



WHITE PAPER | APRIL 2022

Leise Löschung

Störungen von Festplatten durch Inertgas-Löschanlagen –
Analyse und Maßnahmen zum sicheren Betrieb von Datenspeichersystemen

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 Inertgas-Löschanlagen und die Anwendung der Sinorix Silent Nozzle in Verbindung mit zusätzlichen Maßnahmen. Die Silent Extinguishing Technologie und die zugehörigen Maßnahmen können geräuschbedingte Störungen von Festplatten und kompletten Datenspeichersystemen in Rechenzentren verhindern.

SIEMENS

Inhalt

1. Störung von Festplatten durch den Einsatz von Inertgas-Löschanlagen	3
1.1 Wodurch können Störungen von Festplatten verursacht werden?	3
1.1.1 Druck	3
1.1.2 Temperatur	5
1.1.3 Geräusch	5
1.1.4 Vibrationen/Körperschall	6
1.1.5 Fazit aus der Analyse der potenziellen Störungsvariablen	7
1.2 Lassen sich die Laborergebnisse auf reale Löschanlagen übertragen?	8
1.3 Ursachenanalyse	9
2. Silent Extinguishing – ein ganzheitliches Konzept	12
2.1 Auswahl des Löschmittels	12
2.2 Silent Nozzle SDNX	13
2.2.1 Allgemeiner Aufbau	13
2.2.2 Varianten der Sinorix Silent Nozzle SDNX	14
2.2.3 Ermittlung des Schalldruck- und Schallleistungspegels	15
2.3 Weitere Möglichkeiten zur akustischen Optimierung	19
2.4 Fazit zu betrieblichen Sicherheitsvorkehrungen	20
3. Fragen und Antworten	22
4. Quellen	25
5. Anhang	26
5.1 Abkürzungen	26
5.2 Beispiel zur Vergleichbarkeit von Schallwertberechnungen	26
6. Haftungsausschluss	28

1. Störung von Festplatten durch den Einsatz von Inertgas-Löschanlagen

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. Mit der immer weiter zunehmenden Miniaturisierung der Magnetfestplatten und den höheren Speicherdichten erhöhen sich auch die Anforderungen an die akustische Performanz von Gaslöschanlagen.

1.1 Wodurch können Störungen von Festplatten verursacht werden?

1.1.1 Druck

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

Druckentlastungskappen werden eingesetzt, um den Überdruck im Löschbereich 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 Druckentlastungskappen bei einer normalen Gebäudekonstruktion üblicherweise 1 bis 3 mbar. Wird also 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.

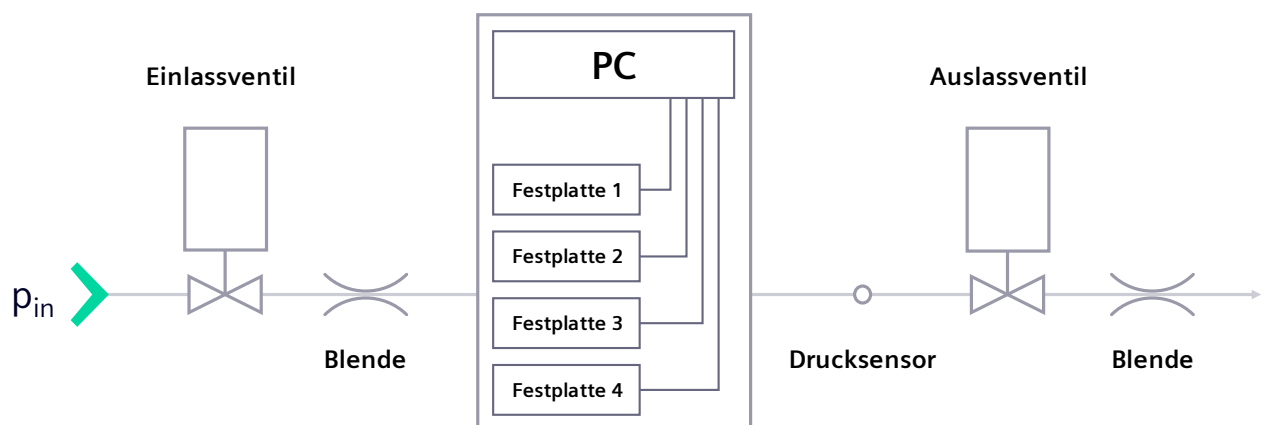


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Beurteilung der Druckempfindlichkeit von Festplatten

Siemens führte eine Reihe von Versuchen mit typischen Festplatten verschiedener Hersteller durch. Die obige Abbildung zeigt den Versuchsaufbau mit SATA-Festplatten von vier verschiedenen Herstellern. 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.¹ Während der Versuche wurde der Druck über Ventile und flussbestimmende Blenden erhöht und durch Druckfühler überwacht – einen für Absolutdruck und einen dynamischen für Differenzdruck.

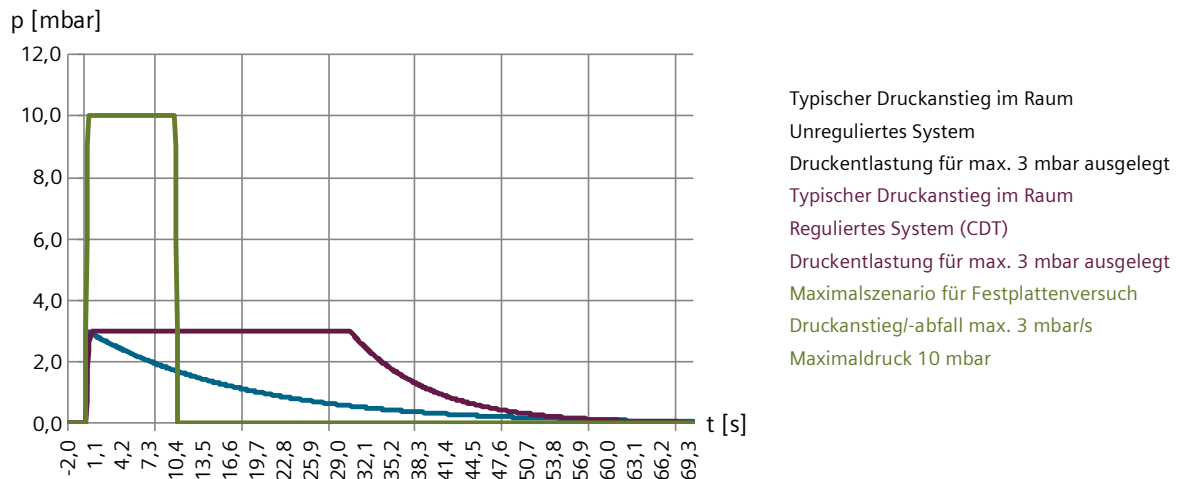


Abbildung 2: Druckanstieg bei der Beurteilung der Druckempfindlichkeit von Festplatten

Nachdem die Festplatten keine besondere Empfindlichkeit gegenüber dem 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 Druckgradient 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. Der Test ergab, dass bei typischen Löschanlagen mit Druckentlastungskappen keine druckbedingten negativen Auswirkungen auf Festplatten auftreten.

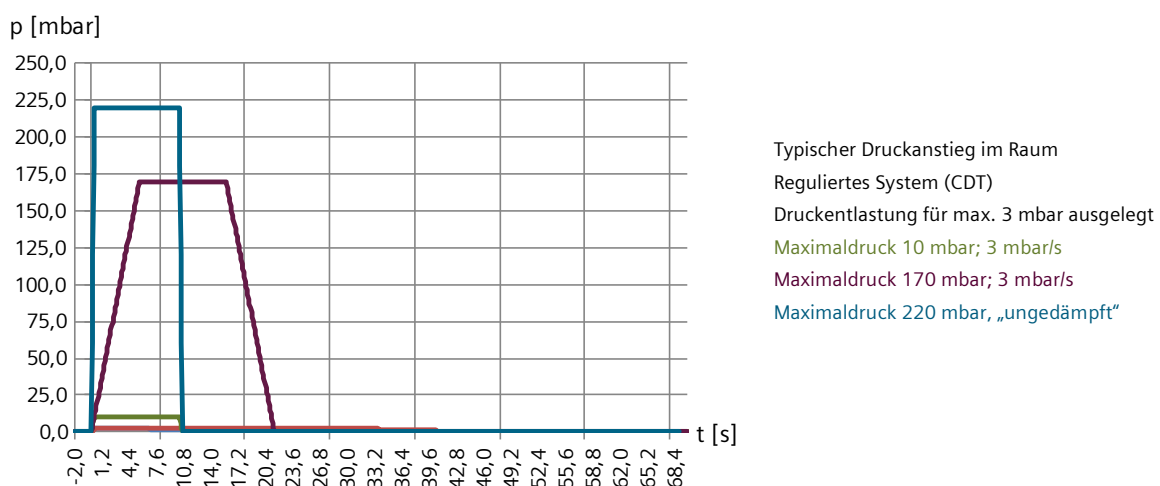


Abbildung 3: Druckanstieg beim Extremtest und den höchsten vereinbarten Bemessungswerten

¹ „Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology“ (S.M.A.R.T.) ist eine Standardschnittstelle in Festplatten zur Selbstüberwachung, Analyse und Statusmeldung.

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.

Gemäß Normen und Vorschriften müssen Alarmgeräte für Gaslöschanlagen einen Geräuschpegel zwischen 90 und 120 dB erzeugen. Elektrische Alarmtongebener befinden sich typischerweise am unteren Ende dieses Spektrums und pneumatische Alarmtongebener am oberen Ende. Während der Auslösung einer Inertgas-Löschanlage, wenn das Löschmittel durch die Düse in den Schutzbereich strömt, werden hohe Geräuschpegel erzeugt, welche 120 dB überschreiten können.

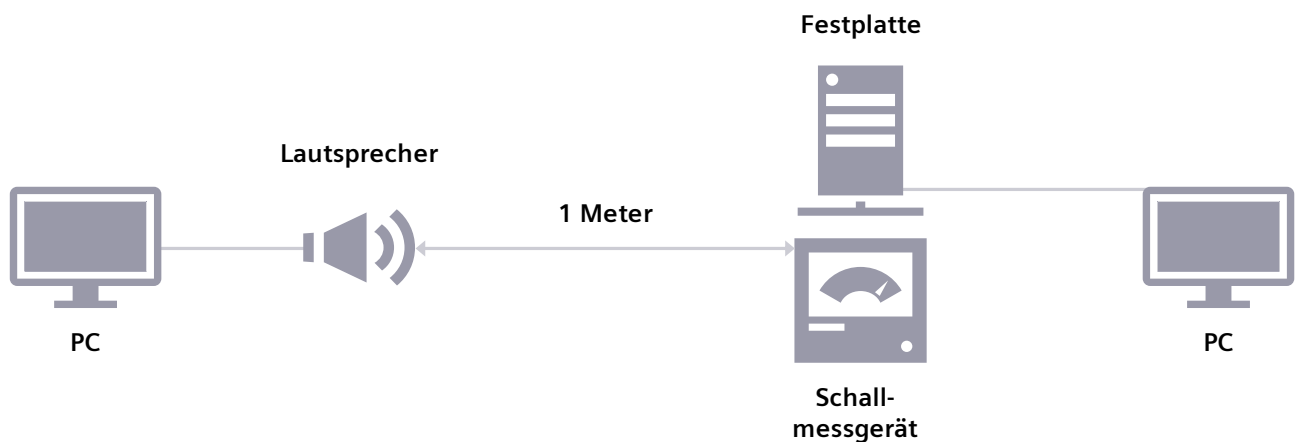


Abbildung 4: Versuchsaufbau zur Beurteilung der Geräuschempfindlichkeit von Festplatten

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.

Der Vorteil bei der Verwendung des Signalgenerators anstelle einer Inertgas-Löschanlage lag in der guten Reproduzierbarkeit der Versuchsbedingungen. Durch Inertgas-Löschanlagen erzeugte Geräusche weisen die Charakteristik von „weißem Rauschen“ auf. Um jedoch Lautsprecherschäden 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.

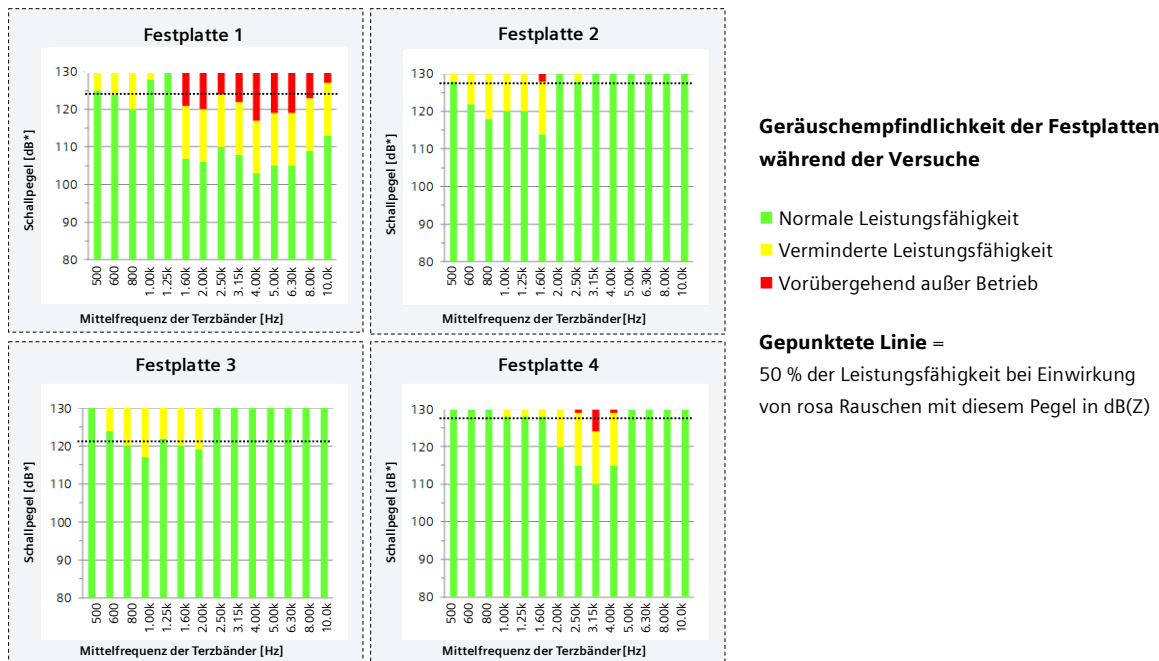


Abbildung 5: Geräuschempfindlichkeit von vier Festplatten zur Nearline-Speicherung

*) 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 durchgeführt wurden, bestätigten die 2009 ermittelte Empfindlichkeit. Weitere Versuche, die im Jahr 2020 und 2021 an aktuellen NAS-Festplatten durchgeführt wurden, bestätigten die 2009 und 2014 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 Plattenspindel 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 nicht umfassend untersucht.

1.1.5 Fazit aus der Analyse der potenziellen Störungsvariablen

Es kann mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die Störungen, die in Speichersystemen als Folge des Einsatzes von Inertgas-Löschanlagen 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.

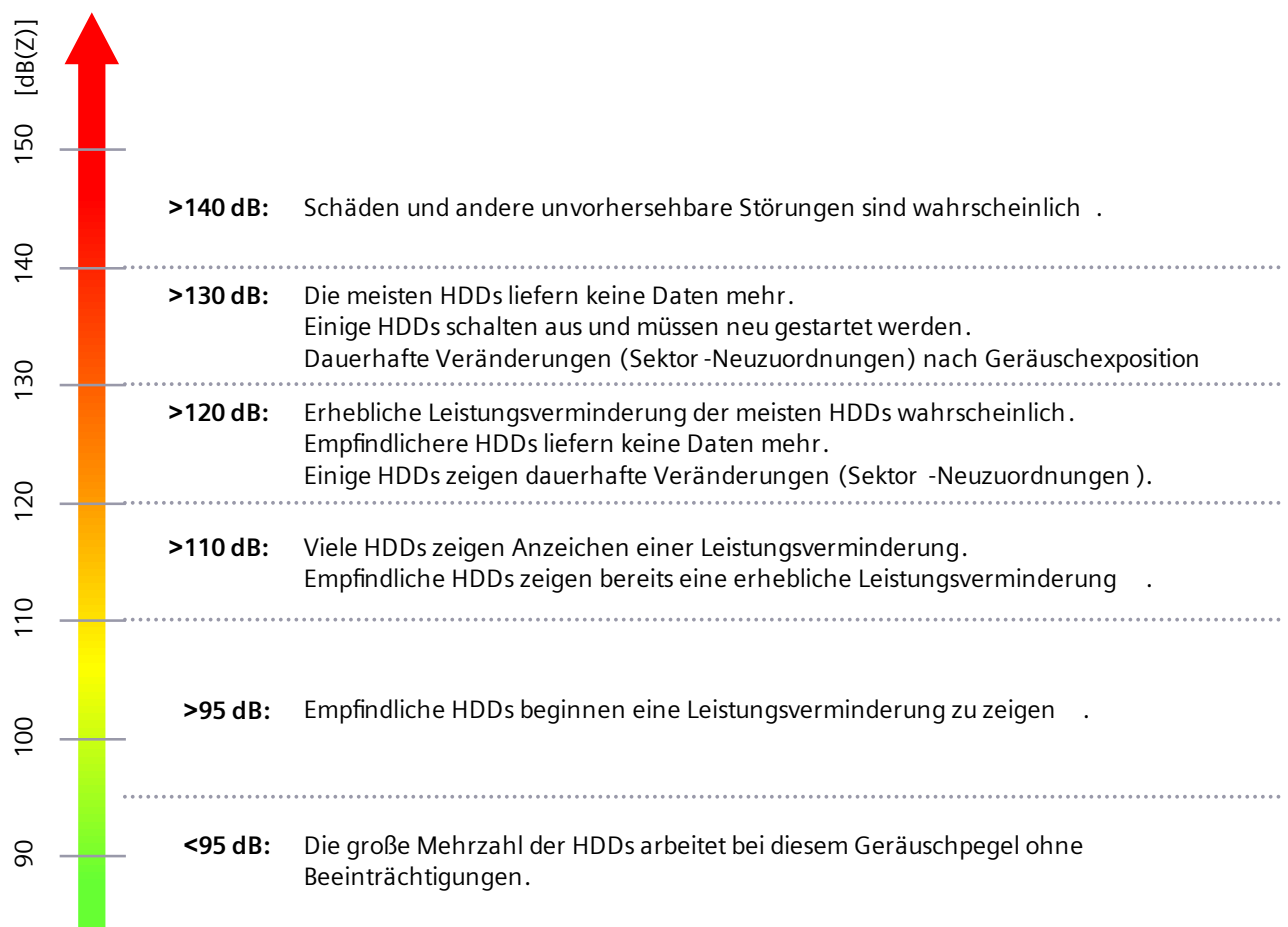


Abbildung 6: Empirisch ermitteltes Empfindlichkeitsprofil von Festplatten (Zusammenfassung)

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 Leistungsver schlechterungen 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**

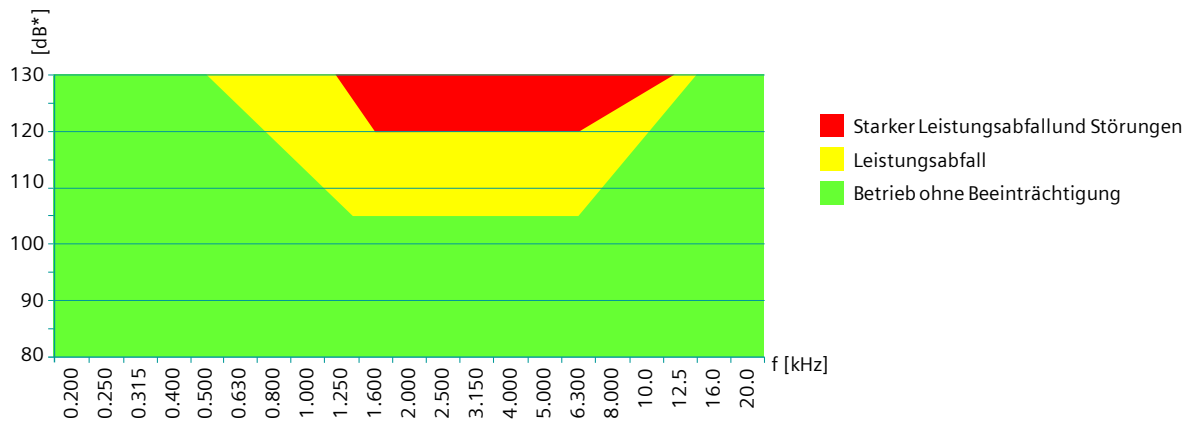


Abbildung 7: Empirisch ermitteltes frequenzspezifisches Empfindlichkeitsprofil von Festplatten

*) LZFmax pro Terzband

1.2 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.

Versuchsreihen wurde mit den folgenden Löschanlagen von Siemens durchgeführt:

Sinorix N₂, unreguliertes System mit Stickstoff bei 300 bar Behälterdruck

Sinorix CDT, reguliertes System mit Stickstoff, Argon, IG-541 und IG-55 bei 300 bar Behälterdruck, CDT-Technologie

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

1.3 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 Inertgas-Löschanlage und die Robustheit gegenüber eines bestimmten Schallleistungspegels 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 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)

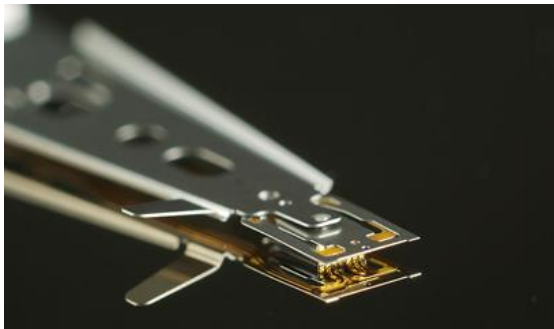
Physischer Schaden an einer Einzelkomponente (kann durch Redundanzmechanismen ausgeglichen werden)
 Systematischer physischer Schaden an mehreren Komponenten, führt zum kompletten Systemausfall und Datenverlust

Zu hohe Geräuschpegel (>140 dB), wie sie vom direkten Auslassstrahl einer Standarddüse erzeugt werden, können auf alle mikromechanischen Systeme wie z. B. Festplatten potenziell zerstörerisch wirken.

Aktuelle Festplatten für den Einsatz in professionellen Speichersystemen (Stand 2021) sind laut den Herstellern für stärkere Vibrationen ausgelegt als gängige Desktop-Platten und besitzen teilweise Sensoren, um die auftretenden Vibrationen zu messen und aktiv zu kompensieren. Durch das sog. Time-Limited Error Recovery (TLER), Command Completion Time Limit (CCTL) oder Error Recovery Control (ERC) in der Firmware dieser NAS-Festplatten wird bei einer Zeitüberschreitung im Zuge eines Lesefehlers automatisch durch den Controller auf eine weitere NAS-Festplatte im RAID-Verbund gewechselt.

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



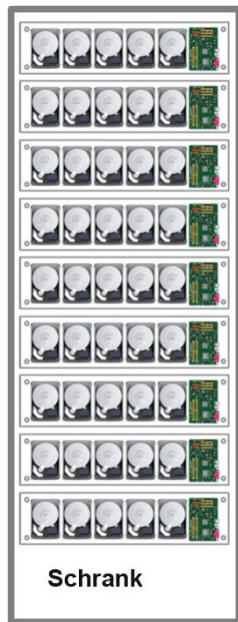
Störung:

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.

Abbildung 8: Geräuschempfindlichkeit von der einzelnen Festplatte bis hin zum Rechenzentrum

2. Silent Extinguishing – ein ganzheitliches Konzept

Nach der Schlussfolgerung, dass hohe Geräuschpegel Festplatten beeinträchtigen können, begann Siemens bereits im Jahr 2009 mit der Entwicklung einer geräuschoptimierten „Silent Extinguishing“-Löschtechnologie. Das Ziel der Entwicklung war die Erarbeitung von Konzepten, die eine gleiche Löschleistung 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
	++	Ungefährlich für Personen (je nach Anlagenauslegung)		
Argon	++	Rückstandsfreie Löschung; keine Schäden an IT-Ausrüstung, Gebäuden und Einrichtungen		Mäßige Geräuschemission bei Einsatz von geräuscharmen Düsen und zusätzlichen Maßnahmen, wie CDT-Technologie oder verbesserte Raumakustik
IG-541, IG-55	++	Keine Störung von Festplatten und Speichersystemen beim Einsatz von Silent Extinguishing		
CO ₂	+ --	Umweltfreundlich Gefährlich für Personen	Nicht üblich	Unbekannt
HFC-227ea	- 0 ++	Einsatz unter Beachtung von Umweltvorschriften, in einigen Ländern bereits verboten Geringe Gefährdung von Personen Keine Beschädigung der elektrischen und elektronischen Ausrüstung und der Gebäudeeinrichtungen	Kleine bis mittlere Rechenzentren	Hohe Geräuschemission, keine geräuscharmen Lösungen verfügbar
FK-5-1-12	+	Umweltfreundlichstes chemisches Löschmittel	Kleine bis mittlere Rechenzentren	Mäßige Geräuschemission bei Einsatz von Standarddüsen
	++	Höchster Sicherheitsfaktor für Personen Keine Beschädigung der elektrischen und elektronischen Ausrüstung und der Gebäudeeinrichtungen		Geringe Geräuschemission bei Einsatz von geräuscharmen Düsen
Wassernebel	++ ++ -- --	Sehr umweltfreundlich Ungefährlich für Personen Beschädigung der elektrischen und elektronischen Ausrüstung und der Gebäudeeinrichtungen möglich Elektrische Gefährdung	Gebäudeschutz	Geringe Geräuschemission

2.2 Silent Nozzle SDNX

2.2.1 Allgemeiner Aufbau

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.

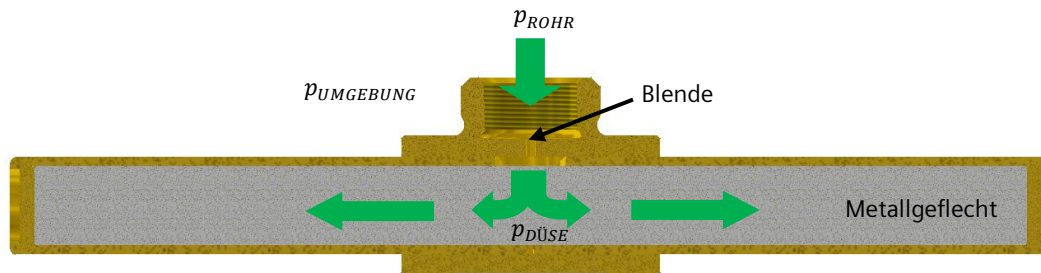


Abbildung 9: Grundsätzlicher Aufbau der Sinorix Silent Nozzle SDNX

Das Funktionsprinzip der Sinorix Silent Nozzle SDNX basiert auf einer zweistufigen Ausdehnung des Gasstroms. Die Blende am Düsenanlass 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. Zwischen erster und zweiter Ausdehnung durchströmt das Löschmittel ein integriertes Metallgeflecht, welches die gleichmäßige Entspannung des Löschmittels weiter unterstützt.

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, für Magnetfestplatten unkritischerer Frequenzen verschoben.

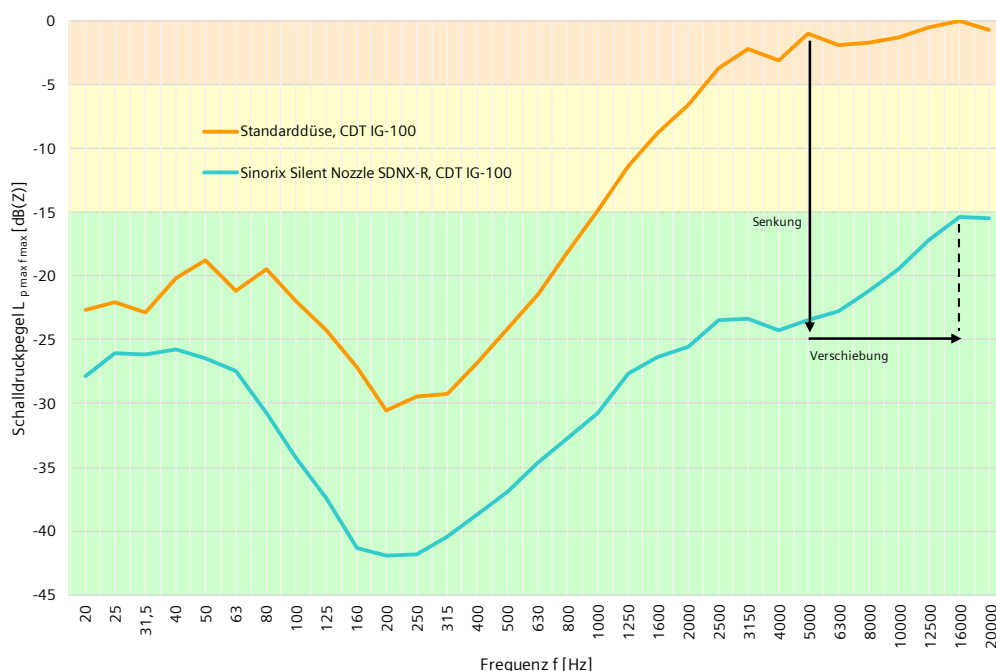


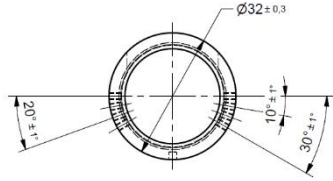
Abbildung 10: Spektralverhalten von Sinorix Silent Nozzle SDNX im Vergleich zu einer Standarddüse, Maximum auf 0 dB normalisiert

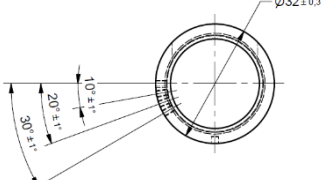
Zusätzlich zu den geräuschkindernden Eigenschaften der Silent Nozzle muss auch eine gute Durchmischung des Löschgases mit der Raumatmosphäre genannt werden. Das gefächerte und aus vielen kleinen Teilstrahlen bestehende Strahlmuster bewirkt zudem eine drastische Verminderung der Direktschallkomponente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

Bei der Planung und Auslegung einer Inertgas-Löschanlage sind stets zahlreiche Parameter zu berücksichtigen. Durch die guten Ausströmeigenschaften erfordert die Silent Nozzle keine besondere Berücksichtigung in der hydraulischen Auslegung der Inertgas-Löschanlage. Sie eignet sich ideal für den Einsatz mit Sinorix CDT Löschanlagen – mit Stickstoff, Argon, IG-541 und IG-55. Diese Löschmittel sind umweltfreundlich, bieten herausragende Löscheigenschaften für elektrische Risiken und hinterlassen beim Einsatz keine Rückstände.

2.2.2 Varianten der Sinorix Silent Nozzle SDNX

Die Silent Nozzle SDNX ist in zwei Varianten erhältlich.

SDNX-R Düse	Vorteile	
	Montage im Raum und Doppelboden/ Zwischendecke Blende: 3-20 mm Länge: 342 mm Betriebsdruck: bis 100 bar Verwendbar in den Systemen NXN CDT, NXN unreguliert, CDT-V, CDT-R mit N2, Ar, IG-541, IG-55 Material: Messing Anschlussgewinde: G 1" (SW41) Gewicht: 2,5 kg Betriebstemperatur: -20 °C bis +50 °C	
SAP#		
S54476-B280-C3		

SDNX-W Düse	Vorteile	
	Montage in Wand- oder Hindernisnähe Blende: 3-14.8 mm Länge 342mm Betriebsdruck: bis 100 bar Verwendbar in den Systemen NXN CDT, NXN unreguliert, CDT-V, CDT-R mit N2, Ar, IG-541, IG-55 Material: Messing Anschlussgewinde: G 1" (SW41) Gewicht: 2,5 kg Betriebstemperatur: -20 °C bis +50 °C	
SAP#		

S54476-B280-C6

2.2.3 Ermittlung des Schalldruck- und Schallleistungspegels

Die auf dem Markt verfügbaren Testberichte zur Ermittlung des Schalldrucks und der Schallleistung von Löschdüsen bei Gaslöschanlagen sind gekennzeichnet durch enorme Unterschiede in den angewandten Messverfahren. Darunter leidet die Vergleichbarkeit hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der einzelnen Produkte. Folgende Punkte sind bei der Betrachtung von Messergebnissen und Grafiken zum Schallpegel genauer zu beachten:

- Wird der Schallleistungspegel oder der Schalldruckpegel angegeben?
- Welches Frequenzspektrum wird abgebildet? Die Messungen, die von Siemens gemeinsam mit einem spezialisierten externen Prüfinstitut durchgeführt wurden, zeigen eine Dominanz der hohen Frequenzen während einer Inertgas-Flutung. Häufig werden in Grafiken nur die Frequenzen bis 10 kHz oder gar 5 kHz angegeben, um hohe Schallpegel einer Düse bei hohen Frequenzen auszublenken.
- Welche Frequenzbewertung wird angewendet, dB(Z) oder dB(A)? Häufig wird lediglich von dB gesprochen. dB(A)-Werte schwächen tiefe und hohe Frequenzen ab. dB(A)-Angaben bei Löschdüsen liefern demnach häufig vermeintlich bessere Werte als eine dB(Z)-Bewertung.
- Wurde die Messung in einem Raum oder im Freien durchgeführt?
- Wie gross ist der Abstand des Mikrofons zur Geräuschquelle? Ohne diese Angabe ist der Schalldruckpegel nicht aussagekräftig.
- Welche Düsenbohrung wird bei der Messung eingesetzt? In der Regel ist eine Angabe des Schalldruckpegels in Abhängigkeit der Zeit oder nur auf Basis des Düsendrucks oder der Düsenbohrung nicht aussagekräftig. Der entscheidende Wert ist der Massenstrom durch die Düse (z. B. in kg/s).
- Welches Löschmittel wird eingesetzt?

Eine seriöse und reproduzierbare Möglichkeit der Ermittlung der Schallleistungspegel oder des Schalldruckpegels bieten gängige Normen an. Dazu zählen unter anderem:

- DIN EN ISO 3743-1:2011-01: Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern
- DIN EN ISO 3744:2011-02: Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene
- DIN EN ISO 3746:2011-03: Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene
- DIN EN ISO 5135:2020-12: Akustik – Bestimmung des Schallleistungspegels von Geräuschen von Luftdurchlässen, Volumendurchflussreglern, Drossel- und Absperrelementen durch Messungen im Hallraum
- VDMA 24423:1993-04: Armaturen; Geräuschmessung an Ventilen; Fluidschallmessung für kompressible und inkompressible Medien

Die Messungen des Schallpegels der Sinorix Silent Nozzle SDNX wurden in Zusammenarbeit mit einem externen Prüfinstitut durchgeführt. Auf Basis der Anforderungen und angesichts der Möglichkeiten in Bezug auf die akustische Umgebung wurde eine Messung nach ISO 3746 als übliches Verfahren identifiziert. Die Versuchsreihe wurde im Freifeld mit Durchmesser >50 m durchgeführt. Die Löschmittelbehälter befanden sich im Abstand >30 m entfernt von der Löschdüse. Die eigentliche Schallmessung erfolgte auf einer hemisphärischen Oberfläche mit den Mikrofonen im Radius 1 m um die Löschdüse.

Die Signale wurden mit einer Rate 51200 Samples/s abgetastet und im Frequenzbereich 20 Hz bis 20 kHz gemessen. Vor und nach der kompletten Messreihe wurden die Mikrofone kalibriert. Für jedes Mikrofon wurde während des Flutungsvorgangs der Schalldruckpegel (Terzband) als Funktion der Zeit analysiert. Der Mittelwert der zeitlich gemittelten Schalldruckpegel über alle Mikrofonpositionen wurde nach ISO 3746 berechnet:

$$\bar{L}_p = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pi}} \right]$$

mit $N = \text{Positionen der Mikrofone}$

Gelegentliche Hintergrundgeräusche durch Verkehr oder Flugzeuge waren gering und vernachlässigbar im Vergleich zu dem Geräusch der Düse. In einigen Terzspektren waren Geräusche aufgrund von Autos bei niedrigen Frequenzen sichtbar. Dies hat keinen Einfluss auf den dominanten Schalldruck bei hohen Frequenzen. Im Freifeld waren keine reflektierenden Oberflächen vorhanden, so dass keine Umgebungskorrekturen anwendbar sind.

Die Angabe von $\bar{L}_p$ in Abhängigkeit der Frequenz und Flutzeit ist individuell abhängig von den Düsenparametern. Nachfolgende Grafik zeigt beispielhaft $\bar{L}_p$ bei einer Flutung mit SDNX-R (Bohrung 9 mm) und Löschmittel IG-100 im für Festplatten kritischen Frequenzbereich von 500 Hz bis 12,5 kHz. Als Vergleich dazu zeigt die zweite Grafik beispielhaft $\bar{L}_p$ bei einer Flutung mit einer Standarddüse Typ 2002 (Bohrung 4x4.5 mm) und Löschmittel IG-100 im für Festplatten kritischen Bereich von 500 Hz bis 12.5 kHz.

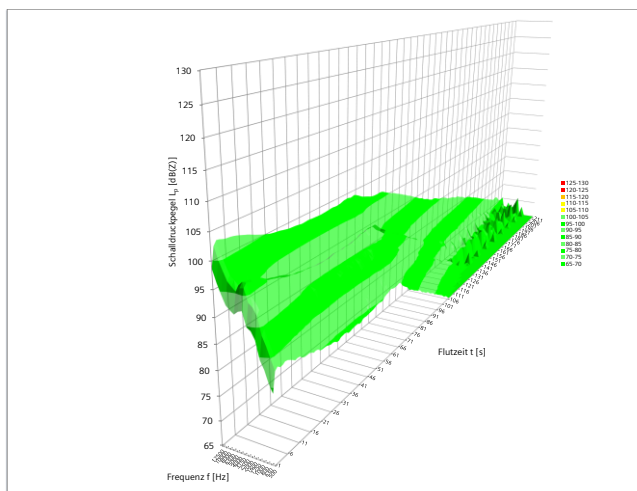


Abbildung 11: Schalldruckpegel $\bar{L}_p$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

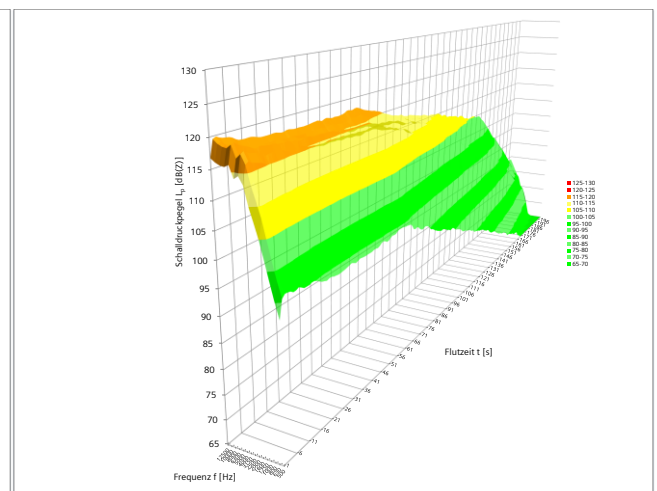


Abbildung 12: Schalldruckpegel $\bar{L}_p$ von Standarddüse mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

Ein sinnvoll einsetzbarer Wert zur Angabe des Schalldruckpegels während einer Flutung stellt die Angabe des Schalldruckpegels in Abhängigkeit des Massenstroms des Löschmittels dar, da dieser die beiden Faktoren Düsendruck und Blendenbohrung berücksichtigen kann. Der Massenstrom einer spezifischen Löschanlage kann der hydraulischen Berechnungssoftware des Rohrnetzes entnommen werden. Die nachfolgenden Grafiken zeigen diesen Zusammenhang des Löschmittelflusses in kg/s der vier einsetzbaren Inertgase IG-01, IG-100, IG-541, IG-55 jeweils mit der Silent Nozzle SDNX-R und SDNX-W. Die Schalldruckpegel $\bar{L}_p$ nach ISO 3746 wurden in umfangreichen Testreihen mit einem spezialisierten externen Prüflabor unter den zuvor genannten Bedingungen ermittelt (siehe blaue Messpunkte in den folgenden Grafiken). Die gemessenen Werte gelten immer für eine Löschdüse.

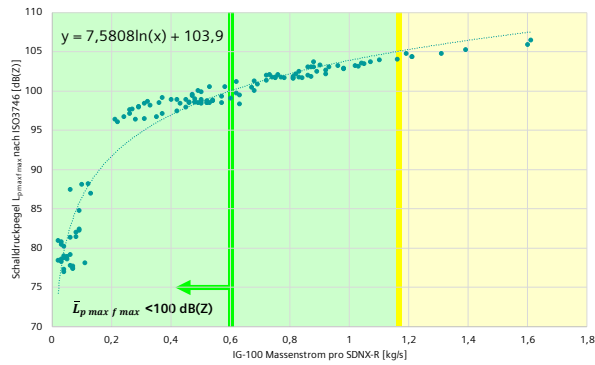


Abbildung 13: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

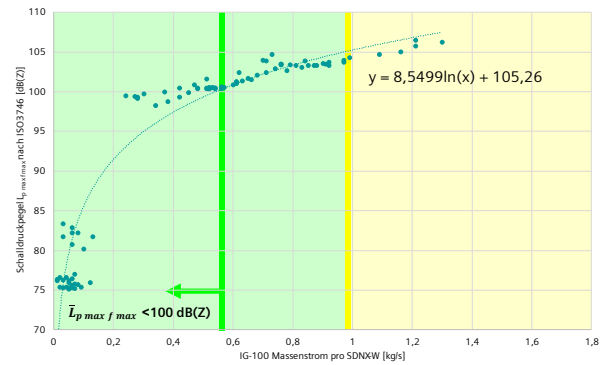


Abbildung 14: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-W mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

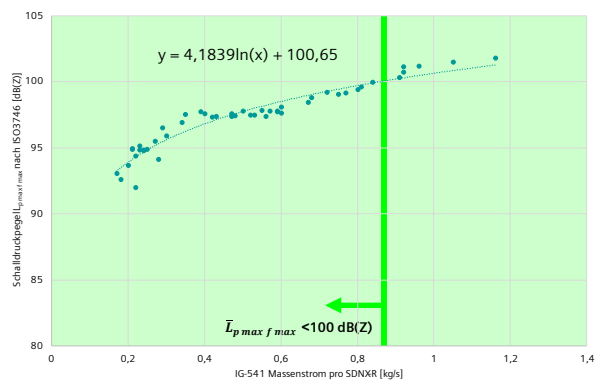


Abbildung 15: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-R mit IG-541 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

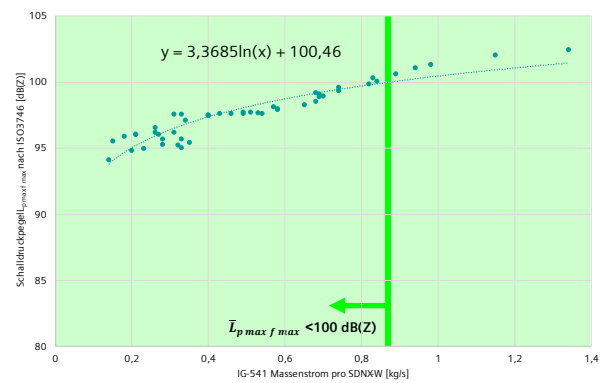


Abbildung 16: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-W mit IG-541 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

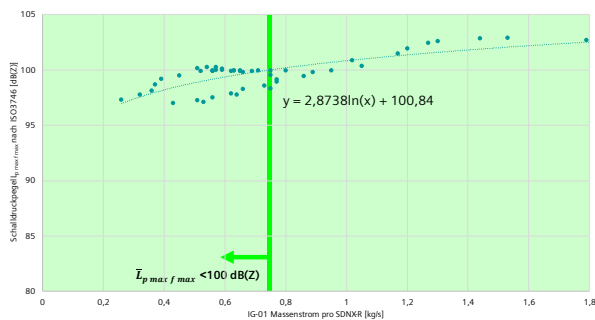


Abbildung 17: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-R mit IG-01 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

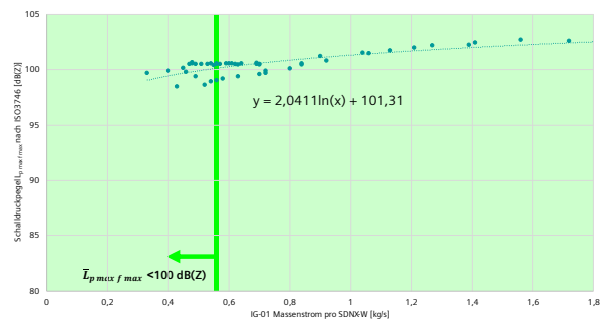


Abbildung 18: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-W mit IG-01 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

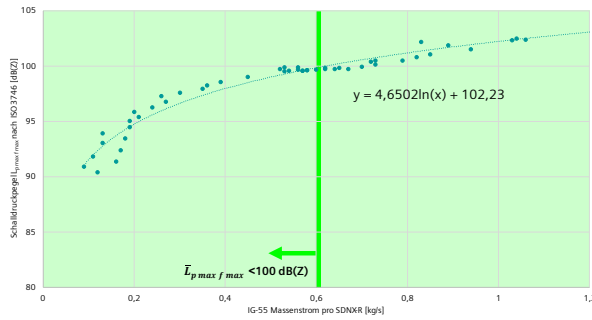


Abbildung 19: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-R mit IG-55 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

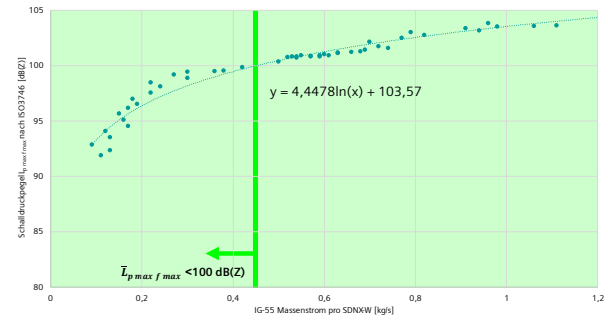


Abbildung 20: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-W mit IG-55 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

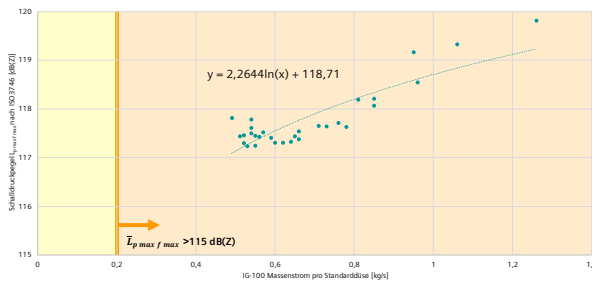


Abbildung 21: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von Standarddüse mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

Die Messungen nach ISO3746 erfolgten an einer halbkugelförmigen Messfläche mit Radius 1 m um die Silent Nozzle. Für eine Kugelwelle gilt, dass bei einer Verdoppelung des Abstandes von der Quelle der Schalldruckpegel um -6 dB abnimmt. Die Schallleistung nimmt nicht ab. Der Schallleistungspegel kann aus den Messdaten ebenfalls berechnet werden, indem die Wirkung der Messfläche S (Hemisphäre mit 1 m Radius) zum Schalldruckpegel addiert wird.

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \log \frac{S}{s_0}$$

mit $s = 2 * \pi * 1m^2$ und $s_0 = 1m^2 \rightarrow 10 \log \frac{S}{s_0} = 8 \text{ dB}$

Daraus wiederum kann der Z-bewertete Schallleistungspegel (energetische Summe) im Terzband der Silent Nozzle SDNX berechnet werden.

$$\hat{L}_{W, total} = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{0,1 L_{Wi}} \right]$$

Hier wird nun deutlich, dass bei der Betrachtung von Schallwerten von Löschdüsen genau zu beachten ist, auf welcher Berechnungsgrundlage der Schallpegel oder die Schallleistung angegeben werden. Im Anhang ist beispielhaft ein derartiger Vergleich abgebildet. Bei Projektausschreibungen mit Vorgabe von zu erzielenden Schallpegeln ist genau zu definieren, wie die Berechnung zu erfolgen hat.

2.3 Weitere Möglichkeiten zur akustischen Optimierung

Der Geräuschpegel an einem gegebenen Punkt im Raum setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: 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 während der Nachhallzeit zunehmend gedämpft wird.

Vermeidung von Direktschall

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.

Verbesserung der Raumakustik

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. Um solche zusätzlichen Verbesserungen zu erreichen, können schallabsorbierende Akustikelemente im Rechenzentrum eingebaut werden.

2.4 Fazit zu betrieblichen Sicherheitsvorkehrungen

Data center integrated design and management

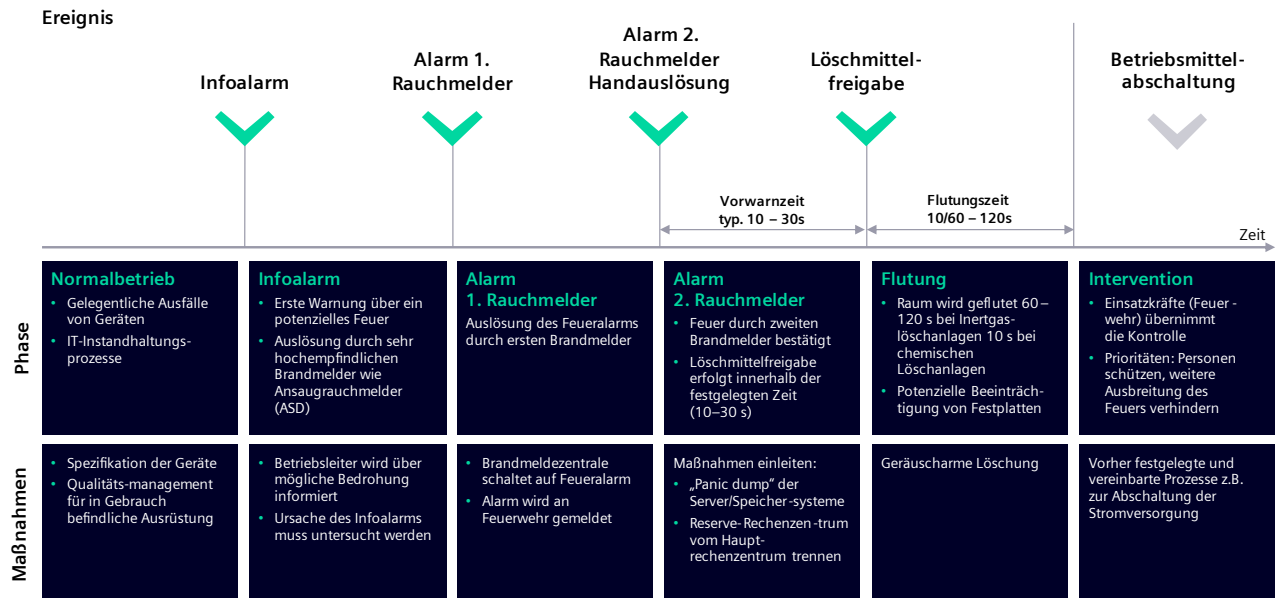


Abbildung 22: Maßnahmen zur Begrenzung der „Stressverschärfung“ im Brandfall

a) Planungsmaßnahmen

Umsetzung der Maßnahmen zur geräuscharmen Löschung durch Verwendung von geeigneten Löschmitteln, CDT-Systemen (bei Inertgas-Löschanlagen), Silent Nozzles, verlängerter Flutungszeit von 120 Sekunden (bei Inertgas-Löschanlagen) und optimale Düsen- und Sirenenanordnung. Bei Bedarf weitere bauliche schallabsorbierende Maßnahmen.

b) Betriebsmanagement

Ein „Data Center Integrated Management System“, welches alle entscheidungsrelevanten Informationen, Alarmer und Maßnahmenpläne 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 Vorfalls. 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 betriebskritischer Abläufe und Entscheidungen sollen vorab in verbindlichen Prozessbeschreibungen geregelt und im „Data Center Integrated Management System“ hinterlegt werden.

3. Fragen und Antworten

Welche Bewertungskurven können angewendet werden?

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

- 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 1 kHz bis 6 kHz stärker gewichtet.
- Ein Frequenzgang-Diagramm gemäß der Festlegung in den Normen für Schallpegelmesser (IEC 60651, IEC 60804, IEC 61672, ANSI S1.4) ist unten dargestellt. 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(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.

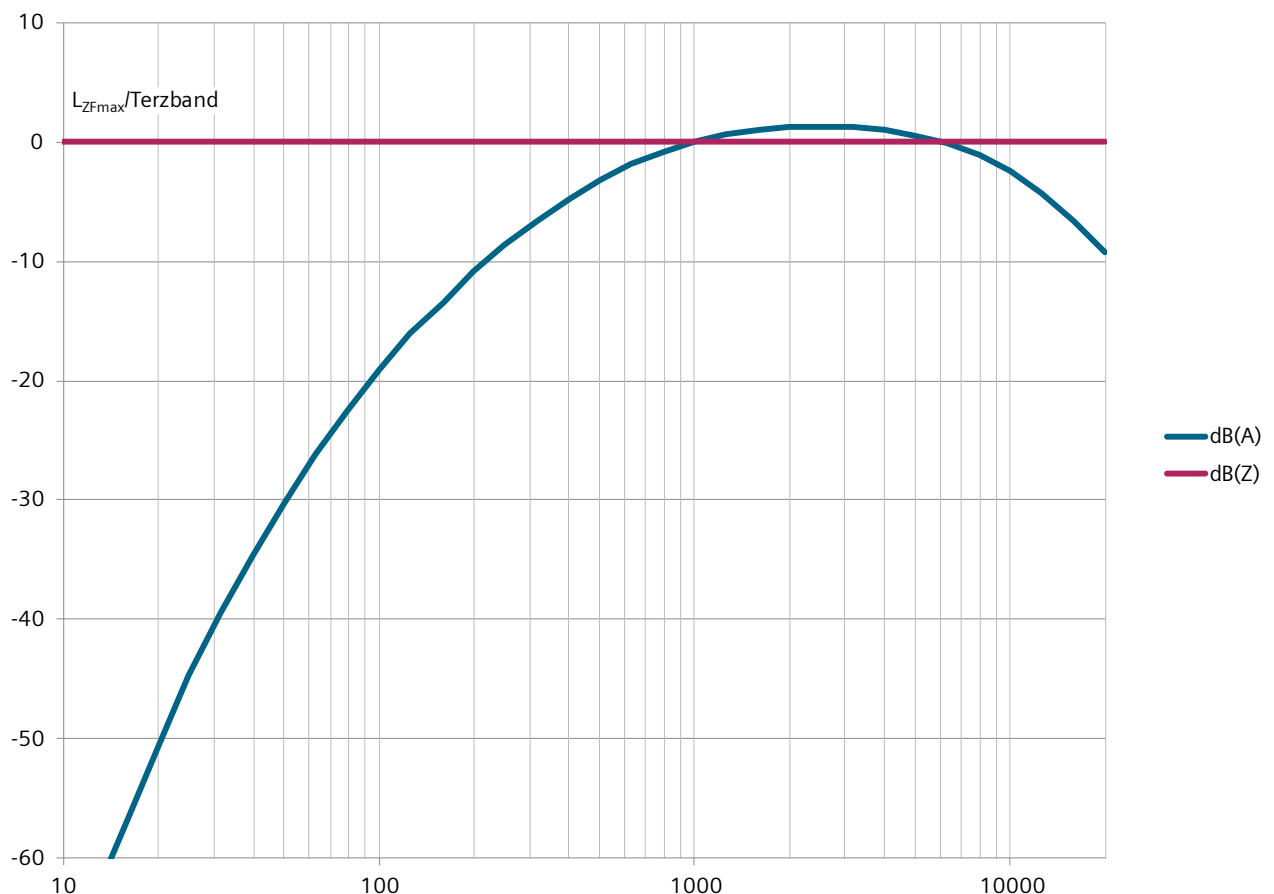


Abbildung 23: Bewertungskurven dB(A, Z)

Worin unterscheiden sich weißes Rauschen und 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.

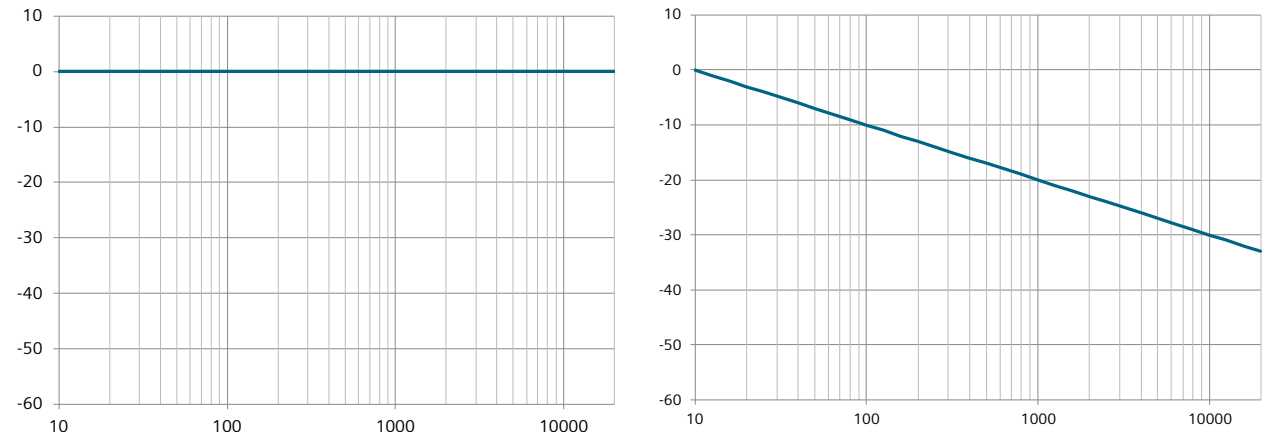


Abbildung 24: Weißes Rauschen/Rosa Rauschen

Werden Halbleiterfestplatten (SSD) das Problem lösen?

Ja, SSD-Festplatten können das Problem lösen. Auch wenn jedoch diese alternativen Technologien konventionelle Magnetfestplatten mehr und mehr ersetzen, zeigt sich dennoch, dass in Rechenzentren weiterhin Magnetfestplatten ihre Daseinsberechtigung aufgrund der niedrigeren Kosten der höheren Speicherkapazität haben. Die von Siemens durchgeführten Versuche zeigen, dass sich die Empfindlichkeit, der über die vergangenen Jahre getesteten Festplatten verändert, so dass Siemens empfiehlt, 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 Flutungsgeräusch 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 Schutzvolumen benötigte Massenstrom und die Schallenergiedichte vergrößern sich linear mit dem Raumvolumen. Das bedeutet, dass der Geräuschpegel unabhängig vom Schutzvolumen 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.

Wie kann eine Gesamtbetrachtung eines Raumes erfolgen?

Jeder Raum und jedes Rechenzentrum weisen unterschiedliche akustische Eigenschaften auf, gegeben durch Raumarchitektur, verwendete Materialien und Einbauten. Siemens empfiehlt, den Gesamtschalldruckpegel, der an einem gegebenen Punkt im Raum während einer Gasflutung entsteht, situativ mit einer geeigneten

Akustiksoftware zu betrachten und zu berechnen. Damit können Nachhallzeiten korrekt berechnet und bei Bedarf weitere schallabsorbierende Maßnahmen definiert werden.

Kann eine Umrüstung vorhandener Anlagen auf Sinorix Silent Nozzle erfolgen?

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.

4. Quellen

- [1] Graf, Dr. H. R.: Silent Gas Nozzles – Acoustic Test, Test Report 02-01606, internes Dokument Siemens/Prose AG, 2021
- [2] Windeck, C.: RAID-Riesen – Multi-Terabyte-Festplatten zuverlässig im (NAS-)RAID betreiben, c`t, 6/2021, S.112ff.
- [3] Siemens Corporate Technology, interne Testberichte, 2009
- [4] Siemens Schweiz AG, interne Testberichte, 2009/2014/2019/2020/2021
- [5] DIN EN ISO 3746:2011-03: Akustik - Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene
- [6] VdS 2380:2019-03: Feuerlöschanlagen mit nichtverflüssigten Inertgasen
- [7] EN12094-12:2003-07: Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Bauteile für Löschanlagen mit gasförmigen Löschmitteln – Teil 12: Anforderungen und Prüfverfahren für pneumatische Alarmgeräte
- [8] VdS 3179:2014-10: Raumschutzdüsen – Anforderungen und Prüfmethoden
- [9] Mantel, M: 2020: Erstmals mehr SSDs als HDDs ausgeliefert – HDDs knacken 1 Zettabyte,
https://www.heise.de/news/2020-Erstmals-mehr-SSDs-als-HDDs-ausgeliefert-HDDs-knacken-1-Zettabyte-5055631.html?wt_mc=rss.red.ho.ho.rdf.beitrag.beitrag, 02.07.2021
- [10] Siemens Datenblatt Silent Nozzle SDNX A6V12282559, 2021

5. Anhang

5.1 Abkürzungen

CDT	Constant Discharge Technology
dB	Dezibel
EDP	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
SSD	Solid State Disk

5.2 Beispiel zur Vergleichbarkeit von Schallwertberechnungen

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Berechnungen von $\bar{L}_{p \max f \max}$, L_W und $\hat{L}_{W, total}$ auf Basis eines Versuchs und verdeutlichen nochmals die „Problematik“ der Angabe und Vergleichbarkeit von Schallpegeln. Der Versuch bestand in der Flutung im Freifeld mit Stickstoff bei Einsatz der Silent Nozzle SDNX-R. Die Grafiken zeigen, dass je nach angegebenem Schallwert, Frequenzband und Messabstand auf den ersten Blick unterschiedliche Schallwerte erreicht werden. Wenn beispielsweise der Schalldruckpegel bis 5 kHz in 2 m Abstand angegeben wird, erreicht man bei einem gängigen Massenstrom von 0,5 kg/s pro Düse einen Wert von „85,9 dB“. Bei der Angabe des Schallleistungspegels (energetische Summe) bis 12,5 kHz bei 0,5 kg/s pro Düse kommt man auf Basis derselben Messung auf „112,0 dB“.

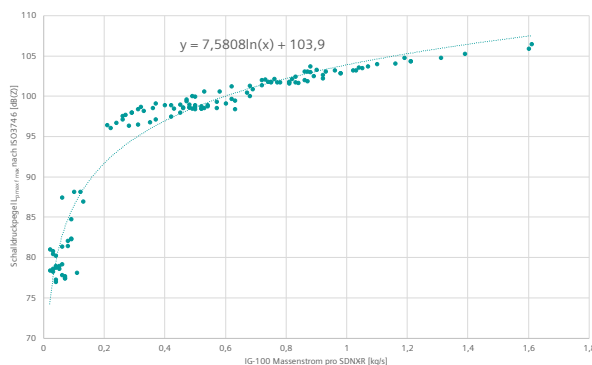


Abbildung 25: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 1 m

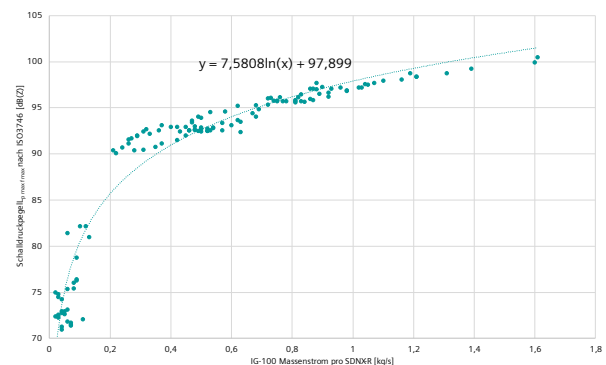


Abbildung 26: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p \max f \max}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz im Abstand 2 m

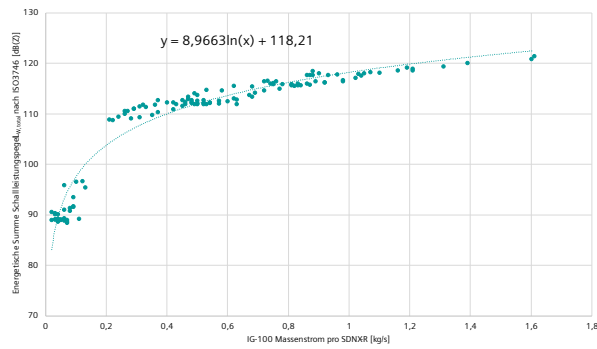


Abbildung 27: Schallleistungspegel $\hat{L}_{W, total}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz

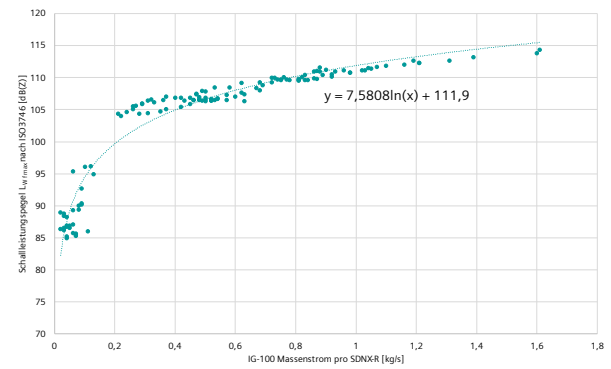


Abbildung 28: Schallleistungspegel $L_{W, f max}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 12,5 kHz

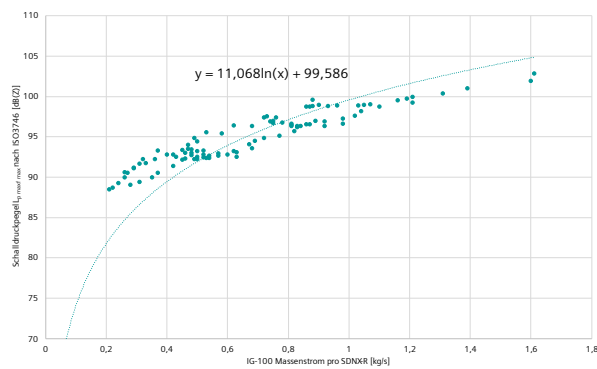


Abbildung 29: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p, max f max}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 5 kHz im Abstand 1 m

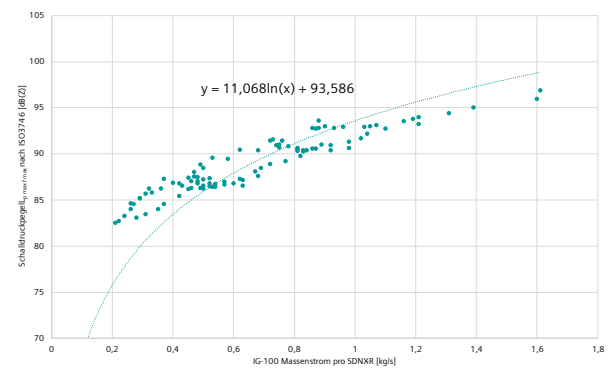


Abbildung 30: Schalldruckpegel $\bar{L}_{p, max f max}$ von SDNX-R mit IG-100 nach ISO3746 für Frequenzbereich 500 Hz bis 5 kHz im Abstand 2 m

6. 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 fahrlässiger 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.

Published by
Siemens Switzerland Ltd

Smart Infrastructure
Global Headquarters
Theilerstrasse 1a
6300 Zug
Switzerland
Tel +41 58 724 24 24

Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

© Siemens 2022

Smart Infrastructure intelligently connects energy systems, buildings and industries to adapt and evolve the way we live and work. We work together with customers and partners to create an ecosystem that intuitively responds to the needs of people and helps customers to better use resources. It helps our customers to thrive, communities to progress and supports sustainable development.

[siemens.com/smart-infrastructure](https://www.siemens.com/smart-infrastructure)