

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer

Gebäudetechnischer Brandschutz: In den Erläuterungen zur MIndBauRL wird für gesprinkelte Gebäude der Begriff „Kaltentrauchung“ verwendet. Der Planer, der damit konfrontiert wird, steht vor offenen Fragen, die in keiner Literatur beschrieben werden. Der folgende Beitrag diskutiert einige Lösungsansätze. **Detlev Bujak, Christian Steinlehner**



Abb. 1: Auch kalter Rauch kann giftig sein. (Foto: AL-KO THERM GmbH)

Bei mehrgeschossigen Gebäuden und bei Obergeschossen, deren Dächer z.B. mit Sonnenkollektoren bestückt sind, können keine natürlich wirkenden Rauchabzüge (NRA) eingebaut werden. In diesen Fällen bleibt nur die maschinelle Entrauchung mittels Ventilatoren. Nachfolgend werden grundsätzliche Überlegungen zu dieser Problematik angestellt, die zu einer kreativen und konstruktiven Diskussion genutzt werden sollen.

Auszug aus der M IndBauRL

Zitat: „Für Räume nach Abschnitt 5.6.3 ($>1.600\text{m}^2$) mit selbsttätigen Feuerlöschanlagen genügen natürliche Rauchabzugsanlagen mit mindestens 0,5 % aerodynamisch wirksamer Rauchabzugsfläche, bezogen auf die Fläche des Raumes. Anstelle von Rauchabzugsanlagen können Lüftungsanlagen verwendet werden, wenn diese so gesteuert werden, dass sie im Brandfall nur entlüften“.

Im den Erläuterungen zur M IndBauRL wird die Maßnahme wie folgt konkretisiert: „Für Räume mit selbsttätigen Feuerlöschanlagen werden Einrichtungen zur Rauchableitung nur zur Kaltentrauchung,

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

d.h. für einen kontrollierten oder für einen gelöschten Brand erforderlich. Für natürliche Rauchabzugsanlagen wurde nach ausführlichen Diskussionen eine Fläche von 0,5 % aerodynamischer Grundfläche festgelegt. Dazu können Lüftungsanlagen verwendet werden, an die keine besonderen Anforderungen hinsichtlich einer Temperaturbeständigkeit gestellt werden. Es müssen keine Anlagen nach DIN 18232-5 sein“. Ähnliche Formulierungen finden sich in der Verkaufsstättenverordnung und in der Hochregallagerrichtlinie VDI 3564.

Welche Schutzziele sollen erreicht werden?

Für einen kontrollierten bzw. gelöschten Brand sollen die im Raum verbliebenen Rauchgase abgeleitet werden. Diese Anforderung deckt sich auch mit der Beschreibung der Rauchableitung unter Abschnitt 5.6.1 der M IndBauRL von Räumen mit mehr als 200 m² bis 1600 m² Fläche. Hier werden 2 % geometrisch wirksame Fläche zur Rauchableitung gefordert. Warum im Abschnitt 5.6.3 die 0,5 % aerodynamisch wirksame Rauchabzugsfläche gefordert werden, ist nicht näher erläutert. Die Herkunft der Festlegung der Fläche von 0,5 % ist rechnerisch nicht nachweisbar und in den Erläuterungen so erklärt, dass dies nach ausführlicher Diskussion festgelegt wurde und damit keine Berechnung erforderlich wäre. Eine mathematische Umrechnung der 0,5 %-Regel in Kubikmeter Luftvolumen ist nicht möglich und auch nicht gefordert. Die aerodynamischen Werte der geprüften und zugelassenen Produkte werden nur bei ausreichender Zuluft (vgl. DIN EN 12101-2:2003) tatsächlich wirksam: Da aber bei gesprinkelten Räumen keinerlei Zuluftanforderungen gestellt werden, verwundert es umso mehr, dass die Produkte aerodynamisch wirksame Querschnitte nachweisen sollen. Tatsächlich sind diese Werte ohne ausreichende Zuluft nicht erreichbar. Eine Aussage über die Zeit oder die Bemessung des Volumenstromes fehlt außerdem.

Im erläuterten Zusammenhang bleiben nachfolgende Fragestellungen zunächst unbeantwortet:

Offene Fragen

1. Wie funktioniert eine thermische Entrauchung und was bedeutet „aerodynamischer Rauchabzug“?
2. Was geschieht in der Zeit von der Brandentstehung bis zum Löschen?
3. Wie verhalten sich die Bauteile einer Lüftungsanlage beim Absaugen von Brandgasen?
4. Wie werden Abluftanlagen zur Entrauchung geplant, wenn keine Lüftungsanlage vorhanden ist?

Nachfolgend die Vorschläge für Lösungsansätze der Autoren zu den aufgeworfenen Fragen.

Zu 1. Wie funktioniert die thermische Entrauchung und was bedeutet aerodynamischer Rauchabzug?

Die thermische Entrauchung basiert auf dem physikalischen Gesetz, dass warme Luft leichter ist als kalte Luft und daher unter dem Dach ein Überdruck entsteht. Ist die Rauminnentemperatur höher als die Außentemperatur und ist ausreichend Zuluft vorhanden, wird die warme Raumluft nach Außen abgeführt. Sind die Abluftöffnungen anstatt im Dach in der Fassade angeordnet, funktioniert die Rauchabführung nur, wenn der Druck der Abluft größer ist als der mögliche Winddruck, der auf die Fassade drücken kann. Da der Druck der Abluft bei geringen Temperaturen nur zwischen 8 und 20 Pascal liegt, ist eine Funktion bereits bei Windstärke 2 bis 3 nicht mehr sichergestellt.

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

In diesem Zusammenhang werden nachfolgend zwei verschiedene Bandszenarien betrachtet:

a) Frühzeitig abgelöschter Brand

Durch die Sprinkleranlage und/ oder durch die Feuerwehr wird das Feuer frühzeitig gelöscht. Bei einem gelöschten Brand wird nur noch unwesentlich weiteres Rauchgasvolumen produziert. Ziel ist es, die bestehenden Rauchgase aus dem Raum abzuleiten. Das eingesetzte Löschwasser besitzt in der Regel eine Temperatur von ca. 8 °C. Bei ausreichender Löschwassermenge und der damit verbundenen Kühlung kann die Raumtemperatur ggf. geringer sein als die Außentemperatur. In diesem Fall werden thermische Entrauchungsöffnungen (NRA) nicht funktionieren, da der erforderliche Auftrieb innerhalb des Raumes und die die unterstützende Zuluft fehlen. Sofern die Innentemperatur geringer als die Außentemperatur ist, wird Außenluft durch die Öffnungsflächen in den Raum fallen. Erst wenn die Innentemperatur nach einiger Zeit ansteigt, wird die automatische thermische Rauchableitung funktionieren. Eine maschinelle Rauchabführung mittels Ventilatoren oder Abluftanlagen wird durch den Abluftstrom einen Unterdruck bewirken, so dass die Rauchgase in Abhängigkeit vom Volumenstrom nach außen transportiert würden.

b) Später gelöschter Brand

Wenn der Brand gelöscht wird, aber die Innentemperatur nicht unter die Außentemperatur sinkt, ist ein thermischer Auftrieb vorhanden. In diesem Fall wird die Abluftleistung der 0,5 % aerodynamisch berechnetes NRA-Gerät wirksam. Selbst bei einem geringen Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur von nur 10 Kelvin wird relativ problemlos eine Auftriebsgeschwindigkeit von 1 m/s erreicht. Die tatsächliche Ausflusszahl des eingesetzten Gerätes hängt jedoch von der vorhandenen Zuluft ab. Nach DIN EN 12101-2 geprüfte natürlich wirkende Rauchabzugsgeräte (NRA) haben einen Wirkungsgrad zwischen 0,6 und 0,7. Dieser Wert wird bei einem Zuluftverhältnis vom 1,5-fachen der Abluftfläche erreicht. Bei geringerer Zuluft fallen dieser Wirkungsgrad und somit auch das abgeführte Luftvolumen ab.

c) Beispiel:

Bei einer Hallengröße von ca. 1.600 m² und einer Gebäudehöhe von ca. 6 m ergibt sich ein Hallenvolumen von 9.600 m³; 0,5 % erforderliche Rauchableitungsfläche entsprechen ca. 8 m². Bei einer Auftriebsgeschwindigkeit von nur 1 m/s ergibt sich ein Abluftvolumen von 28.800 m³/h. Dies entspricht einem 3-fachen Luftwechsel pro Stunde. Rein rechnerisch ist die Halle nach ca. 20 Minuten raucharm.

Wird alternativ nun die Lüftungsanlage zur Rauchableitung eingesetzt, bestehen nach M IndBauRL keinerlei Anforderung an den Volumenstrom. Folglich sind beide Varianten nicht miteinander vergleichen, obwohl das gleiche Schutzziel zu Grunde liegt. Eine Umrechnung der Abluftfläche in m³/h ist, da der Wert mehr oder weniger willkürlich festgelegt wurde, nicht möglich.

Zu 2. Was geschieht in der Zeit von der Brandentstehung bis zum Löschen?

Nach einem abgelöschten Brand durch Sprinkleranlage und/ oder Löschmaßnahmen der Feuerwehr werden die Rauchgastemperaturen relativ gering sein. Was passiert jedoch in der Zeit von der Brandentstehung bis zum Aktivieren der Sprinkleranlage oder dem abgeschlossenen Löschangriff der Feuerwehr? Welche Temperaturen können in dieser Zeit entstehen und welche Konsequenzen können

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

diese auf die Funktion der Rauchableitung über eine vorhandene Lüftungsanlage und der Elektroleitungen haben?

Die Auslösung der Sprinkleranlage erfolgt normalerweise bei 68 °C. Aufgrund der Wärmespeicherkapazität der Baustoffe ist davon auszugehen, dass die Umgebungstemperatur deutlich über 68 °C liegt. Bei durchgeführten Auslösetemperaturversuchen wurden Umgebungstemperaturen von bis zu 200 °C gemessen, bevor der Sprinkler ausgelöst hatte und Wasser liefern konnte (s. Abbildung 1 und 2). Ist die Lüftungsanlage in Betrieb oder wird diese aktiviert, werden in Abhängigkeit der Lage der Entlüftungsleitungen heiße Rauchgase von bis zu 200 °C über die oben beschriebenen Komponenten der Lüftungsanlagen geführt. Ein Ausfall der Rauchableitung über die Lüftungsanlage ist demnach relativ hoch.

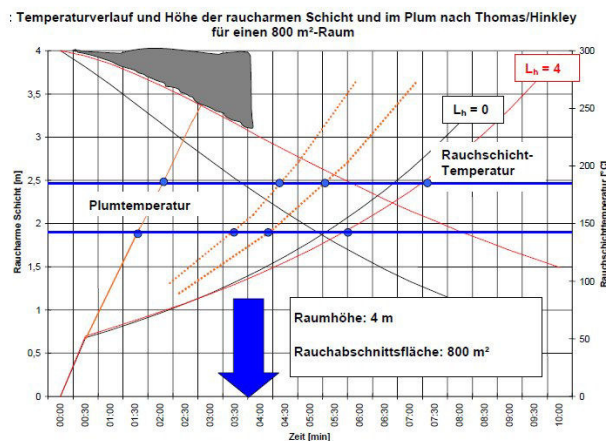


Abb. 2: Rauchgastemperatur bei Auslösen der Sprinkler
Quelle: VDMA – Info Blatt 2/März 2003).

Eine weitere Überlegung betrifft die Leitungen, an die nach MIndBauRL ebenfalls keine Anforderung gestellt wird. Liegt die elektrische Zuleitung für die Entlüftungsanlage z. B. unmittelbar über dem Brandherd, können u. U. wesentlich höhere Temperaturen erreicht werden. Über der Flamme (Brandlast) sind Temperaturen denkbar, die deutlich über 200° liegen und die innerhalb kürzester Zeit die Kabel zerstören. Folglich ist eine Zuleitung in Funktionserhalt E30 oder außerhalb des Brand- bzw. Rauchabschnitts verlegt, sinnvoll, aber nicht baurechtlich gefordert.

Sprinkler- Prüfbedingungen, Tabelle 1: ISO 6182-1, Ausg. 1.7.1993: Windkanalbedingungen

Nenn-Ansprech-Temperatur °C	Glasflächentyp					
	Schnell ansprechend		Spezial ansprechend		Normal ansprechend	
	Luft-Temperatur °C	Geschwindigkeit m/s	Luft-Temperatur °C	Geschwindigkeit m/s	Luft-Temperatur °C	Geschwindigkeit m/s
57-77	129-141	1,65-1,85	129-141	2,4-2,6	191-203	2,4-2,6
79-107	191-203	1,65-1,85	191-203	2,4-2,6	282-300	2,4-2,6
121-149	282-300	1,65-1,85	282-300	2,4-2,6	382-432	2,4-2,6
163-191	382-432	1,65-1,85	382-432	2,4-2,6	382-432	2,4-2,6

Abb. 3: Auslösetemperatur verschiedener Sprinklertypen
Quelle: VDMA – Info Blatt 2/März 2003)

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

Eine weitere Überlegung betrifft die Leitungen, an die nach M IndBauRL ebenfalls keine Anforderung gestellt wird. Liegt die elektrische Zuleitung für die Entlüftungsanlage z. B. unmittelbar über dem Brandherd, können u. U. wesentlich höhere Temperaturen erreicht werden. Über der Flamme (Brandlast) sind Temperaturen denkbar, die deutlich über 200° liegen und die innerhalb kürzester Zeit die Kabel zerstören. Folglich ist eine Zuleitung in Funktionserhalt E30 oder außerhalb des Brand- bzw. Rauchabschnitts verlegt, sinnvoll, aber nicht baurechtlich gefordert.

Zu 3. Wie verhalten sich die Bauteile einer Lüftungsanlage beim Absaugen von Brandgasen?

Nachfolgend werden die in der Praxis üblichen Lüftungsanlagen beleuchtet. Hierbei muss zwischen Bestandsanlagen und neu geplanten Anlagen unterscheiden werden. In Bestandsanlagen besteht die Möglichkeit, dass die Abluftanlage komplett unabhängig von der Zuluftanlage funktioniert. Dann ist maximal ein Abluftfilter als Widerstand vorhanden und der Motor schaltet über den Motorschutzkontakt bei ca. 50° C Temperatur ab. Bei Neuanlagen wird diese Situation kaum anzutreffen sein, da nach Energieeinsparverordnung (EnEV) ab einer Luftleistung von 4.000 m³/h für raumlufthechnische Anlagen eine Wärmerückgewinnung vorgeschrieben ist. Sind Wärmerückgewinnungsanlagen in der Lüftungszentrale vorhanden, handelt es sich nicht mehr um getrennte Volumenströme, sondern, mit Ausnahme des Kreislaufverbundsystems (KVS Systems), kreuzen sich die Luftströme in der WRG-Einheit. Bei solchen Anlagen wird die Abluft nicht nur über den Abluftfilter geführt, sondern zusätzlich über den eingesetzten Wärmetauscher (Plattentauscher, Wärmerad usw.).

a) Abluftanlage



Abb. 4: Handelsüblicher Taschenfilter in der Lüftungsanlage

Bei reinen Abluftanlagen kann die Luftwechselrate zwischen 0,1 und X-fach liegen, da keine Luftmenge definiert ist. Nach MIndBauRL ist dieser Umstand unerheblich. Abhängig von der vorhandenen Luftleistung stellt sich jedoch die Frage, wie sich die Anlage verhält, wenn Rauchpartikel über den vorhandenen Abluftfilter befördert werden. Rauchpartikel haben eine Größe zwischen 0,01 bis 10 µ. Bereits einfache Filterklassen, wie z. B. der gebräuchliche F7, erreichen bereits bei 3 µ Partikelgröße einen Abscheidegrad von mehr als 98 %. Auf Grund des dadurch erhöhten Widerstandes wird die Luftleistung einer konventionellen Abluftanlage mit normaler Pressung innerhalb von kürzester Zeit keine Wirkung mehr aufzeigen (Abb. 4 zeigt einen üblichen Taschenfilter).

b) Zentrale Lüftungsanlage mit WRG

Wenn eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) zur Rauchableitung herangezogen wird, sind die Widerstände innerhalb der Wärmerückgewinnungsanlage hier noch zu addieren, so dass eine Abluftleistung mit einem definierten Volumenstrom nicht mehr möglich ist. Diese Feststellung deckt sich auch mit der Aussage im Kommentar (Lippe, Czepuck, Esser und Vogelsang) zur Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie M-LüAR. Hier wird auf Seite 167 unter dem Punkt

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

F-I. einiges zur Kaltentrauchung ausgeführt. Unter anderem findet sich die nachfolgende Aussage: „eine Entrauchung über eine klassische Lüftungsanlage ist aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich“. Es wird auch darauf hingewiesen, dass die Komponenten von Lüftungsanlagen, wie Ventilatoren, Keilriemen, Kompensatoren und Volumenstromreglern, nicht temperaturbeständig sind und damit ein temperaturbedingtes Ausfallen der genannten Komponenten ab ca. 50 °C erfolgen kann (vgl. hierzu auch Abb. 5).



Abb. 5 a und b: Antriebe von Lüftungsanlagen

c) Zuluftanlagen

Im erwähnten Kommentar zur M LüAR wird ein automatisches Abschalten der Zuluftanlage beschrieben und empfohlen. Aus Sicht der Autoren ist dies eine zwingende Erfordernis. Sofern eine Brandmeldeanlage und/ oder eine Alarmierung durch das Auslösen der Sprinkleranlage vorhanden ist, sollte der Impuls immer zur Abschaltung vorhandener Zuluftanlagen genutzt werden. Dadurch wird eine Verwirbelung der Rauchgase und ein verstärktes Anfachen des Brandes verhindert.

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

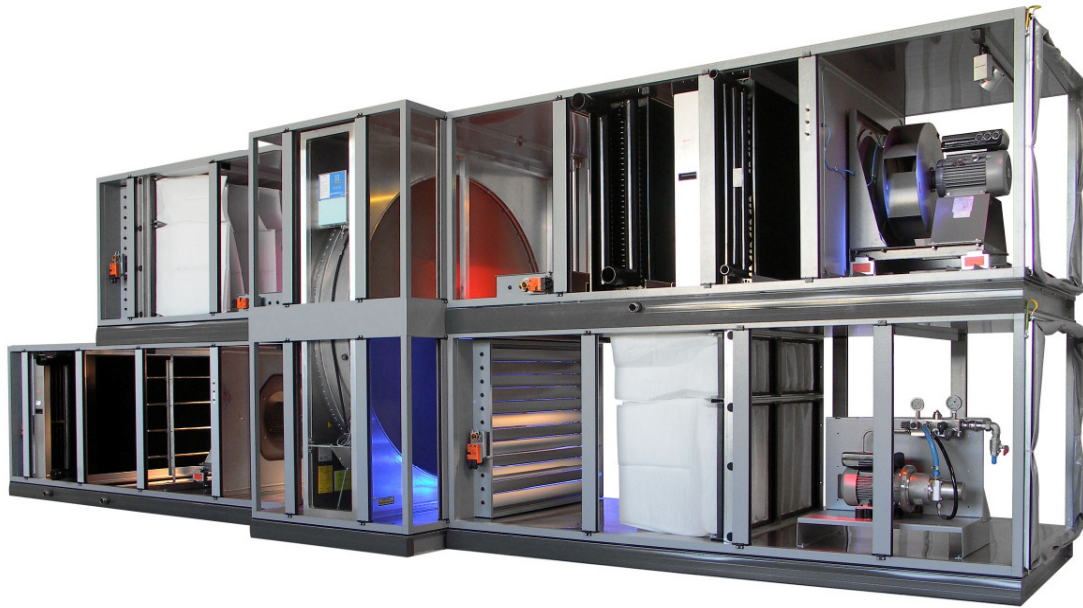


Abb. 6: Aufbau eines modernen RLT-Zentralgerätes mit den Komponenten zur Luftförderung, -filterung und -temperierung sowie zur Wärmerückgewinnung

d) Bypassregelung

Um den Ausfall der lüftungstechnischen Abluftanlage z. B. durch Filterverschmutzung zu verhindern, ist eine Bypasslösung zielführend. Hierbei wird das Abluftkanalsystem vor der Filtereinheit im Brandfalle umgeleitet und hinter den technischen Filtereinrichtungen wieder in den Abluftkanal gebracht. Solche Anlagen wurden in der Praxis schon häufig realisiert und stellen auch im Falle der „Kaltentrauchung“ die Funktionsfähigkeit der Anlage, zumindest unter dem Aspekt der Filterverschmutzung, sicher. Bei einer Bypassregelung kann beispielsweise ein temperaturbeständiger Ventilator eingesetzt werden und somit eine höhere bzw. längere Wirkung erreicht werden. Bei komplexen Raumlüftungstechnischen Anlagen incl. Wärmerückgewinnung und Luftkonditionierung ist dies häufig aus Platzgründen nicht möglich (vgl. Abb. 6).

Zu 4. Wie werden Abluftanlagen zur Entrauchung geplant, wenn keine Lüftungsanlage vorhanden ist?

In der Praxis finden sich unterschiedliche willkürliche planerische Festlegungen, da es keine baurechtlichen Vorgaben gibt. Die Spanne der Festlegungen reicht von 4-, 6- bis 10-fachen Luftwechseln oder Forderungen von z. B. 18 oder 36 m³ pro m².

Die wirklich erforderliche Luftleistung kann nur ermittelt werden, wenn die Schutzziele definiert sind. Das bedeutet, die Wirkzeit der Entlüftung muss zur Ermittlung des Volumens bekannt sein.

In der M-Ind-Bau-RL werden keine Anforderungen an die Entrauchungszeit gestellt. Bei kleinen Räumen mit 2 % Rauchableitungsfläche kann man in der Regel von einer vertretbaren Zeit ausgehen, bis der Rauch weitestgehend abgeführt ist. Bei Bedarf kann die Feuerwehr mit Hochdrucklüftern hier unterstützend tätig werden und die Zeit verringern. Dies ist bei großflächigen Industriebauten ab 10.000 m² Fläche nur schwer vorstellbar. Wann beginnt die Suche nach noch möglichen Brandnestern oder/ und der Brandursache? Diese zu suchen bzw. festzustellen, setzt einigermaßen gute

Ausführlicher Beitrag „Kaltentrauchung: Herausforderung für den Planer“

Von Detlev Bujak, Christian Steinlehner

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 3.2011

Sichtbedingungen voraus. Mit schwerem Atemschutz und Sichtgeräten alleine kann die Aufgabe vermutlich nicht bewältigt werden. In welcher Zeit soll dies geschehen? Bei einem 2- bis 4-fachen Luftwechsel wird die untere Hallenebene nach ca. 15 bis 30 Minuten „raucharm“ sein. Ist dies ausreichend?

Fazit

- Die Rauchgastemperatur von der Brandentstehung bis zum Ansprechen der Sprinkleranlage oder bis zum Ablöschen durch die Feuerwehr ist nicht kalkulierbar.
- Eine Lüftungsanlage kann nach dem Ablöschen bereits nicht mehr funktionsfähig sein.
- Reine Lüftungsanlagen sind zur Rauchableitung nicht geeignet. Die Anlagenbauteile wie Filter, WRG-Einheiten, Motore, Keilriemen usw. versagen bei Temperaturen von mehr 50 °C.
- Anforderung an das erforderliche Luftvolumen und die Funktionszeit fehlen.

Aus Sicht der Autoren ist die Planung einer „Kaltentrauchung“ zum heutigen Zeitpunkt mit den unspezifischen Vorgaben und Anforderungen kaum rechtssicher möglich. Viele Planer werden daher, um im Schadensfall Regressansprüche zu vermeiden, über die Anforderungen hinaus an Stelle der Lüftungsanlagen maschinellen Entrauchungsanlagen in Anlehnung an DIN 18232 Teil 5 planen. Da der Planer aber über die Anforderungen der Industriebaurichtlinie hinaus plant, muss er dies und die Mehrkosten gegenüber seinem Bauherrn ausdrücklich begründen. Wird nach den Vorgaben für eine „Kaltentrauchung“ gemäß Industriebaurichtlinie geplant, hat der Planer aber ggf. mit ähnlichen Konsequenzen beim Versagen der Anlage zu rechnen. Bei der Vielzahl der offenen Fragen ergibt sich eindeutiger Handlungsbedarf.

Ohne klare Definition der Schutzziele lässt sich zurzeit keine funktionsfähige Anlagenplanung durchführen. Es bleibt zu hoffen, dass die neue Industriebaurichtlinie entweder konkretere technische Anforderungen stellen oder aber einfache Pauschalansätze akzeptieren wird.

Autoren



Detlev Bujak

Niederlassungsleiter der Essmann GmbH in Augsburg und Ausbildungsleiter der Sparte Systemtechnik, spezialisiert auf die Bereiche maschinelle Entrauchung, thermische Lüftung und Kraftwerkslüftung, Mitarbeit in der Vereinigung der Brandschutzplaner e.V. (VdBP)



Christian Steinlehner

Dipl.-Ing. (FH) Architekt, K33-Steinlehner & Riedner Architektenpartnerschaft, München; Mitglied in der Vereinigung der Brandschutzplaner e.V. (VdBP)