ist die Länge des Schalldämpfers in der Regel in einem engen Auslegungsfenster festgelegt. Die im Stand der Technik bekannten, zur

5 Fahrbahn geneigten Schalldämpfer waren hinsichtlich ihrer Länge beschränkt, um eine ausreichende lichte Höhe zu gewährleisten. Die Erfindung ermöglicht nun, den Schalldämpfer in einer beliebigen Länge vorzusehen, da eine Verlängerung des proximalen Abschnitts nicht zu einer Verringerung der lichten Höhe führt.

- 10 Der Strahlventilator umfasst die Ventilatereinheit zur Erzeugung eines Luftstroms. Die Ventilatereinheit weist üblicherweise einen Ventilatorschacht auf, in dem eine Luftschraube rotatorisch gelagert ist. Die Luftschraube ist üblicherweise mit einem elektrischen Antrieb gekoppelt, der die Luftschraube rotatorisch antreibt. Die Ventilatereinheit
- 15 weist üblicherweise in Strömungsrichtung einen Einlass und einen Auslass auf. Da es vorteilhaft sein kann, dass die Strömungsrichtung umgekehrt wird, kann der Einlass auch als Auslass wirken und der Auslass als Einlass. An dem Einlass und/oder an dem Auslass ist jeweils vorzugsweise ein Schalldämpfer angeordnet. Zumindest ist an dem
- 20 Einlass oder an dem Auslass ein Schalldämpfer angeordnet.

Der Schalldämpfer weist zumindest einen proximalen Abschnitt und einen distalen Abschnitt auf. Der proximale Abschnitt ist vorzugsweise der Ventilatereinheit zugewandt, wobei der distale Abschnitt der Ventilatereinheit abgewandt ist. Zwischen dem distalen Abschnitt und dem

25 proximalen Abschnitt stellt sich der Winkel ein, sodass insbesondere der distale Abschnitt geneigt zu dem proximalen Abschnitt ausgerichtet ist.

Der Winkel kann beispielsweise ein Außenwinkel und/oder ein Innenwinkel sein. Es ist insbesondere bevorzugt, dass eine

Durchtrittsachse des proximalen Abschnitts und eine Durchtrittsachse des distalen Abschnitts einen Durchtrittswinkel einschließen und/oder nicht parallel ausgerichtet sind. Der proximale Abschnitt des Schalldämpfers kann beispielsweise als ein zylinderförmiges Mantelelement ausgebildet
5 sein. Darüber hinaus kann auch der distale Abschnitt als ein zylinderförmiges Mantelelement ausgebildet sein. Der Schalldämpfer kann einteilig oder zweiteilig ausgebildet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des Strahlventilators ist vorgesehen, dass der distale Abschnitt ausgebildet ist, einen von der
10 Ventilatoreinheit erzeugten Luftstrom von einem radial außenliegenden Abschnitt des Tunnels in einen im Wesentlichen mittigen Abschnitt des Tunnels zu leiten. Darüber hinaus kann der distale Abschnitt ausgebildet sein, dass aus einem im Wesentlichen mittigen Abschnitt des Tunnels ein von der Ventilatoreinheit erzeugter Luftstrom in die Ventilatoreinheit
15 geleitet wird. Da die Strömungsrichtung durch die Ventilatoreinheit umkehrbar ist, kann somit der distale Abschnitt einerseits zum Ausblasen oder zum Ansaugen der Luft verwendet werden. Durch eine derartige Ausbildung des distalen Abschnitts wird ein vorteilhafter Luftstrom im Inneren eines Tunnels erreicht.

20 Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Strahlventilators zeichnet sich dadurch aus, dass der proximale Abschnitt eine proximale Durchströmrichtung und der distale Abschnitt eine distale Durchströmrichtung definieren, wobei die proximale Durchströmrichtung mit der distalen Durchströmrichtung einen Strömungswinkel einschließt.
25 Die proximale Durchströmrichtung kann im Betrieb beispielsweise im Wesentlichen parallel zu einer Tunnellängsachse ausgerichtet sein. Die distale Durchströmrichtung ist vorzugsweise im Betrieb des Strahlventilators von einer Tunneldecke bzw. einer Tunnelwand in Richtung eines mittigen Abschnitts des Tunnels gerichtet. Infolgedessen

stellt sich der Strömungswinkel zwischen der proximalen Durchströmrichtung und der distalen Durchströmrichtung ein.

Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Ventilatoreinheit eine Ventilatordurchströmrichtung definiert, wobei die

- 5 Ventilatordurchströmrichtung und/oder die proximale Durchströmrichtung mit der distalen Durchströmrichtung den Strömungswinkel einschließt bzw. einschließen. Der Strömungswinkel korrespondiert insbesondere zum Winkel.

- Unter den vorherigen genannten Durchströmrichtungen, also der
10 proximalen Durchströmrichtung, der distalen Durchströmrichtung und der Ventilatordurchströmrichtung, ist insbesondere eine Hauptdurchströmrichtung zu verstehen. Die Hauptdurchströmrichtung ist dadurch definiert, dass diese die grundsätzliche Strömungsrichtung im Inneren des Strahlventilators darstellt. Selbstverständlich kann es
15 beispielsweise in der Nähe einer inneren Wandung des Strahlventilators oder an innerhalb des Strahlventilators angeordneten Elementen zu Strömungen kommen, die teilweise quer oder auch entgegengesetzt zur Hauptdurchströmrichtung gerichtet sind. Derartige im Inneren des Strahlventilators vorkommenden lokalen Strömungsrichtungen sind jedoch
20 mit den im Vorherigen genannten Durchströmrichtungen in der Regel nicht gemeint.

- In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass eine Ventilatordurchströmrichtung der Ventilatoreinheit und die proximale Durchströmrichtung im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet
25 sind. In vorteilhafter Weise wird somit eine geringe Auskraglänge quer zur Tunnelachse gewährleistet.

Es ist insbesondere bevorzugt, dass der Strömungswinkel zwischen 2° und 15°, insbesondere zwischen 4° und 10°, vorzugsweise zwischen 6°

und 8° beträgt. Die Erfinder haben herausgefunden, dass gerade bei derartigen Strömungswinkeln eine gute Strömung im Inneren eines Tunnels unter Berücksichtigung einer geringen Anzahl an Strahlventilatoren erreicht werden kann.

- 5 Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass der proximale Abschnitt eine proximale Durchtrittsachse und der distale Abschnitt eine distale Durchtrittsachse definieren, wobei die proximale Durchtrittsachse mit der distalen Durchtrittsachse einen Durchtrittswinkel einschließt. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Ventilatoreinheit eine
- 10 Ventilatordurchtrittsachse definiert und die Ventilatordurchtrittsachse und die proximale Durchtrittsachse im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind, wobei diese in einer bevorzugten Fortbildung auch koaxial ausgerichtet sein können. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die proximale Durchtrittsachse und die distale Durchtrittsachse einen
- 15 Winkel zwischen 2° und 15°, insbesondere zwischen 4° und 10°, vorzugsweise zwischen 6° und 8°, einschließen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Strahlventilators ist vorgesehen, dass der proximale Abschnitt zwischen dem distalen Abschnitt und der Ventilatoreinheit angeordnet ist.

20

- Insbesondere ist es bevorzugt, dass der proximale Abschnitt in Ventilatordurchströmrichtung und/oder in proximaler Durchströmrichtung und/oder in distaler Durchströmrichtung zwischen dem distalen Abschnitt
- 25 und der Ventilatoreinheit angeordnet ist. Durch eine derartige Anordnung wird der Luftstrom durch den Strahlventilator in vorteilhafter Weise beeinflusst.

Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Strahlventilators zeichnet sich dadurch aus, dass der Schalldämpfer zweiteilig mit einer ersten Schalldämpfereinheit und einer zweiten Schalldämpfereinheit ausgebildet ist, wobei die erste Schalldämpfereinheit den proximalen Abschnitt und die

5 zweite Schalldämpfereinheit den distalen Abschnitt aufweist. Durch einen derartig ausgebildeten Strahlventilator kann eine einfache und kostengünstige Konstruktion dieses den Luftstrom positiv beeinflussenden Strahlventilators gewährleistet werden.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante des Strahlventilators

10 zeichnet sich dadurch aus, dass sich der proximale Abschnitt in proximaler Durchströmrichtung mit einer proximalen Erstreckung und der distale Abschnitt in distaler Durchströmrichtung mit einer distalen Erstreckung erstreckt, wobei die distale Erstreckung kleiner als die proximale Erstreckung ist. In dieser bevorzugten Ausführungsvariante ist das

15 Verhältnis aus distaler Erstreckung und proximaler Erstreckung kleiner 1.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Strahlventilators ist vorgesehen, dass das Verhältnis aus distaler Erstreckung und proximaler Erstreckung zwischen 0,05 und 0,4, insbesondere zwischen 0,1 und 0,3 beträgt. Die Erfinder haben herausgefunden, dass

20 insbesondere bei derartigem Verhältnis eine weitere Verbesserung der Strömungsverhältnisse im Inneren eines Tunnels erreicht werden kann.

Darüber hinaus kann der Strahlventilator dahingehend fortgebildet werden, dass die Ventilatereinheit und/oder der Schalldämpfer einen Strömungsdurchmesser aufweist bzw. aufweisen, und das Verhältnis aus

25 distaler Erstreckung und Strömungsdurchmesser zwischen 0,2 und 0,75, insbesondere zwischen 0,45 und 0,55, beträgt, und/oder das Verhältnis aus proximaler Erstreckung und Strömungsdurchmesser zwischen 1 und 4, insbesondere zwischen 2 und 3, beträgt.

Der Strömungsdurchmesser ist insbesondere eine Abmessung des Querschnitts, dessen Flächenorthogonale parallel zur Durchströmrichtung und/oder zur Durchtrittsachse ausgerichtet ist. Der Strömungsdurchmesser der Ventilatoreinheit ist in der Regel unter

5 Vernachlässigung von innerhalb der Ventilatoreinheit eingebauten Elementen und/oder Systemen zu verstehen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Strahlventilators ist vorgesehen, dass dieser einen zweiten Schalldämpfer umfasst, der vorzugsweise die gleichen Merkmale aufweist, wie der Schalldämpfer,

10 wobei der Schalldämpfer an einem ersten Ende und der zweite Schalldämpfer an einem in Ventilator durchströmrichtung dem ersten Ende gegenüberliegend angeordneten zweiten Ende der Ventilatoreinheit angeordnet ist. Durch den Schalldämpfer und den zweiten Schalldämpfer wird die Geräuschimmission des Strahlventilators weiter reduziert.

15 Insbesondere wird somit ein spiegelsymmetrischer Strahlventilator ermöglicht, sodass eine Umkehrung der Strömungsrichtung in vorteilhafter Weise ermöglicht wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der Strahlventilator eine Befestigungseinheit umfasst, die angeordnet und

20 ausgebildet ist, den Strahlventilator derart an einer Tunneldecke und/oder einer Tunnelwand zu befestigen, dass eine Auskragweite weniger als das 1,3-fache, insbesondere weniger als das 1,1-fache, des Strömungsdurchmessers beträgt. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die distale Durchströmrichtung auf einer Auslassseite des Strahlventilators

25 in einen im Wesentlichen mittigen Abschnitt des Tunnels gerichtet ist.

Darüber hinaus kann es bevorzugt sein, dass der Strahlventilator ein Düsenelement aufweist, das ein Mantelsegment umfasst, dass sich von einem Eintritt zu einem Austritt mit einem ringsegmentförmigen

Querschnitt erstreckt und eine Düsen-Durchströmrichtung definiert, wobei das Mantelsegment einen an den Austritt angrenzenden, umfangsseitigen Öffnungsabschnitt aufweist, und darüber hinaus Anschlussmittel umfasst, die zur Kopplung des Düsenelements mit dem Schalldämpfer und/oder dem zweiten Schalldämpfer ausgebildet sind.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Strahlventilatorsystem zur Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln, umfassend mindestens einen Strahlventilator nach einer der im Vorherigen beschriebenen Ausführungsvarianten, wobei der mindestens eine Strahlventilator ein Versorgungskabel aufweist, das den Strahlventilator mit einer Stromversorgung koppelt.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ca. 1/3 der Gesamtkosten eines Strahlventilatorsystems auf die elektrische Ausstattung, wie z.B. Schaltschränke, Kabel, usw., entfällt. Aufgrund dessen ist die Reduktion der Gesamtanzahl an Strahlventilatoren für ein Strahlventilatorsystem vorteilhaft, da sich die insgesamt zu verlegende Kabellänge reduziert. Da ein weiteres Drittel der Gesamtkosten auf die Installation und Montage entfällt, wird hiermit ein weiterer Kostenpunkt reduziert.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Strahlventilators zur Belüftung von Tunneln, insbesondere von Straßentunneln, umfassend die Schritte: Bereitstellen einer Ventilatereinheit zur Erzeugung eines Luftstroms, Bereitstellen eines Schalldämpfers mit einem proximalen Abschnitt und einem an dem proximalen Abschnitt angrenzenden distalen Abschnitt, wobei der distale Abschnitt und der proximale Abschnitt einen Winkel miteinander einschließen und Befestigen des Schalldämpfers an

der Ventilatoreinheit, wobei der proximale Abschnitt der Ventilatoreinheit zugewandt ist und der distale Abschnitt der Ventilatoreinheit abgewandt ist.

- Das Verfahren und seine möglichen Fortbildungen weisen Merkmale bzw.
- 5 Verfahrensschritte auf, die sie insbesondere dafür geeignet machen, für einen im Vorherigen beschriebenen Strahlventilator und seine Fortbildungen verwendet zu werden. Für weitere Vorteile, Ausführungsvarianten und Ausführungsdetails der weiteren Aspekte und ihrer möglichen Fortbildungen wird auch auf die zuvor erfolgte
- 10 Beschreibung zu den entsprechenden Merkmalen und Fortbildungen des Strahlventilators verwiesen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden exemplarisch anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

- 15 Fig. 1: eine schematische, zweidimensionale Schnittansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Strahlventilators;
- Fig. 2: eine schematische, dreidimensionale Seitenansicht eines im Stand der Technik und eines erfindungsgemäßen Strahlventilators;
- 20 Fig. 3: eine schematische, dreidimensionale Seitenansicht eines im Stand der Technik und eines erfindungsgemäßen Strahlventilators; und
- Fig. 4: eine schematische Ansicht eines Verfahrens.

- In den Figuren sind gleiche oder im Wesentlichen funktionsgleiche bzw.
- 25 -ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Der Strahlventilator 100 erstreckt sich von einem Einlass 102 hin zu einem Auslass 104. In dieser beispielhaften Darstellung strömt die Luft am Einlass 102 in den Strahlventilator 100 ein und strömt am Auslass 104 wieder hinaus. Die Strömungsrichtung des Strahlventilators 100 kann
5 jedoch auch umgekehrt werden, sodass die Luft an dem Auslass 104 in den Strahlventilator 100 eintritt und am Einlass 102 aus dem Strahlventilator 100 austritt. Der Strahlventilator 100 weist eine Ventilatoreinheit 106, einen ersten Schalldämpfer 110 und einen zweiten Schalldämpfer 130 auf. Die Ventilatoreinheit 106 definiert eine
10 Ventilatorordurchströmrichtung 108. Im bestimmungsgemäßen Betrieb des Strahlventilators 100 ist die Ventilatorordurchströmrichtung 108 im Wesentlichen parallel zu einer Tunnellängsachse ausgerichtet.

Der erste Schalldämpfer 110 weist einen proximalen Abschnitt 112 mit einer proximalen Durchströmrichtung 114 und einem distalen Abschnitt
15 116 mit einer distalen Durchströmrichtung 118 auf. Zwischen dem distalen Abschnitt 116 und dem proximalen Abschnitt 112 stellt sich ein Winkel 122 ein. Aufgrund dieses Winkels 122 stellt sich darüber hinaus ein Winkel zwischen der proximalen Durchströmrichtung 114 und der distalen Durchströmrichtung 118 ein, nämlich der Strömungswinkel 120. In der
20 vorliegenden beispielhaften Ausführungsform ist die Summe aus dem Strömungswinkel 120 und dem an der Außenhaut zwischen dem distalen Abschnitt 116 und dem proximalen Abschnitt 112 sich einstellenden Winkel 122 zusammen 180 Bogengrad.

Auf einer in Ventilatorordurchströmrichtung 108, dem ersten Schalldämpfer
25 110 abgewandten Seite des Strahlventilators 100, ist der zweite Schalldämpfer 130 angeordnet. Der zweite Schalldämpfer 130 weist analog zum ersten Schalldämpfer 110 einen proximalen Abschnitt 132 und einen distalen Abschnitt 134 auf, zwischen denen sich ein Winkel 136 einstellt.

Der Strahlventilator 100 kann mit einer Befestigungseinheit 138 an einer Tunnelwand oder einer Tunneldecke befestigt werden. Durch den Aufbau der Schalldämpfer mit distalen Abschnitten 116, 134 und proximalen Abschnitten 112, 132 wird ermöglicht, dass die Ventilatereinheit 106 und
5 die proximalen Abschnitte 112, 132 wand- oder deckennah angeordnet werden können. Trotz dieser decken- bzw. wandnahen Anordnung wird durch die abgeknickten distalen Abschnitte 116, 134 ein großer Schub durch den Strahlventilator 100 auf den Luftstrom generiert. Infolgedessen kann der Strahlventilator 100 mit einem geringeren
10 Strömungsdurchmesser ausgeführt werden oder die Gesamtanzahl an Strahlventilatoren in einem Tunnel kann reduziert werden.

Dieser Vorteil wird durch die Darstellung in den Figuren 2 und 3 deutlich. In der Figur 2 ist auf der linken Seite ein im Stand der Technik bekannter Strahlventilator 200 gezeigt. Dieser Strahlventilator 200 ist an einer
15 Tunneldecke 202 über einer Fahrbahn 204 angeordnet. Durch die Beabstandung von Tunneldecke 202 und Fahrbahn 204 sowie durch die Auskraglänge 208 ergibt sich eine lichte Höhe 206. Die lichte Höhe 206 definiert mit einem Sicherheitsabstand die Durchfahrtshöhe des Tunnels. Der konventionelle Strahlventilator 200 muss eine größere Beabstandung
20 von der Tunneldecke 202 aufweisen, damit sein Wirkungsgrad nicht zu gering ist.

Durch die Beabstandung von der Tunneldecke 202 wird die lichte Höhe 206 deutlich reduziert. Im vorliegenden Beispiel beträgt bei einer Gesamthöhe zwischen der Fahrbahn 204 und der Decke 202 von 4 bis 5
25 Strömungsdurchmessern die lichte Höhe lediglich das 2,5 bis 3,5-fache des Strömungsdurchmessers.

Im Gegensatz hierzu kann mit dem auf der rechten Seite dargestellten Strahlventilator 210 eine größere lichte Höhe 216 von dem Drei- bis

Vierfachen des Strömungsdurchmessers erreicht werden. Darüber hinaus kann der Strahlventilator 210 eine geringere Beabstandung von der Tunneldecke 212 aufweisen. Die Auskraglänge 218 ist durch die geringere Beabstandung von der Tunneldecke 212 im Vergleich zur Anordnung des Strahlventilators 210 kleiner, nämlich in etwa das 0,4-fache des Strömungsdurchmessers.

In Figur 3 ist ebenfalls der Vergleich zwischen zwei Strahlventilatoren gezeigt, nämlich dem konventionellen Strahlventilator 200 und dem Strahlventilator 210 gemäß der Erfindung. Aufgrund der geringeren Beabstandung von der Tunneldecke 212 kann ein größerer Durchmesser für den Strahlventilator 210 gewählt werden, sodass die gleiche Auskraglänge 208, 218 erreicht wird. Durch den größeren Strömungsdurchmesser des Strahlventilators 210 kann jedoch ein größerer Schub erreicht werden, sodass eine geringere Anzahl an Strahlventilatoren 210 in dem Tunnel angeordnet werden müssen. Dies reduziert die Montage und Installationsarbeiten sowie die insgesamt zu verlegende Kabellänge signifikant. Infolgedessen reduzieren sich die Kosten für die Belüftung des Tunnels.

In Figur 4 ist eine schematische Ansicht eines Verfahrens gezeigt. In Schritt 300 wird eine Ventilatoreinheit 106 zur Erzeugung eines Luftstroms bereitgestellt. In Schritt 302 wird ein Schalldämpfer 110, 130 mit einem proximalen Abschnitt 112, 132 und einem an den proximalen Abschnitt 112, 132 angrenzenden distalen Abschnitt 116, 134 bereitgestellt, wobei der distale Abschnitt 116, 134 und der proximale Abschnitt 112, 132 einen Winkel 122, 136 miteinander einschließen. In Schritt 304 wird der Schalldämpfer 110, 130 an der Ventilatoreinheit 106 befestigt, wobei der proximale Abschnitt 112, 132 der Ventilatoreinheit 106 zugewandt ist und der distale Abschnitt 116, 134 der Ventilatoreinheit 106 abgewandt ist. Der

proximale Abschnitt 112, 132 kann beispielsweise Befestigungsmittel zur Befestigung an der Ventilatoreinheit 106 aufweisen.

BEZUGSZEICHENLISTE

	100	Strahlventilator
	102	Einlass
	104	Auslass
5	106	Ventilatoreinheit
	108	Ventilatordurchströmrichtung
	110	erster Schalldämpfer
	112	proximaler Abschnitt
	114	proximale Durchströmrichtung
10	116	distaler Abschnitt
	118	distale Durchströmrichtung
	120	Strömungswinkel
	122	Winkel
	130	zweiter Schalldämpfer
15	132	proximaler Abschnitt
	134	distaler Abschnitt
	136	Winkel
	138	Befestigungseinheit
	200	erster Strahlventilator
20	202	Tunneldecke
	204	Fahrbahn
	206	lichte Höhe
	208	Auskraglänge
	210	zweiter Strahlventilator
25	212	Tunneldecke
	214	Fahrbahn
	216	lichte Höhe
	218	Auskraglänge