

Leise Löschung

Störungen von Festplatten durch Inertgaslöschanlagen –
Analyse und Maßnahmen zum sicheren Betrieb von Speichersystemen

White Paper | September 2015

Die Sinorix™ Silent Extinguishing Technologie umfasst Maßnahmen, um den sicheren Betrieb von Speichersystemen vor, während und nach der Auslösung einer Gaslöschanlage zu gewährleisten.

Vor einigen Jahren verdichteten sich in der Brandschutzindustrie die Hinweise, dass Festplatten und Speichersysteme durch den Löschvorgang von automatischen Gaslöschanlagen beeinträchtigt werden könnten. Siemens hat daraufhin dieses Problem analysiert, entsprechende Produkte eingeführt und zusätzliche Maßnahmen erarbeitet.

Dieses White Paper beschreibt Silent Extinguishing für Inertgaslöschanlagen und die Anwendung der Sinorix Silent Nozzle in Verbindung mit zusätzlichen Maßnahmen. Die Silent Nozzle und die zugehörigen Maßnahmen können geräuschbedingte Störungen von Festplatten und kompletten Datenspeichersystemen in Rechenzentren verhindern.

Inhalt

1	Störungen von Festplatten durch den Einsatz von Inertgaslöschanlagen.....	3
1.1	Wodurch können Störungen von Festplatten verursacht werden?.....	4
1.1.1	Druck	4
1.1.2	Temperatur.....	6
1.1.3	Geräusch	6
1.1.4	Vibrationen/Körperschall.....	7
1.2	Schlussfolgerungen aus der Analyse der potenziellen Störungsvariablen Druck, Temperatur, Geräusch, Vibrationen/Körperschall	8
1.3	Lassen sich die Laborergebnisse auf reale Löschanlagen übertragen?	9
1.4	Ursachenanalyse	10
2	Silent Extinguishing – ein ganzheitliches Konzept.....	13
2.1	Auswahl des Löschmittels.....	13
2.2	Silent Nozzle	14
2.2.1	Einsatz in Inertgaslöschanlagen	18
2.3	Betriebliche Sicherheitsvorkehrungen.....	20
3	Fragen und Antworten.....	21
3.1	Abkürzungen	25

1 Störungen von Festplatten durch den Einsatz von Inertgaslöschanlagen

Rechenzentren bilden das unverzichtbare Rückgrat unserer heutigen Online-Gesellschaft. Beim Ausfall eines Rechenzentrums sind in kurzer Zeit erhebliche Probleme die Folge. Das wichtigste Ziel beim Betrieb eines Rechenzentrums muss daher lauten, maximale Verfügbarkeit sicherzustellen. Rechenzentren müssen auf solche Weise geplant, eingerichtet und betrieben werden, dass eine möglichst hohe Verfügbarkeit sogar im Brandfall gewährleistet werden kann. Daher ist ein umfassendes Brandschutzkonzept erforderlich, das im Falle eines Brandes die Personensicherheit, Geschäftskontinuität und Schadensminimierung sicherstellt.

Aus diesem Grund wird für Rechenzentren mit ihren vielfältigen elektrischen Gefahren und den hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Einsatz von Gaslöschanlagen empfohlen.

Vor einigen Jahren wurde die Brandschutzbranche auf mögliche Störungen aufmerksam, die bei magnetischen Festplatten und Speichersystemen während der Flutung durch eine Gaslöschanlage auftreten können.

Dieses White Paper gliedert sich in drei Abschnitte:

- Die Ursachen der Störungen von magnetischen Festplatten und Speichersystemen
- Sinorix Silent Extinguishing – ein ganzheitliches Konzept
- Fragen, Antworten und Begriffserläuterungen

1.1 Wodurch können Störungen von Festplatten verursacht werden?

1.1.1 Druck

Wird eine große Menge Löschmittel innerhalb kurzer Zeit in den Schutzbereich eingebracht, erzeugt dies einen Überdruck im Raum. Als erstes ging Siemens der Frage nach, ob der Überdruck die gemeldeten Störungen an den Festplatten verursachte.

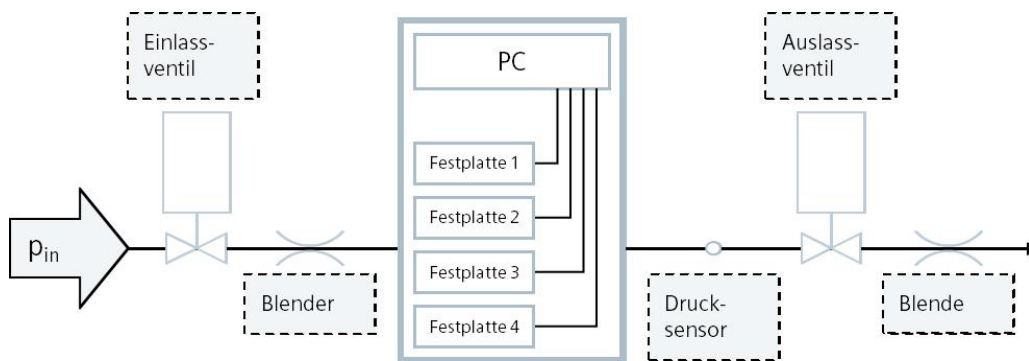


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Beurteilung der Druckempfindlichkeit von Festplatten, Siemens Corporate Technology, 2009

In Rechenzentren werden aufgrund der sehr empfindlichen Serverraumausstattung Gaslöschanlagen empfohlen.

Die Löschwirkung beispielsweise von Inertgaslöschanlagen basiert auf der Reduktion von Sauerstoff im Schutzbereich (Inertisierung). Dadurch wird der Brand zuverlässig gelöscht und Rückzündungen verhindert. Je nach Brandrisiko und landesspezifischen Vorschriften wird der Sauerstoffgehalt bei der Löschung auf einen Wert zwischen 13,8 und 10 Vol.-% reduziert und kann somit als personensichere Anlagen ausgelegt werden.

Druckentlastungsklappen werden eingesetzt, um den Überdruck dadurch zu begrenzen, dass eine entsprechende Luftmenge aus dem Raum verdrängt werden kann. Abhängig von der Druckfestigkeit des Raumes beträgt der Richtwert für die Auslegung der Druckentlastungsklappen bei einer normalen Gebäudekonstruktion üblicherweise 1 bis 3 mbar.

Versuchsaufbau: Siemens führte eine Reihe von Versuchen mit typischen Festplatten¹ verschiedener Hersteller durch. Die obige Abbildung zeigt den Versuchsaufbau mit 1-TB-SATA-Festplatten von vier Herstellern, wie sie 2009 üblicherweise in Rechenzentren verwendet wurden. Um die Auswirkungen während des Versuchs zu überwachen, protokollierte Siemens typische Leistungsparameter wie Datenübertragungsleistung, Zugriffszeit, Leserate bei linearem oder zufälligem Zugriffsmuster sowie die S.M.A.R.T.-Parameter.²

Während der Versuche wurde der Druck über Ventile und flussbestimmende Blenden erhöht und durch Druckfühler überwacht – einen für Absolutdruck und einen dynamischen für Differenzdruck.

¹ 3,5-Zoll-Enterprise-Festplatten, Kapazität 1 TB, Dauerbetrieb (24/7), Technologiestand August 2009.

² „Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology“ (S.M.A.R.T.) ist eine Standardschnittstelle in Festplatten zur Selbstüberwachung, Analyse und Statusmeldung.

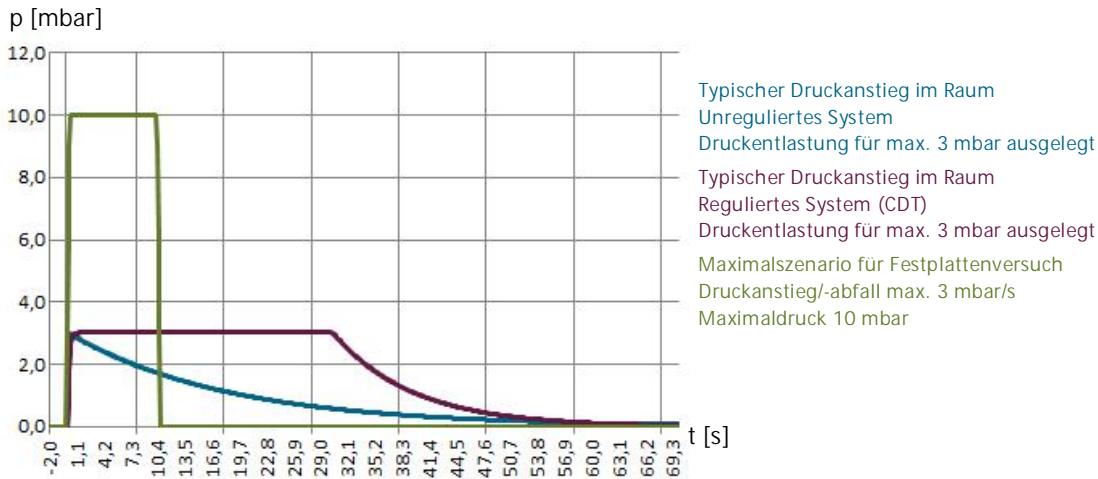


Abbildung 2: Druckanstieg bei der Beurteilung der Druckempfindlichkeit von Festplatten, Siemens Corporate Technology, 2009

Nachdem die Festplatten keine besondere Empfindlichkeit gegenüber den für eine Flutung typischen Druckanstieg von 1-3 mbar gezeigt hatten, wurden die Druckwerte und Druckgradienten bis auf den Maximalwert des Versuchsaufbaus erhöht. Selbst bei einem Überdruck von 170 mbar und einem Druckgradienten von bis zu 30 mbar/s, die in der Praxis nie auftreten würden, waren keine negativen Auswirkungen auf die Festplatten und deren Leistungsfähigkeit zu beobachten.

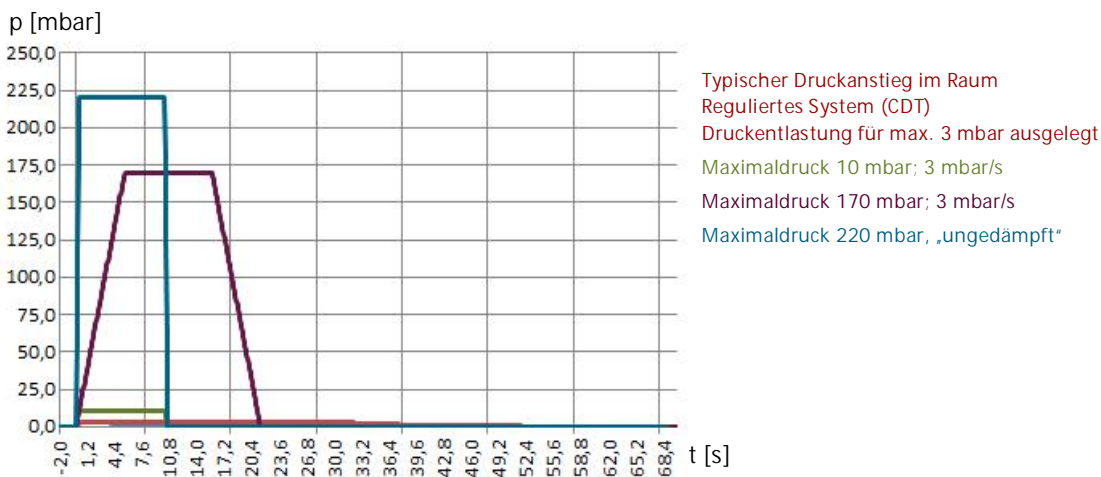


Abbildung 3: Druckanstieg beim Extremtest und den höchsten vereinbarten Bemessungswerten, Siemens Corporate Technology, 2009

Fazit

Auch bei unrealistisch hohen Druckwerten und Druckgradienten waren keine negativen Auswirkungen auf die Festplatten oder ihre Leistungsfähigkeit zu beobachten.

Der Test ergab, dass bei typischen Löschanlagen mit Druckentlastungskappen keine druckbedingten, negativen Auswirkungen auf Festplatten auftreten.

1.1.2 Temperatur

Der Temperaturrückgang, der durch die Flutung des Inertgases beim Löschvorgang erfolgt, beträgt nur wenige °C und verschwindet innerhalb weniger Minuten wieder. Die thermische Masse eines Festplattengehäuses gleicht diesen geringfügigen Temperaturrückgang aus, so dass er für die empfindliche Mechanik bedeutungslos ist. Außerdem verursachen der Temperaturrückgang und das in die Raumatmosphäre eingeleitete Gas keine Kondensation, ausgenommen auf der Oberfläche der Rohrleitungen.

Weder aus brancheninternen Gesprächen noch aus den bei Siemens durchgeführten Versuchen haben sich Hinweise darauf ergeben, dass Temperatur- oder Kondensationseffekte einen negativen Einfluss haben könnten.

1.1.3 Geräusch

Löschanlagen haben zwei Hauptquellen für Geräusche:

- Akustische Alarmgeräte, die genutzt werden, um Menschen zu warnen, damit sie den Bereich verlassen, bevor das Löschmittel freigesetzt wird.
- Flutung, bei der das Löschmittel mit hohem Druck durch eine Düse ausströmt.

Im zweiten Versuch wurden die Auswirkungen auf Festplatten gemessen, die bei hohen Geräuschpegeln entstehen.

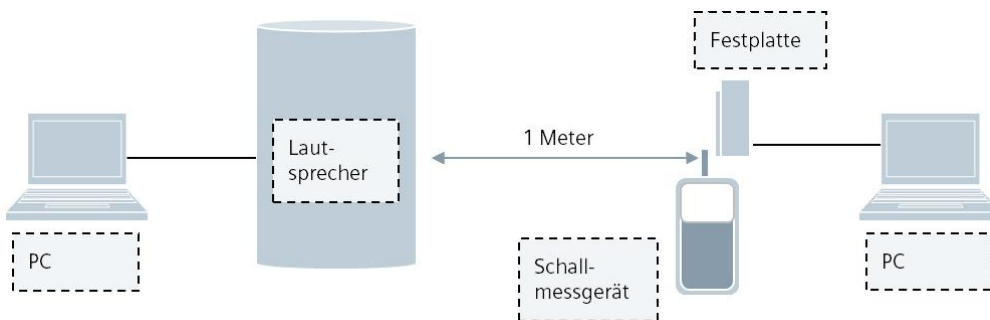


Abbildung 4: Versuchsaufbau zur Beurteilung der Geräuschempfindlichkeit von Festplatten, Siemens Corporate Technology, 2009

Gemäß Normen und Vorschriften müssen Alarmgeräte für Gaslöschanlagen einen Geräuschpegel zwischen 90 und 120 dB erzeugen³. Elektrische Alarmtongebener befinden sich typischerweise am unteren Ende dieses Spektrums und pneumatische Alarmtongebener am oberen Ende.

Während der Auslösung einer Inertgaslöschanlage, wenn das Löschmittel durch die Düse in den Schutzbereich strömt, werden hohe Geräuschpegel erzeugt. Für einige Anwendungen kann der Geräuschpegel 120 dB überschreiten.

Versuchsaufbau: Die obige Abbildung zeigt den Versuchsaufbau, der für die Beurteilung der Lärmempfindlichkeit der Festplatten verwendet wurde. Die Leistung der Festplatten wurden in der gleichen Art und Weise wie in den Überdruckversuchen gemessen.

In einer Entfernung von einem Meter zu den Festplatten erzeugte ein Signalgenerator mit Lautsprecher zuerst ein breitbandiges „rosa Rauschen“ (500 Hz bis 10 kHz) und anschließend ein Rauschen in den Terzbändern zwischen 353 Hz bis 10 kHz. Die Geräuschpegel wurden in geringem Abstand zu den Festplatten gemessen.

³ Beispiel: EN 12094-12:2003 Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Bauteile für Löschanlagen mit gasförmigen Löschmitteln – Teil 12: Anforderungen und Prüfverfahren für pneumatische Alarmgeräte.

Der Vorteil bei der Verwendung des Signalgenerators anstelle einer Inertgaslöschanlage lag in der guten Reproduzierbarkeit der Versuchsbedingungen. Durch Inertgaslöschanlagen erzeugte Geräusche weisen die Charakteristik von „weißem Rauschen“ auf. Um jedoch Lautsprecher Schäden durch das Hochfrequenzspektrum von „weißem Rauschen“ zu vermeiden, wurde für die Versuche „rosa Rauschen“ gewählt. Da die Festplatten der Lärmquelle direkt, das heißt ohne Montage in einem Rack oder Computer, ausgesetzt wurden, erfolgte der Versuch unter den denkbar schlechtesten Bedingungen bezüglich der Geräuscheinwirkungen.

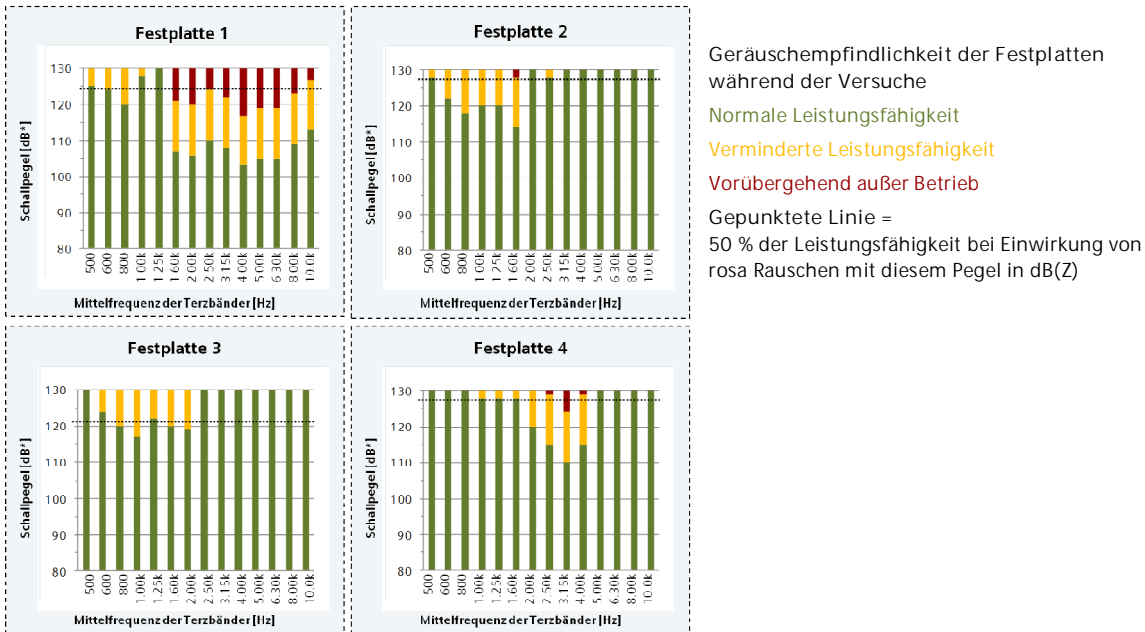


Abbildung 5: Geräuschempfindlichkeit von vier 1-TB-Festplatten zur Nearline-Speicherung, Siemens Corporate Technology, 2009
 *) LZFmax pro Terzband

Die obige Abbildung zeigt, bei welchem Schalldruckpegel die Leistungsfähigkeit der Festplatten um 50 % reduziert wurde (gelb). Aus den Versuchsergebnissen geht hervor, dass sich hohe Geräuschpegel negativ auf die Festplattenleistung auswirken können (rot). Dieser Pegel liegt für Festplatten üblicherweise bei 120 dB (im Terzband); für bestimmte Festplattentypen und Frequenzen können die negativen Auswirkungen bereits bei unter 110 dB einsetzen. Alle Festplatten stellten sich bei hohen Geräuschpegeln in einem Frequenzbereich von 500 Hz bis über 8 kHz als geräuschempfindlich heraus. Wie erwartet, wirkten sich einige Resonanzen noch stärker aus (hier nicht dargestellt).

Stichprobenversuche, die im ersten Quartal 2014 an aktuellen Festplatten mit Speicherkapazitäten von 2 bis 4 TB durchgeführt wurden, bestätigten die 2009 ermittelte Empfindlichkeit.

1.1.4 Vibrationen/Körperschall

Vibrationen stehen mit der Geräuschproblematik in engem Zusammenhang. Es besteht die Vermutung, dass Geräusche Vibrationen im Festplattengehäuse bewirken können, die letztendlich auf die Plattenspinde und die Kopfeinheit übertragen werden und Ausrichtungsfehler zwischen den Schreib-/Leseköpfen und den Datenspuren verursachen.

Festplatten sind den Vibrationen, beziehungsweise dem Körperschall innerhalb des Speichersystem-Chassis und der Schaltschränke ausgesetzt. Diese werden durch Unwucht und Kopfbewegungen der vielen Festplatten und Lüfter erzeugt. Diese Vibrationen alleine verursachen eine zusätzliche Belastung der Festplatten und können sogar kritische Pegel erreichen.

Angesichts der Vielzahl von Speichersystem-Chassis und -Schränken, die auf dem Markt erhältlich sind, wurde das Problem von geräusch- sowie körperschallbedingten Vibrationen noch nicht vollständig untersucht.

1.2 Schlussfolgerungen aus der Analyse der potenziellen Störungsvariablen Druck, Temperatur, Geräusch, Vibrationen/Körperschall

Es kann mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die Störungen, die in Speichersystemen als Folge des Einsatzes von Inertgaslöschanlagen aufgetreten sind, durch die Einwirkung hoher Schallpegel auf die Festplatten verursacht wurden.

Anhand der von Siemens gewonnenen Erkenntnisse wurde ein typisches Geräuschempfindlichkeitsprofil für magnetische 3,5-Zoll-Festplatten für Speichersysteme festgelegt. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Geräuschempfindlichkeit von Festplatten nicht Teil der Herstellerspezifikation ist und sich im Lauf der Zeit aufgrund der technischen Weiterentwicklung ändern kann.

Da die Geräuschempfindlichkeit von Festplatten kein für eine bestimmte Festplatte spezifischer Wert ist, hat Siemens eine empirische Geräuschempfindlichkeitsskala entwickelt, welche die derzeit bekannte Empfindlichkeit von Festplatten zusammenfasst.

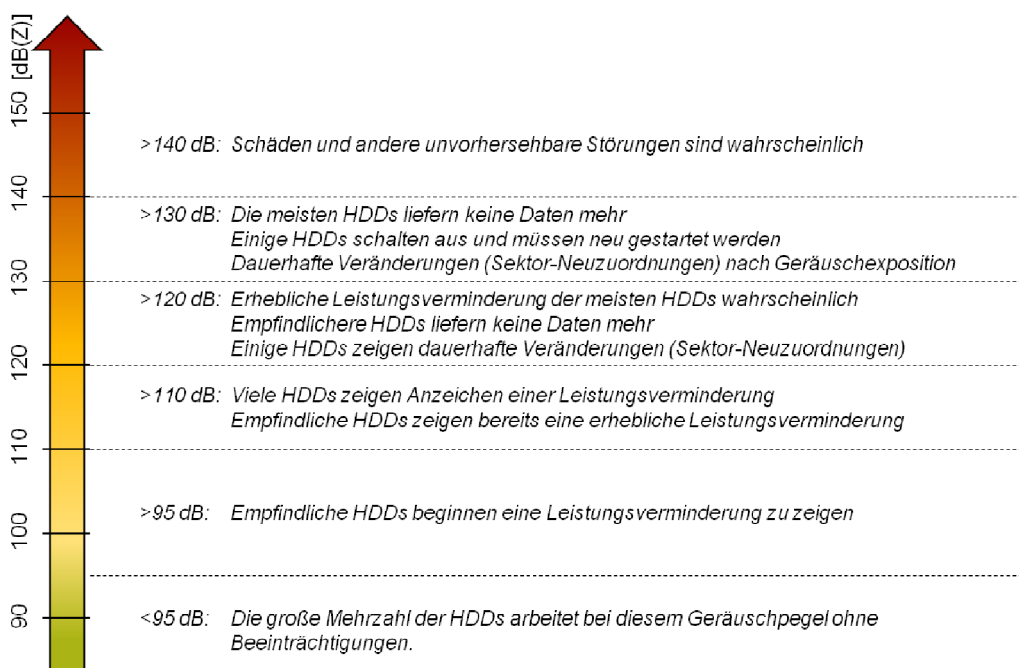


Abbildung 6: Empirisch ermitteltes Empfindlichkeitsprofil von Festplatten (Zusammenfassung)

Bei der Erfassung und Auswertung der Empfindlichkeitsprofile der Festplatten im Frequenzspektrum lässt sich ein Maximum der Geräuschempfindlichkeit der getesteten Festplatten in der Mitte des hörbaren Frequenzbereichs feststellen. Jede Festplatte weist jedoch ein typisches Empfindlichkeitsprofil auf, das sich durch charakteristische Leistungsverlechterungen bei einer Resonanzfrequenz und deren Vielfachen auszeichnet.

Siemens definiert unterschiedliche Empfindlichkeitsstufen von Festplatten innerhalb des Schallspektrums:

- Festplatten sind unempfindlich gegenüber Schall mit Frequenzen unter 500 Hz
- Bestimmte Festplatten zeigen eine Empfindlichkeit gegenüber Schall im Frequenzbereich von 500 Hz bis 1,6 kHz
- Der Bereich von 1,6 kHz bis 8 kHz ist der kritischste Bereich im Spektrum
- Bestimmte Festplatten zeigen eine Empfindlichkeit gegenüber Schall im Frequenzbereich von 8 kHz bis 12,5 kHz
- Festplatten sind unempfindlich gegenüber Schall mit Frequenzen über 12,5 kHz

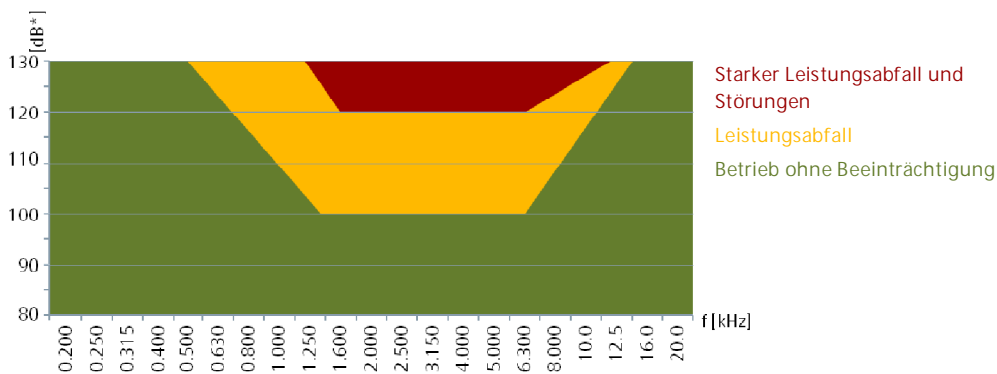


Abbildung 7: Empirisch ermitteltes frequenzspezifisches Empfindlichkeitsprofil von Festplatten

*) LZFmax pro Terzband

1.3 Lassen sich die Laborergebnisse auf reale Löschanlagen übertragen?

Um die Auswirkungen bei vollmaßstäblichen Löschauslösungen zu beobachten, führte Siemens weitere Versuche bei gleichem Aufbau zur Leistungsmessung und gleichen Festplatten während realer Löschauslösungen durch.

Eine Versuchsreihe wurde mit den folgenden Löschanlagen von Siemens durchgeführt:

- Sinorix N₂, unreguliertes System mit Stickstoff bei 300 bar Behälterdruck
- Sinorix CDT, reguliertes System mit Stickstoff bei 300 bar Behälterdruck, CDT-Ventil

Fazit

Die während der Auslösung einer Gaslöschung erzeugten Geräusche können die Leistungsfähigkeit der Festplatten während des Löschvorgangs stören. Es wurde aber bei keinem Versuch ein Informationsverlust oder eine permanente Zerstörung der getesteten Festplatten festgestellt.

1.4 Ursachenanalyse

Ein IT-Speichersystem ist ein komplexes System, das vom Hersteller hinsichtlich der folgenden Parameter optimiert wird:

- Speicherkapazität
- Leistungsfähigkeit
- Zuverlässigkeit (bei normalen Betriebsbedingungen)
- Kosten pro Kapazität

Außergewöhnliche Ereignisse wie die Flutung durch eine Inertgaslöschanlage werden von der Funktionsbeschreibung und von der Spezifikation einer Festplatte und eines IT-Speichersystems nicht abgedeckt, haben in der Realität aber Auswirkungen auf deren Betrieb.

Mindestens zwei Schweregrade müssen getrennt voneinander beurteilt werden:

a. Störung von Teilen oder der Gesamtheit des IT-Speichersystems
(mit zunehmendem Schweregrad)

- Temporäre Leistungsverminderung
- Temporärer, jedoch vollständiger Leistungsverlust
- Abschaltung (Neustart erforderlich)
- Dateninkonsistenz

Gemäß der 2009 durchgeführten Studie von Siemens Corporate Technology muss bei Schallpegeln über etwa 95 dB mit kleineren Leistungsbeeinträchtigungen gerechnet werden, während bei Schallpegeln über 120 dB die Wahrscheinlichkeit von einem Leistungseinbruch besteht.

b. Schäden an Teilen oder der Gesamtheit des IT-Speichersystems
(mit zunehmendem Schweregrad)

- Physischer Schaden an einer Einzelkomponente (kann durch Redundanzmechanismen ausgeglichen werden)
- Systematischer physischer Schaden an mehreren Komponenten, führt zum kompletten Systemausfall und Datenverlust

Zu hohe Geräuschpegel ($\gg 140$ dB), wie sie vom direkten Auslassstrahl einer Standarddüse erzeugt werden, können auf alle mikromechanische Systeme wie z.B. Festplatten potenziell zerstörerisch wirken. Dieser Aspekt der Geräuschpegel ist bisher nicht in die Beurteilungen von geräuscharmen Löschanlagen einbezogen worden und wurde daher noch nie systematisch untersucht.

Geräuschempfindlichkeit von der einzelnen Festplatte bis hin zum Rechenzentrum

Physischer Speicher: Baugruppe Kopf/Scheibe



Störung:

- Fehlausrichtung zwischen Kopf und Datenspur, führt zu Problemen beim korrekten Lesen/Schreiben der Information in der Magnetschicht auf der Scheibenoberfläche.

Möglicher Schaden:

- Vibrationen könnten einen „Headcrash“ verursachen, bei dem die Scheibenoberfläche beschädigt wird.

Einzelne Festplatte



Störung:

- Die vom Kopf an der Scheibenoberfläche gelesenen Rohdaten werden aufgrund von ECC-Fehlern verworfen. Nachdem eine bestimmte Zeit lang ständig ECC-Fehler aufgetreten sind, schaltet die Platte ab.

Möglicher Schaden:

- Die bei dem ursprünglichen Headcrash entstandenen Partikel verursachen rasch weitere Headcrashes, die schließlich zum kompletten Abrieb der Plattenoberflächen und damit Totalausfall führen.

Speichersystem-Chassis



Störung:

- Der Leistungsabfall einer einzelnen Festplatte bewirkt auch einen Leistungsabfall des Speichersystem-Chassis.
- Wenn eine einzelne Festplatte offline geht, kann der Controller des RAID-Speichersystems dies nach einer Wartezeit von einigen Sekunden ordnungsgemäß ausgleichen.
- Ein systematischer Leistungsabfall oder der gleichzeitige Ausfall mehrerer Laufwerke verursacht jedoch schwere Probleme und ein unvorhersehbares Verhalten des RAID-Algorithmus / des Speichersystem-Chassis.

Möglicher Schaden:

- Kein Schaden auf der Ebene des Speichersystem-Chassis zu erwarten.

Speichersystem



Störung:

- Das Speichersystem verhält sich im Prinzip auf die gleiche Weise wie die Kombination aus mehreren Speichersystem-Chassis.

Möglicher Schaden:

- Kein Schaden auf der Ebene des Speichersystems zu erwarten.

Haupt-/Reserve-Rechenzentrum



Störung:

- Risiko einer Störung oder einer eingeschränkten Serververfügbarkeit aufgrund der Übergabe vom Haupt- an das Reserve-Rechenzentrum (die an sich schon komplex ist und nur eingeschränkt im Rahmen von Tests geprüft werden kann).

Möglicher Schaden:

- Kein Schaden auf der Ebene des Rechenzentrums zu erwarten.

2 Silent Extinguishing – ein ganzheitliches Konzept

Nach der Schlussfolgerung, dass hohe Geräuschpegel Festplatten beeinträchtigen können, begann Siemens mit der Entwicklung einer geräuschoptimierten „Silent Extinguishing“-Löschtechnologie. Das Ziel der Entwicklung war die Erarbeitung von Konzepten, die eine gleiche Löscheinleistung mit einem deutlich geringeren Geräuschpegel ermöglichen.

2.1 Auswahl des Löschmittels

Löschmittel	Umwelt, Personensicherheit und Sekundärschäden	Bevorzugte Anwendung in Rechenzentren	Geräuschemission
Stickstoff	++ Sehr umweltfreundlich	Mittlere bis große Rechenzentren	Hohe bis sehr hohe Geräuschemission bei konventionellen Systemen
Argon	++ Ungefährlich für Personen		Mäßige Geräuschemission bei Einsatz von geräuscharmen Düsen und zusätzlichen Maßnahmen
Mischgase	++ Rückstandsfreie Löschung; keine Schäden an IT-Ausrüstung, Gebäuden und Einrichtungen ++ Keine Störung von Festplatten und Speichersystemen beim Einsatz von Silent Extinguishing		
CO ₂	+ Umweltfreundlich -- Gefährlich für Personen	Nicht üblich	Unbekannt
HFC-227ea	- Einsatz unter Beachtung von Umweltvorschriften, in einigen Ländern bereits verboten 0 Geringe Gefährdung von Personen ++ Keine Beschädigung der elektrischen und elektronischen Ausrüstung und der Gebäudeeinrichtungen	Kleine bis mittlere Rechenzentren	Hohe Geräuschemission, keine geräuscharmen Lösungen verfügbar
Novec 1230	+ Umweltfreundlichstes chemisches Löschmittel + Höchster Sicherheitsfaktor für Personen ++ Keine Beschädigung der elektrischen und elektronischen Ausrüstung und der Gebäudeeinrichtungen		Mittlere Geräuschemission
Wasserdampf	++ Sehr umweltfreundlich ++ Ungefährlich für Personen -- Beschädigung der elektrischen und elektronischen Ausrüstung und der Gebäudeeinrichtungen möglich -- Elektrische Gefährdung	Gebäudeschutz	Geringe Geräuschemission

2.2 Silent Nozzle

Die Maßnahmen aller Konzepte für geräuscharme Inertgas-Löschanlagen konzentrieren sich auf die Düse als den Ort, an dem der größte Teil der Flutungsenergie in Schall umgewandelt wird.

Manche Konzepte ergänzen konventionelle Düsen durch Schalldämpfer; Sinorix Silent Nozzle dagegen reduziert den Geräuschpegel an der Quelle, ohne dabei die Leistungsfähigkeit (Durchflussmenge und Austragsform) negativ zu beeinflussen.

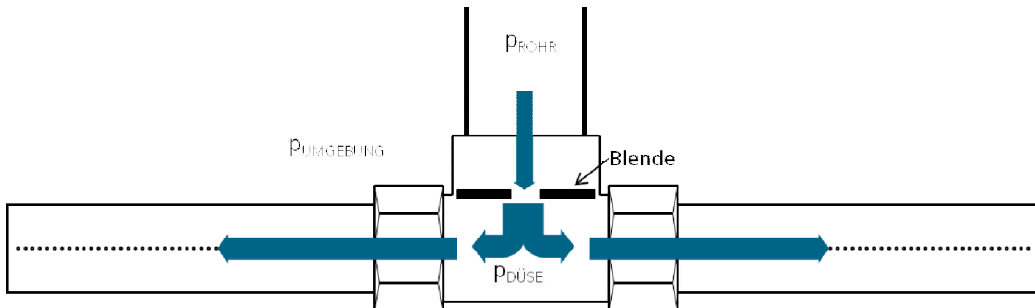


Abbildung 8: Grundsätzlicher Aufbau der Sinorix Silent Nozzle

Das Funktionsprinzip der Sinorix Silent Nozzle basiert auf einer zweistufigen Ausdehnung des Gasstroms. Die Blende am Düseneinlass bestimmt den hydraulischen Widerstand und damit die Durchflusskapazität der Düse. Der Rohrleitungsnetzwerkdruck p_{ROHR} wird deutlich vermindert und auf den düseninternen Druck $p_{DÜSE}$ reduziert. Bei dieser ersten Ausdehnung wird bereits ein wesentlicher Anteil der Energie freigesetzt, das damit verbundene Ausdehnungsgeräusch bleibt aber innerhalb der Düse. Die zweite Ausdehnung mit der Reduzierung des düseninternen Drucks $p_{DÜSE}$ auf den Umgebungsdruck $p_{UMGEBUNG}$ entspricht einem wesentlich geringeren Druckabfall.

Ein weiterer Vorteil der „Silent Nozzle“-Konstruktion besteht darin, dass das Gesamtgeräusch, das von der Vielzahl der kleinen Auslassstrahlen erzeugt wird, kleiner ist als das von wenigen großen Auslassstrahlen. Zudem wird das Emissionsspektrum durch kleine Auslassstrahlen in Richtung höherer Frequenzen verschoben.

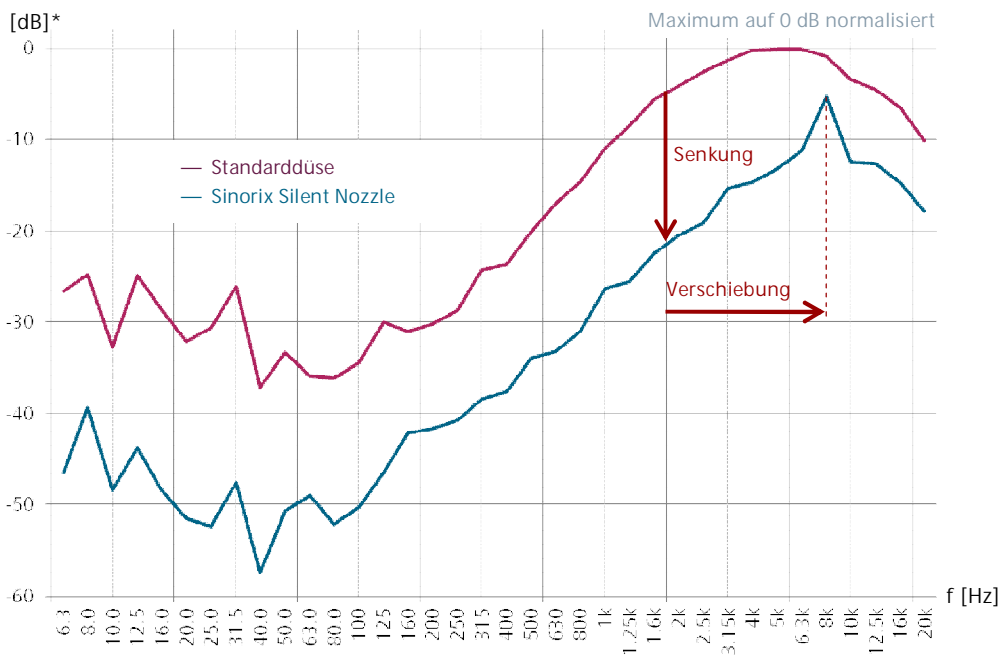
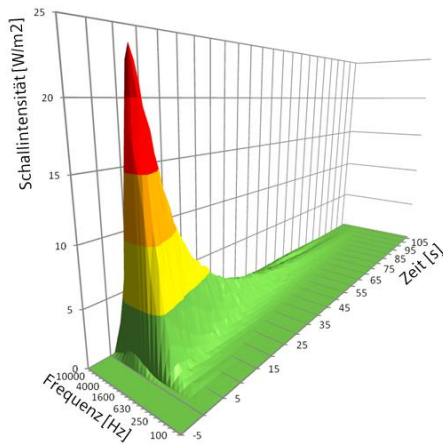


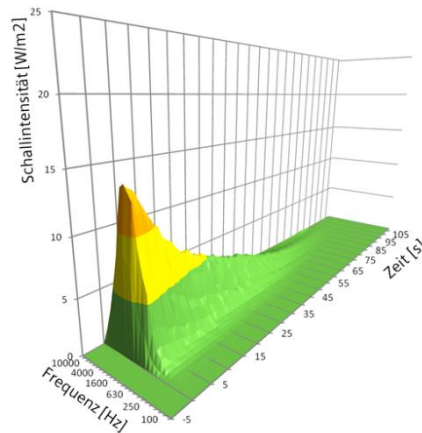
Abbildung 9: Spektralverhalten von Sinorix Silent Nozzle im Vergleich zu einer Standarddüse

*) LZFmax pro Terzband

Standarddüse, unreguliert



Standarddüse, CDT



Sinorix Silent Nozzle, CDT

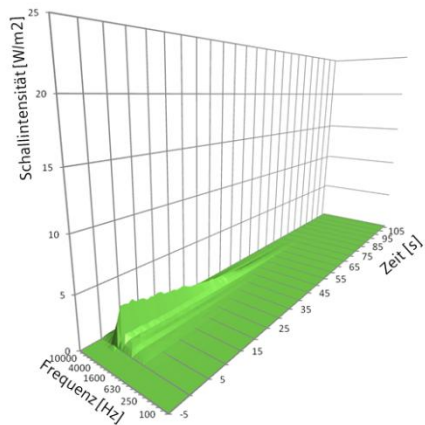


Abbildung 10: Schallintensität und Spektrum im Zeitverlauf bei verschiedenen Düsentypen/Löschanlagen

Zusätzlich zu den geräuschkindernden Eigenschaften der Silent Nozzles muss auch gute Durchmischung des Löschgases mit der Raumatmosphäre genannt werden. Das gefächerte und aus vielen kleinen Teilstrahlen bestehende Strahlmuster bewirkt zudem eine drastische Verminderung der Direktschallkomponente im Vergleich zu einer herkömmlichen Düse.

Bei der Planung und Auslegung einer Inertgaslöschanlage sind stets zahlreiche Parameter zu berücksichtigen. Durch die guten Ausströmeigenschaften erfordert die Silent Nozzle keine besondere Berücksichtigung in der hydraulischen Auslegung der Inertgaslöschanlage.

Die Sinorix Silent Nozzle eignet sich ideal für den Einsatz mit Sinorix CDT Löschanlagen – mit Stickstoff, Argon und Mischgasen. Diese Löschmittel sind umweltfreundlich, bieten herausragende Löscheigenschaften für elektrische Risiken und hinterlassen beim Einsatz keine Rückstände.

Die Sinorix Silent Nozzle ist in verschiedenen Materialien und Größen und mit unterschiedlichen Strahlbildern erhältlich.



X: Material

- SDN Messing
- SDNS Edelstahl
VdS-Bauteilenerkennung (G 314001)

Y: Größe

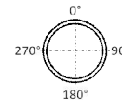
- S Klein
Düsenöffnung \varnothing 3,0 mm-8,4 mm
- M Mittel
Düsenöffnung \varnothing 8,6 mm-15,4 mm
- L Groß
Düsenöffnung \varnothing 15,6 mm-20,0 mm

Aus Fertigungsgründen sind die Blendendurchmesser in 0,2-mm-Schritten abgestuft.

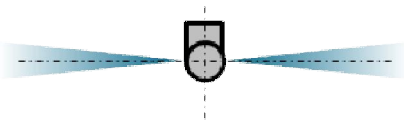
Sofern erforderlich (und ausschließlich für Inertgas-Anwendungen) können alle Typen mit Blendendurchmessern $\geq 3,0$ mm hergestellt werden. Der typspezifische Maximaldurchmesser sollte niemals überschritten werden.

ZZ: Strahlbilder

Alle SDNS-Varianten sind für Anwendungen zum Schutz von Räumen vorgesehen, weisen aber spezielle Eigenschaften hinsichtlich des maximalen Öffnungsdurchmessers und des Strahlbildes auf.



SDN(S)-S



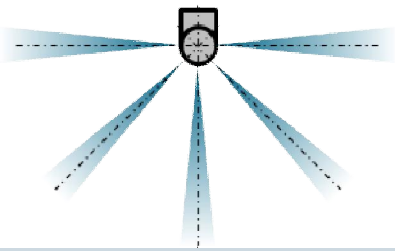
Hängende Düse, horizontales Strahlbild im Winkel von $90^\circ/270^\circ$ zur Rohrleitungsachse.

Anwendungen mit kleinem (Teil-) Volumen und/oder wenn ein ausschließlich horizontales Strahlbild erforderlich ist.

Beispiele:

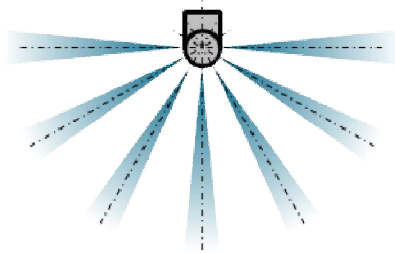
- Direkt über Serverschränken
- Innerhalb von Kaltgangeinhausungen
- Doppelböden / abgehängte Decken

SDN(S)-M



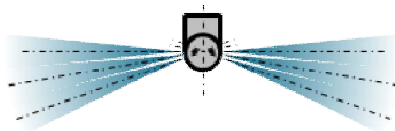
Hängende Düse, radiales Strahlbild
90°/135°/180°/225°/270° zur Rohrleitungsachse.
Anwendungen mit mittlerem (Teil-) Volumen.

SDN(S)-L



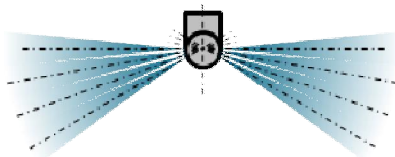
Hängende Düse, radiales Strahlbild
90°/120°/150°/180°/210°/240°/270° zur Rohrleitungsachse.
Anwendungen mit dem größten möglichen (Teil-) Volumen.

SDN(S)-M-H



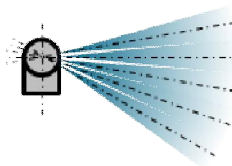
Hängende Düse, horizontales Strahlbild
90°/100°/110°/250°/260°/270° zur Rohrleitungsachse.
Anwendungen mit mittlerem (Teil-) Volumen.

SDN(S)-L-H



Hängende Düse, horizontales Strahlbild
90°/100°/110°/120°/240°/250°/260°/270° zur Rohrleitungsachse.
Anwendungen mit dem größten möglichen (Teil-) Volumen.

SDN(S)-M-SC



Hängende Düse, horizontales Strahlbild
60°/70°/80°/90°/100° zur hängenden Rohrleitungsachse.
Wandmontage.

2.2.1 Einsatz in Inertgaslöschanlagen

In den folgenden Abschnitten wird das gesamte Geräuschdämpfungspotenzial der Silent Nozzle-Technik und zusätzlicher Maßnahmen unter dem Sammelbegriff „Leise Löschung“ vorgestellt.

a) Der Einsatz der Sinorix Silent Nozzle senkt den Geräuschpegel um 14 dB

Flutungsgeräusch von Sinorix-Inertgaslöschanlagen im Zeitverlauf

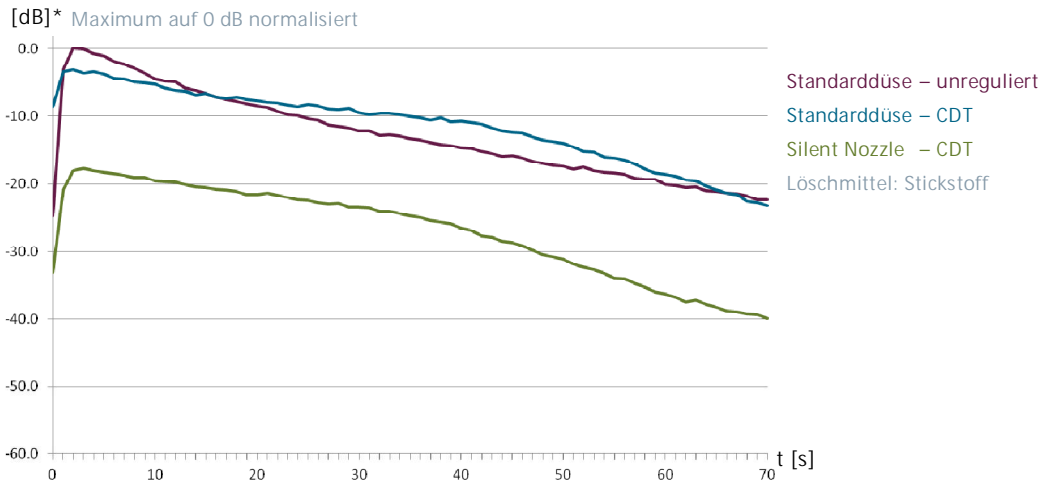


Abbildung 11: Geräuschminderung durch den Einsatz der Silent Nozzle bei Inertgaslöschanlagen

*) dB („HDD“): dB-Wert mit Gewichtung der Festplattenempfindlichkeit gemäß Abbildung 14

Die Verwendung der Sinorix Silent Nozzle statt einer Standarddüse vermindert die Geräuschemission je nach Frequenz um mehr als 20 dB und im Frequenzspektrum von 500 Hz bis 8 kHz um einen Mittelwert von 14 dB. Eine Geräuschminderung um 20 dB entspricht einer Verringerung der Schallenergie auf ein Hundertstel, um 14 dB auf 1/25 – eine erhebliche Reduzierung.

b) Der Einsatz von Sinorix CDT senkt den maximalen Schallpegel um 4 dB

Dank des während der Flutung konstanten Massenstroms bewirkt der Einsatz eines regulierten Systems (CDT) auch eine Senkung des maximalen Geräuschpegels. Unsere Versuche haben gezeigt, dass der Einsatz einer regulierten Anlage eine Geräuschminderung um ca. 4 dB gegenüber einer unregulierten Anlage bewirkt.

c) Verlängerte Flutungsdauer senkt den Geräuschpegel um 3 dB

In Abhängigkeit von den vor Ort geltenden Vorschriften und der gängigen Praxis kann für Brand-szenarien in Rechenzentren eine Verdopplung der Flutungsdauer von 60 auf 120 Sekunden an-gemessen sein. In einem Rechenzentrum ist als zu erwartendes Brandszenario ein in der elektri-schen Ausrüstung entstehender Schwelbrand wahrscheinlicher als ein sich schnell ausbreitendes offenes Feuer. Wenn die Flutungsdauer von 60 auf 120 Sekunden verdoppelt wird, kann der Ge-räuschpegel dadurch um 3 dB gesenkt werden.

d) Raumakustik: Direktschall und reflektierter Schall

Der Geräuschpegel an einem gegebenen Punkt im Raum setzt sich aus zwei Komponenten zu-sammen: aus Direktschall und reflektiertem Schall. „Direktschall“ bezieht sich auf den Schall, der direkt von der Quelle eintrifft, wogegen „reflektierter Schall“ mehrmals an den Wänden und wäh-rend der Nachhallzeit zunehmend gedämpft wird.

Direktschall gegenüber reflektiertem Schall:
Standarddüse



Direktschall gegenüber reflektiertem Schall:
Silent Nozzle

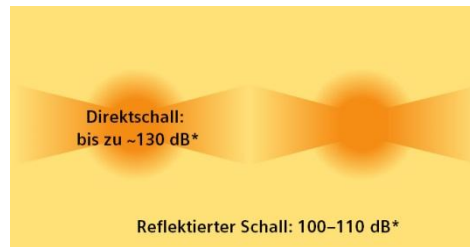


Abbildung 12: Vergleich zwischen Standarddüsen und Silent Nozzle unter Berücksichtigung von Direktschall und reflektiertem Schall

*) LZFmax pro Terzband

d1) Direktschall kann zerstörerische Pegel erreichen

Wenn die Ausströmrichtung einer Düse direkt auf die betreffende Ausrüstung (z.B. den Schrank eines Speichersystems) zeigt, kann dies einen enorm hohen Geräuschpegel bewirken. Bei Messungen, die direkt in der Strömungsrichtung von Standarddüsen im Abstand von einem Meter vorgenommen wurden, kam es bei Messgeräten mit einem Anzeigebereich von 150 dB zu einer Überschreitung des Messbereichs. Es muss sichergestellt werden, dass sich empfindliche Ausrüstung nicht im direkten Auslassbereich von Standarddüsen befindet. Ein Abstand von mindestens zwei Metern bei kleinen Düsenöffnungen und drei Metern bei großen Öffnungen sollte auf jeden Fall eingehalten werden. Allgemein gilt: Je größer der Abstand, desto besser.

Obwohl die Flutung bei der Verwendung von Silent Nozzles wesentlich ruhiger erfolgt, ist die Direktbeschallung zu vermeiden und ein Mindestabstand von 1,5 Metern zwischen der Düse und empfindlicher Ausrüstung einzuhalten.

d2) Direktschall – Verbesserungen bei der Raumakustik senken den Geräuschpegel um 3 dB

Jeder Raum hat seinen individuellen akustischen „Fingerabdruck“. Das heißt, seine Schallabsorptionseigenschaften sind vom Frequenzspektrum abhängig. Die Nachhallzeit RT60 ist die Zeitdauer, die erforderlich ist, um den Schallpegel auf 60 dB zurückgehen zu lassen, d.h. auf ein Millionstel des Ausgangspegels. Eine typische Nachhallzeit für Räume mit nackten Beton- oder Glasoberflächen beträgt 2,0 Sekunden, für Büros etwa 0,5 Sekunden. Eine Halbierung der Nachhallzeit senkt den Schallpegel um 3 dB. Daher würde eine Verkürzung der Nachhallzeit eines Raumes von 1,2 auf 0,6 Sekunden den Schallpegel um 3 dB senken.

2.3 Betriebliche Sicherheitsvorkehrungen

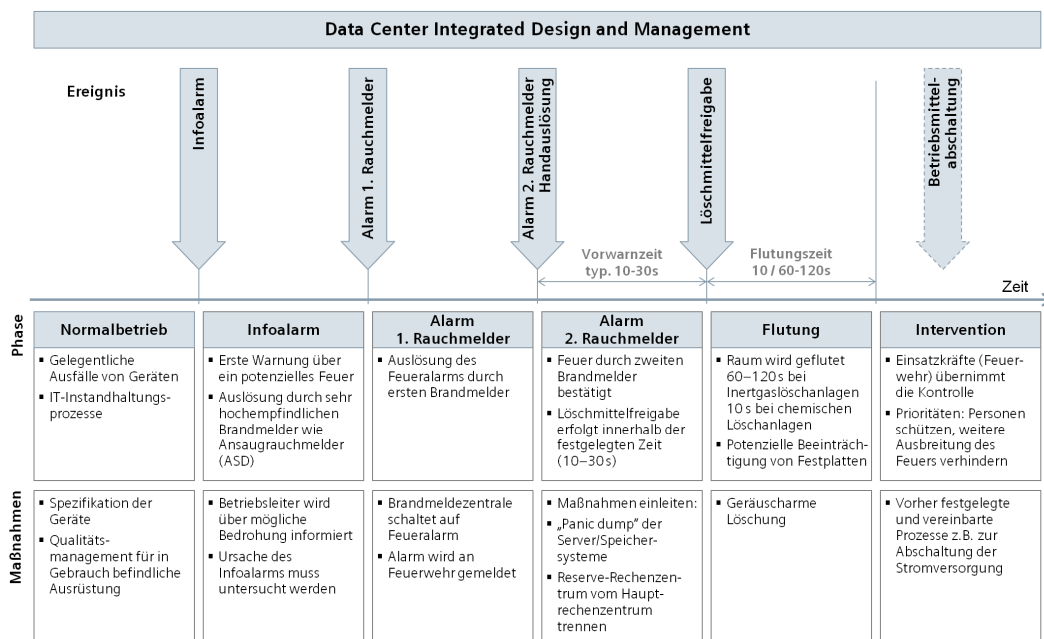


Abbildung 13: Maßnahmen zur Begrenzung der „Stressverschärfung“ im Brandfall

a) Planungsmassnahmen

Umsetzung der Maßnahmen zur geräuscharmen Löschung, z.B. Verwendung von geeigneten Löschmitteln, CDT-Systemen (bei Inertgaslöschanlagen), Silent Nozzles, verlängerter Flutungszeit von 120 Sekunden (bei Inertgaslöschanlagen) und optimale Düsenanordnung.

b) Betriebsmanagement

Ein „Data Center Integrated Management System“, welches alle entscheidungsrelevanten Informationen, Alarmer und Messnahmenpläne aus der IT- und Gebäudetechnik zielgruppenspezifisch darstellt und priorisiert.

Normalbetrieb

Auswahl und Qualifizierung der verwendeten Festplatten in Übereinstimmung mit einer vorher festgelegten Checkliste → z.B. werden neue Generationen von Festplatten/Technologien hinsichtlich ihrer Geräuschempfindlichkeit qualifiziert.

Infoalarm

Möglichst schnelle Ermittlung der Ursache für den Infoalarm als Grundlage für nachfolgende Entscheidungen. Sofern möglich, Vermeidung der weiteren Eskalation zu einem Brandalarm.

Alarm 1. Rauchmelder

Wenn der Brandalarm ausgelöst wird, bedeutet dies eine massive Eskalation des Vorfalles. Die Feuerwehr wird verständigt und ist binnen Minuten vor Ort.

Idealer Zeitpunkt für die Übergabe des Betriebs an das Backup-Rechenzentrum.

Alarm 2. Rauchmelder

Die Vorwarnung vor der Löschung setzt ein → Es stehen nur noch max. 30 Sekunden zur Verfügung, in denen technische Maßnahmen zur Begrenzung von Störungen eingeleitet werden können.

- Evakuierung der Personen aus dem Flutungsbereich
- Möglichst weitgehende Vorbereitung der Speichersysteme auf die bevorstehende Flutung durch Einleitung eines „Panic Dump“

Flutung

Während der Flutung verhindert Silent Extinguishing, dass die empfindliche IT-Ausrüstung zu hohen Geräuschpegeln ausgesetzt wird.

Intervention

Massnahmenpläne bezüglich betriebskritischen Abläufen und Entscheidungen sollen vorab in verbindlichen Prozessbeschreibungen geregelt und im „Data Center Integrated Management System“ hinterlegt werden.

3 Fragen und Antworten

Grundlagen der Schallmessung in Dezibel (dB)

In Gesprächen über Silent Extinguishing wird häufig die Einheit dB verwendet. dB-Werte werden häufig in Verbindung mit einer sogenannten Bewertungskurve angegeben, je nach dem in welchem Zusammenhang Wert gebraucht wird.

Die dB(A)-Kurve soll das Hörvermögen des menschlichen Ohrs abbilden. A-gewichtete dB-Werte/ Kurven berücksichtigen somit nicht exakt die spektrale Empfindlichkeit von Festplatten, so dass dB(A)-Werte im Hinblick auf die Festplattenempfindlichkeit wenig aussagekräftig sind.

- dB(A): Die gebräuchlichste Gewichtung bei der Geräuschemessung in Zusammenhang mit der menschlichen Wahrnehmung ist die A-Bewertung. Wie vom menschlichen Ohr werden hier die mittleren Frequenzen im Bereich von 1kHz bis 6kHz stärker gewichtet. Ein Frequenzgang-Diagramm gemäß der Festlegung in den Normen für Schallpegelmessger (IEC 60651, IEC 60804, IEC 61672, ANSI S1.4) ist weiter unten dargestellt.
- dB(C): Der Frequenzgang des menschlichen Ohrs variiert mit dem Schallpegel. Bei höheren Pegeln (ab 100 dB) ist die Wahrnehmungskurve flacher, wie in der Abbildung unten für den C-bewerteten Frequenzgang dargestellt. Für die meisten Anwendungsbereiche wird der A-bewertete Frequenzgang verwendet, viele Schallpegelmessgeräte bieten aber auch eine Messung mit C-Gewichtung an. Die C-Bewertung wird in der Regel für Spitzenwertmessungen sowie bei bestimmten Schallpegelmessungen im Unterhaltungsbereich verwendet, bei denen die Übertragung von Bassfrequenzen problematisch sein kann.
- dB(„HDD“): Diese Bewertungskurve müsste verwendet werden, um die Schallempfindlichkeit von magnetischen Festplatten darzustellen (Technologiestand 2009). Die Empfindlichkeitskurve wurde von Siemens empirisch ermittelt.
- dB(Z): Die Z-Bewertung ist ein flacher Frequenzgang, bei dem die Abweichung im Bereich von 10 Hz bis 20 kHz $\pm 1,5$ dB beträgt. Dieser Frequenzgang ersetzt die älteren „linearen“ oder „ungewichteten“ Frequenzgänge, da bei diesen nicht angegeben war, in welchem Frequenzbereich die Messung linear ist.

Siemens betrachtet Schallwerte bevorzugt in spektraler Auflösung, und zwar in der Regel in Terzauflösung.

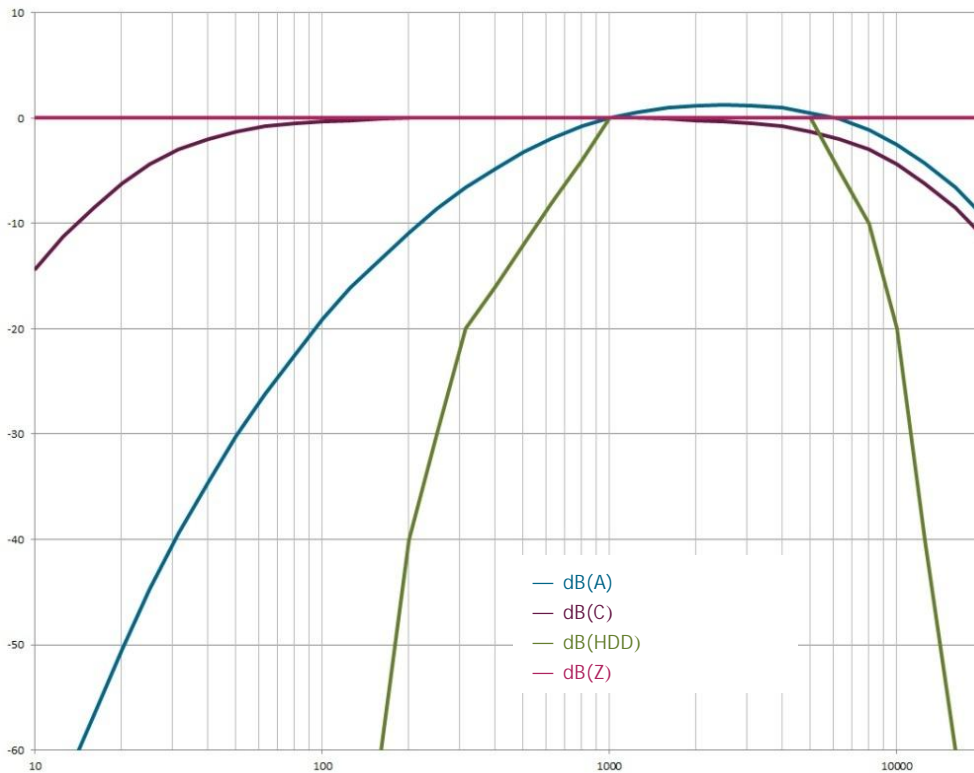


Abbildung 14: Bewertungskurven dB(A, C, „HDD“, Z)

Weißes Rauschen / rosa Rauschen

Weißes Rauschen ist ein Rauschen mit einem konstanten Leistungsdichtespektrum in einem bestimmten Frequenzbereich. Weißes Rauschen wird als höhenbetontes Geräusch empfunden. Weißes, in der Bandbreite beschränktes Rauschen wird häufig in den Ingenieur- und Naturwissenschaften verwendet.

Rosa Rauschen, auch als $1/f$ -Rauschen bezeichnet, ist ein Rauschen, das mit steigender Frequenz abnimmt. In der Akustik wird rosa Rauschen als ein Geräusch empfunden, bei dem ein durchschnittlicher Mensch alle Frequenzbereiche des hörbaren Schallspektrums etwa als gleich laut empfindet.

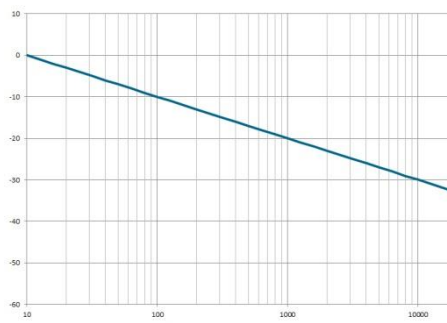
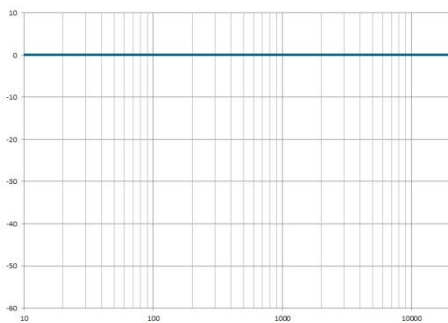


Abbildung 15: Weißes Rauschen / Rosa Rauschen

Warum sollte mein Rechenzentrum mit einer Gaslöschanlage geschützt sein?

Die Notwendigkeit einer Gaslöschanlage zum Schutz von Rechenzentren steht außer Frage: Das größte Risiko ist immer das Brandrisiko. Siemens empfiehlt die Installation einer Gaslöschanlage, um Ihr Rechenzentrum vor dem Brandrisiko zu schützen.

Werden Halbleiterfestplatten das Problem lösen?

Wenn alternative Technologien wie Halbleiterfestplatten (Solid State Drives – SSDs) heutige Technologien ersetzen, kann es sein, dass die Probleme geräuschempfindlicher Festplatten von alleine verschwinden. Aber da unsere Versuche Veränderungen in der Empfindlichkeit der getesteten Festplatten gezeigt haben, empfiehlt Siemens, den Hersteller zu kontaktieren, um die Technologie zu überprüfen oder Zusatzinformationen zu erhalten.

Werden die Festplatten bereits durch die Hintergrundgeräusche im Betrieb des Rechenzentrums beeinträchtigt?

Durch die starken Luftströmungen der Belüftung und Klimatisierung ist ein Rechenzentrum, und insbesondere das Innere der Schränke (in denen sich die Festplatten befinden), eine sehr laute Betriebsumgebung. Der Hintergrundgeräuschpegel erreicht typisch Werte von 80 bis 85 dB(A). Festplatten sind dafür ausgelegt, in einer Umgebung mit einem solchen Geräuschpegel ohne Leistungseinbußen betrieben zu werden. Ein Flutungsgeschwindigkeit von z.B. 100 dB(A) liegt um 15 bis 20 dB über diesem Hintergrundgeräusch. Dies entspricht dem 30- bis 100-fachen der Schallenergie. Somit ist das Hintergrundgeräusch nur ein untergeordneter Einflussfaktor.

Wie hängen Raumgröße und Geräuschpegel zusammen?

Der für ein bestimmtes Schutzzvolumen benötigte Massenstrom und die Schallenergie dichte vergrößern sich linear mit dem Raumvolumen. Das bedeutet, dass der Geräuschpegel unabhängig vom Schutzzvolumen ist und stattdessen vorrangig eine Funktion von Düsenakustik, Raumakustik, Flutungszeit und Massenstrom darstellt. Die Strömungsrichtung kann eine zusätzliche Optimierungshilfe sein, aber nur mit lokaler Wirkung.

Ist es besser, eine große Düse zu verwenden, als mehrere kleine einzusetzen?

Der Geräuschpegel hauptsächlich vom Massenstrom ab. Das bedeutet, dass eine Düse mit einem bestimmten Öffnungsdurchmesser den gleichen Geräuschpegel erzeugt wie zwei Düsen mit jeweils der Hälfte dieses Durchmessers.

Die Düsen in Bezug auf das Rauml原因 (Minimierung der Direktschallkomponente) optimal anordnen. Über die hydraulische Berechnung ergibt sich daraus die erforderliche Düsengröße.

Kann die Sinorix Silent Nozzle in Räumen mit Zwischenböden oder -decken eingesetzt werden?

Normalerweise sind Zwischenböden und -decken akustisch nicht vom Raum getrennt. Die kleine Ausführung der Sinorix Silent Nozzle (SDN(S)-S) besitzt ein ausschließlich horizontales Strahlbild und ist somit speziell für Zwischenböden oder -decken geeignet.

Umrüstung vorhandener Anlagen auf Sinorix Silent Nozzle

Eine Umrüstung vorhandener Anlagen mit der Silent Nozzles ist möglich, wenn die folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

1. Neuberechnung der Anlage: Wie bei jeder anderen Gaslöschanlage müssen die Düsenquerschnitte projektspezifisch berechnet und realisiert werden. Für Sinorix Silent Nozzle stehen die Koeffizienten in der VdS-Berechnungssoftware für Stickstoff, Argon und Mischgase zur Verfügung. In erster Näherung kann angenommen werden, dass der Querschnitt der Düsenöffnung beim Silent Nozzle-System dem Gesamtöffnungsquerschnitt einer Standarddüse entspricht.
2. Wo immer möglich, sollte die Flutungszeit auf 120 Sekunden verlängert werden. Dies bewirkt eine Senkung des Geräuschpegels und ermöglicht kleinere Rohrdurchmesser.
3. Eventuell müssen die Düsenpositionen an das Rauml原因 angepasst werden. Wichtig ist die Minimierung der Direktschallkomponente, das heißt den Austrittsstrahl einer Düse nie direkt auf empfindliche IT-Ausrüstungskomponenten auszurichten.

3.1 Abkürzungen

CDT	Constant Discharge Technology
dB	Dezibel
EPD	Electronic Data Processing (Elektronische Datenverarbeitung)
ECC	Error Correcting Code (Fehlerkorrekturcode)
HDD	Hard Disk Drive (Festplatte)
Hz	Hertz
KHz	Kilohertz
mbar	Millibar
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RT60	Nachhallzeit

Haftungsausschluss

Alle Aussagen, Informationen und Empfehlungen in diesem Dokument erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, aber ohne jegliche ausdrückliche oder stillschweigende Garantie. Diese Dokumente werden ausschließlich zu Informationszwecken bereitgestellt, und Siemens gewährleistet nicht, dass sie die speziellen Anforderungen eines Projekts erfüllen. Die Informationen in diesem Dokument können Spezifikationen oder allgemeine Beschreibungen technischer Möglichkeiten einzelner Produkte enthalten, die im Einzelfall (z.B. aufgrund von Produktänderungen) nicht immer vorliegen müssen. Sie selbst tragen die alleinige Verantwortung für die Entscheidung, ob die Dokumente für Ihre Zwecke geeignet sind und im Einklang mit den Anforderungen eines von Ihnen bearbeiteten Projekts stehen. Darüber hinaus gewährleistet Siemens nicht, dass die Dokumente hinsichtlich der erforderlichen Planungsschritte für ein bestimmtes Projekt vollständig sind oder dass sie kundenspezifische Lösungen darstellen. Sie dienen lediglich dazu, grundlegende Informationen für typische Anwendungen bereitzustellen. Der Benutzer verzichtet auf jegliche Rückgriffsrechte gegen Siemens, die er möglicherweise im Zusammenhang mit der Nutzung dieser Dokumente hat. Keinesfalls kann Siemens für Verluste, Schäden, Forderungen oder Kosten, unabhängig von ihrer Herkunft, einschließlich fahrlässige Handlungen oder Unterlassungen, haftbar gemacht werden, auch wenn Siemens auf die Möglichkeit solcher Schäden hingewiesen wurde. Siemens behält sich das Recht vor, jederzeit ohne vorherige Ankündigung Änderungen an diesen Dokumenten vorzunehmen.

www.siemens.com/bt/de/sinorix

Siemens Schweiz AG

Alle Rechte vorbehalten. Alle verwendeten Marken sind Eigentum von Siemens oder den jeweiligen Inhabern.

Building Technologies Division
International Headquarters
Gubelstrasse 22
6301 Zug
Schweiz

© Siemens AG 2015