

DRUCKHALTUNG & WASSERQUALITÄT

Handbuch Luft und Schmutz

[Danksagungen]

Dieses Handbuch gäbe es nicht ohne die sorgfältige Arbeit von zwei Kollegen: Karoly Vinkler, immer in unseren Herzen, der mit den Grundlagen des „Luft-Handbuchs“ begonnen und das gesamte Kapitel der Schmutzabscheidung aufgenommen hat, und Norbert Ramser, der sein Werk übernommen, überarbeitet und ergänzt hat.

[Inhalt]

Handbuch Luft und Schmutz	5
Gase im Wasser.....	6
Eintritt von Luft und Gasen.....	8
Henry-Diagramm	10
Gasgehalt bei Befüllung, Inbetriebnahme und Betrieb der Anlage	12
Schmutz und Schlamm im Wasser	14
Konsequenzen, Probleme und Schäden	17
Wasserqualität nach VDI 2035	20
Entlüftung und Abscheidung freier Gasblasen.....	22
Abscheidungsprinzipien für gelöste Gase	27
Atmosphärische Entgasung	29
Vakuumentgasung	30
Einbau von Luftabscheidern.....	34
Montage von Vakuumentgasern.....	38
Schmutzabscheidung	40
Einbau in der Praxis.....	52
Lösungen von IMI Pneumatex	62

Handbuch Luft und Schmutz

Das Management der Wasserqualität in Ihrer HLK-Anlage durch Entfernen von Luft und Schmutz stellt eine wirksame Möglichkeit dar, die Lebensdauer wichtiger Anlagenkomponenten zu verlängern und gleichzeitig die Anlagenleistung zu optimieren. Dieses Management beginnt schon bei der Erstbefüllung der Anlage und dem verwendeten Füllwasser.

Die Vorteile eines guten Managements der Wasserqualität sind:

- geringerer Energieverbrauch
- längere Lebensdauer der Anlage
- geräuscharmer Betrieb
- keine Ausfallzeiten

Das Vorhandensein von Luft im Anlagenwasser muss minimiert werden - nicht nur um Korrosionsprobleme zu vermeiden, sondern auch, weil es die Wärmeübertragung der Endgeräte verringert. Die Bildung von Lufteschlüssen kann sogar lokale Wasserzirkulation verhindern. Noch stärker fällt ins Gewicht, dass die Gefahr von Kavitation und Geräuschen in den Rohrleitungen, Regelventilen usw. durch Luft im Wasser erheblich ansteigt.

Freie und gelöste Gase haben einen direkten bzw. indirekten Einfluss auf Durchflussmessungen.

Die Löslichkeitsgrenze eines Gases in Wasser nimmt mit steigender Temperatur und sinkendem Druck ab. Regel- und Regulierventile, die sich in den oberen Bereichen eines Gebäudes befinden, sind somit am meisten gefährdet, da sie einem niedrigen statischen Druck ausgesetzt sind. Die erhöhte Wassergeschwindigkeit in der Nähe der Ventilsitze führt zu einem weiteren statischen Druckabfall und ermöglicht die Resorption von Stickstoff und anderen gelösten Gasen. In diesem Fall sind die tatsächlich gemessenen Durchflüsse falsch. Insbesondere bei kleinen Ventilen ist der gemessene Durchfluss größer als der tatsächliche Durchfluss.

Gase im Wasser

Gase können in Heiz- und Kühlsystemen verschiedene Probleme verursachen.



- Korrosion
- Ablagerungen von Korrosionsprodukten
- Geräusche
- Zirkulationsprobleme
- Verringerung der Heiz- und Kühlleistung

Was verstehen wir unter Gasen und woher kommen sie?

Gase sind bereits im Wasser enthalten, bevor das Wasser zur Befüllung der Anlage verwendet wird. In den Wasserreservoirs (z. B. Seen und Flüssen) gelangt Luft aus der Atmosphäre in das Wasser, bevor es in das Wasserversorgungsnetz eingespeist wird.

Es ist daher hilfreich und wichtig, die Zusammensetzung von **Luft** zu kennen.

Die Hauptbestandteile von trockener Luft:

78,08%

● **Stickstoff**

0,93%

Argon

20,95%

● **Sauerstoff**

0,04%

andere: Edelgase, Kohlendioxid, Methan, Wasserstoff, usw.

Mit „Luft“ meinen wir im Wesentlichen die Elemente Stickstoff und Sauerstoff, die die Gaszusammensetzung in der Wärmeträgerflüssigkeit entscheidend beeinflussen.

Ausgehend von zahlreichen Messungen in der Praxis liegen die Stickstoff- und Sauerstoffmengen im Füllwasser nahe der Sättigungsgrenze bei Atmosphärendruck. Ein Liter Wasser enthält 14,8 ml (18,5 mg) Stickstoff und 7,8 ml (11,3 mg) Sauerstoff.

Luft kann auch durch Diffusion in die Anlage gelangen, z. B. durch gängige Kunststoff- oder Gummimaterialien, oder durch ein unerwünschtes „Vakuum“ (Unterdruck), das in der Anlage entstehen kann.

Andere Gase wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Wasserstoff (H₂) sind das Ergebnis elektrochemischer Korrosion und biochemischer Prozesse des Mediums in der Anlage.

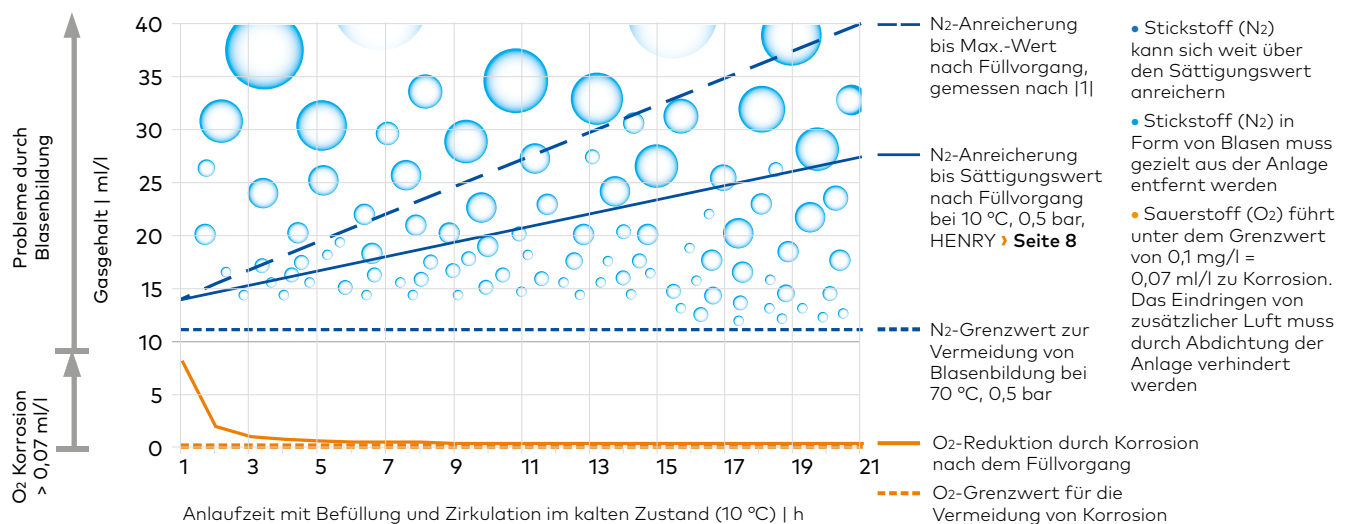
● **Stickstoff** ist ein stabiles Gas, das sich nach dem Füllen der Anlage und während des Betriebs als Inertgas ansammelt. Es ist oft auf die Restluft zurückzuführen, die beim Befüllen der Anlage eingeschlossen wird und sich bei steigendem Druck auflöst. Es wurden Mengen von bis zu 40 ml/l in Anlagen gemessen. Dieser Wert ist dreimal so hoch wie die natürliche Konzentration und übersteigt die Löslichkeit in Wasser während der Aufheizphase. Die Folge sind freie Stickstoffblasen. Es hat sich gezeigt, dass

diese Stickstoffblasen zu den Hauptursachen der klassischen „Luftprobleme“ zählen [1].

● **Sauerstoff** ist aktiv an der elektrochemischen Korrosion beteiligt. In Flüssigkeitskreisläufen mit einem hohen Anteil an Stahl- und Eisenwerkstoffen reduziert die Korrosion den Sauerstoffgehalt des Wassers innerhalb weniger Stunden nach dem Befüllen der Anlage von 7,8 ml/l (11,2 mg/l) auf 0,07 ml/l (0,1 mg/l). Dies entspricht dem Grenzwert für

Korrosion von 0,1 mg/l [2]. Dies zeigt, wie gefährlich Sauerstoff sein kann und wie wichtig es ist, dass bei geschlossenen Flüssigkeitskreisläufen das Eindringen von Luft mit der Wärmeträgerflüssigkeit vermieden wird.

Das folgende Sättigungsdiagramm veranschaulicht die Luftprobleme. Während **Stickstoff** Probleme mit Gasblasen (freie Gase) verursacht, kann gelöster **Sauerstoff** zu Korrosionsproblemen führen.

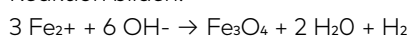


Fehlfunktionen, die störende Fließgeräusche zur Folge haben oder eine mangelnde Heizleistung an den höchsten Heizkörpern verursachen, kurzfristig durch die Entlüftung der Anlage behoben werden, aber immer wieder auftreten, sind nur in geschlossenen Warmwasserheizungen zu beobachten. Diese Fehlfunktionen sind auf Gase zurückzuführen, die sich durch Korrosion und mikrobiologische Prozesse in der Anlage bilden.

Die hier entstehenden Gase Methan (CH₄) und Wasserstoff (H₂) können sich bis zur Übersättigung anreichern. Sie sind neben der Luft die häufigsten Ursachen für Probleme und werden immer häufiger festgestellt.

Methan (CH₄) weist auf das Vorhandensein von Bakterien (z. B. Biofilm) hin.

Wasserstoff (H₂) kann sich in Anlagen mit Stahlwerkstoffen nach der sogenannten „Schikorr“-Reaktion bilden:



Diese Reaktion läuft mit steigender Temperatur immer schneller ab. Voraussetzung für diese Reaktion ist, dass

genügend Sauerstoff vorhanden ist, um das Eisen in die Reaktion einzubeziehen, aber nicht so viel, dass die Bildung von Magnetit ohne Wasserstoffentwicklung gefördert wird. Daneben kann durch Korrosionsprozesse wie $2 \text{Al} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2$ (Bildung von Aluminiumoxid) oder $\text{Al} + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3/2 \text{H}_2$ (Bildung von Aluminat) Wasserstoff freigesetzt werden. Ob diese Prozesse auftreten, hängt entscheidend von dem Bereich des pH-Werts, dem Grad der Enthärtung oder Demineralisierung und der Legierungsstabilität der vorhandenen Aluminiumbestandteile ab.

Kohlendioxid (CO₂) gelangt in das Wasser, wenn es durch die Humusschicht im Erdreich sickert. Hier nimmt das Wasser das Kohlendioxid auf, das bei der Zersetzung organischer Stoffe entsteht. Die Menge des gelösten Kohlendioxids steht in direktem Zusammenhang mit dem pH-Wert, der abnimmt, wenn die CO₂-Konzentration ansteigt, und ansteigt, wenn die CO₂-Konzentration abnimmt.

CO₂ reagiert mit Wasser zu einem Reaktionsprodukt, H₂CO₃ (Kohlensäure), und senkt den pH-Wert des Wassers.

Eintritt von Luft und Gasen

Der Eintrag, die Entstehung und das Anreichern von Gasen sind auf ein Minimum zu begrenzen und betriebsstörende Gase zu entfernen. Diese Strategie muss über die gesamte Lebensdauer der Anlage befolgt werden, von der Planung über die Inbetriebnahme bis hin zur Stilllegung.

Eine Ursache für die verschiedenen Erscheinungsbilder, die Gase im Anlagenwasser annehmen können, sind mangelhafte Entlüftungsvorgänge bei der Erstbefüllung der Anlage.

Beim Befüllen einer Anlage wird die leichtere Luft vom Wasser verdrängt und steigt nach oben. Wenn die Entlüftung nicht ordnungsgemäß durchgeführt wird, sammelt sich die Luft an den höher gelegenen Stellen an. Unter Druck kann sich die Luft wieder im Wasser auflösen. Dies führt zu einer Übersättigung, da die Löslichkeit im Wasser später beim Aufheizen abnimmt und sich freie Blasen bilden, die mit der Strömung zirkulieren. Die im Füllwasser gelöste Luft bleibt „gefangen“ in der Anlage und bildet z. B. Luftpolder.

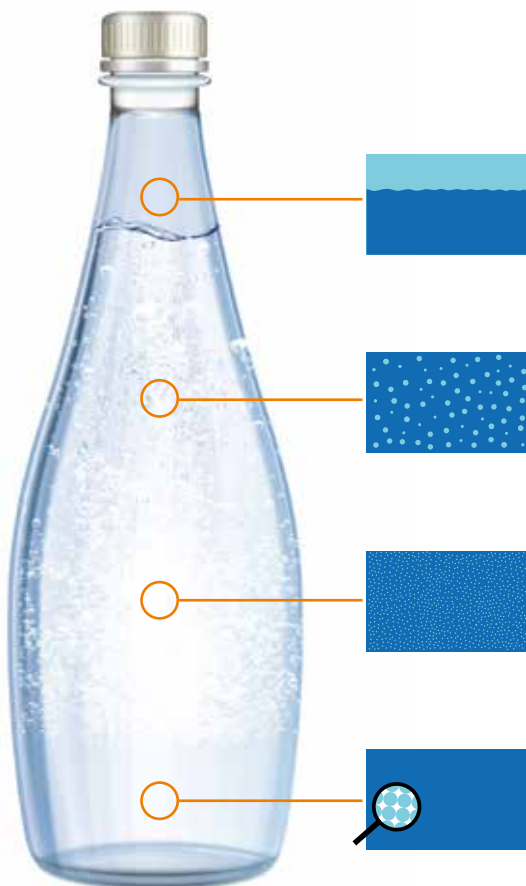
Ursachen für Lufteintritt und Gasbildung

- Lufteinschlüsse durch unangemessene oder unzureichende Entlüftung bei der Erstbefüllung und beim Hochfahren der Anlage
- Lufteinschlüsse durch unangemessene Befüllung und Entlüftung nach Umbau-, Erweiterungs-, Reparatur- und Wartungsarbeiten
- Wasserdampfdiffusion durch nicht diffusionsdichte Bauteile (z. B. Dichtungen, Kunststoffrohre, elastomere Verbindungsschläuche) sowie kontinuierliche Mikrowasserleckage aus gealterten, spröden oder verschlissenen und damit undichten Dichtungsmaterialien (Flachdichtungen, elastomere O-Ringe, Stopfbuchsendichtungen von Ventilen), die eine Nachspeisung mit dem entsprechenden, hiermit einhergehenden N₂- und O₂-Eintrag erfordert
- Sauerstoffdiffusion durch nicht diffusionsdichte Bauteile (z. B. in Flächenheizungen mit ungeeigneten Kunststoffrohren oder in Mischinstallationen mit einer Vielzahl von elastomeren Verbindungsschläuchen). Auch bei der Druckhaltung mit Kompressoren und Pumpen besteht ein hohes Risiko der Sauerstoffdiffusion, wenn für die Membranen der Ausdehnungsgefäße ein anderes Material als Butyl verwendet wird. Da die Diffusionsrate mit steigender Temperatur exponentiell ansteigt (Verdopplung etwa alle 10 K), sind Pumpendruckhaltungsanlagen, die ihr Ausdehnungsgefäß zur atmosphärischen Entgasung des heißen Rücklaufwassers nutzen, besonders kritisch zu betrachten.
- Lufteintrag durch permanente oder temporäre Unterdrucksituationen an irgendeiner Stelle der Anlage. Bei einer korrekt ausgelegten und installierten Druckhaltung, die aus hochwertigen Komponenten und Materialien besteht und ordnungsgemäss betrieben wird, sollten zu keinem Zeitpunkt Unterdrucksituationen im System auftreten. In den meisten Fällen weisen Unterdrucksituationen auf eine mangelhafte Druckhaltung hin. Dies kann eine der folgenden Ursachen haben:
 - Zu niedriger oder zu hoher Gasvordruck p_0 in statischen Ausdehnungsgefäßen

- Übermäßiger Vordruckverlust aufgrund von Diffusion in statischen Ausdehnungsgefäßen zwischen zwei Wartungsintervallen (EPDM hat eine extrem hohe Diffusionsrate, NBR eine sehr hohe und Butyl ist nahezu diffusionsdicht)
- Zu niedrig eingestellter Mindestbetriebsdruck (p_0) oder falsch eingestellter Anfangsdruck (p_a) in Kompressor- und Pumpendruckhaltungen
- Ausdehnungsgefäß zu klein bemessen
- Unzureichend dimensionierte Druckpumpen und Kompressoren
- Unzureichende Wasserreserve im Audehnungsgefäß
- Sicherheitsventile, die aufgrund eines falsch ausgewählten Ansprechdruckes oder einer mangelhaften Druckhaltung öffnen, so dass Nachspeisewasser erforderlich ist, was zu einem entsprechenden N_2 - und O_2 -Eintrag führt
- N_2 - und O_2 -Eintrag durch Nachspeisewasser: Sauerstoff führt zu korrosiven Prozessen, und Stickstoff ist inert, reichert sich in der Anlage an und kann zu freien Gasblasen führen
- Bildung von Gasen bei Korrosion und mikrobiologischen Prozessen in der Anlage, wodurch sich Methan (CH_4) und Wasserstoff (H_2) bis zur Übersättigung anreichern können. Neben N_2 sind CH_4 und H_2 die häufigsten Ursachen für Probleme

Erscheinungsformen von Gasen im Wasser

Gase können im Wasser als freie Blasen oder in molekular gelöster Form vorkommen. Das Henry'sche Gesetz beschreibt die Löslichkeit. Die Gasübersättigung befindet sich oberhalb der Henry-Kurven (siehe Seiten 10-11). Hier treten gelöste Gase als Blasen aus der Lösung aus. Bei einer Gasuntersättigung sind alle Gase gelöst.

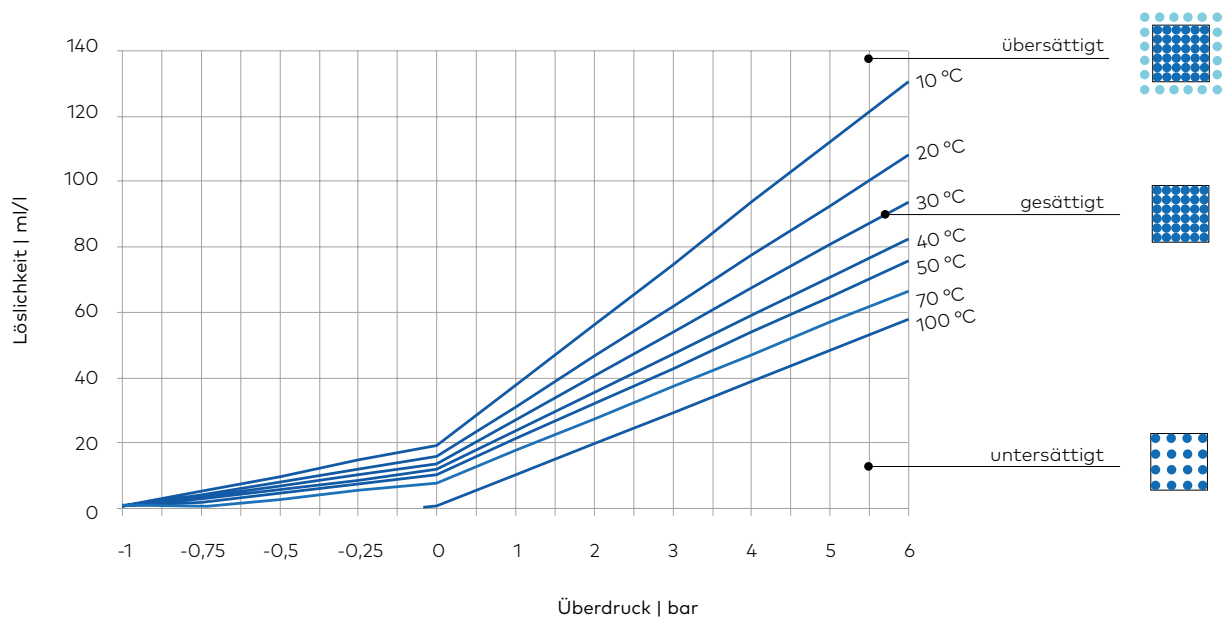


- **Ansammlung von Luft in stehendem Wasser an hoch gelegenen Stellen**
Beim Befüllen einer Anlage verdrängt das Wasser die Luft, die leichter ist und nach oben steigt. Wenn die Entlüftung nicht ordnungsgemäß durchgeführt wird, sammelt sich die Luft an den höher gelegenen Stellen an. Unter Druck kann sich die Luft zumindest teilweise wieder im Wasser auflösen. Dies führt zu einer Übersättigung, da die Löslichkeit im Wasser später beim Aufheizen abnimmt und sich Blasen bilden, die mit der Strömung zirkulieren.
- **Gasblasen in fließendem Wasser**
Gasblasen werden mit der Strömung mitgerissen. In den meisten Fällen ist die Strömung in den Rohrleitungen stärker als der Auftrieb der Blasen. Daher ist eine Abscheidung nur mit speziellen Anlagenkomponenten möglich, die diese Blasen einfangen können.
- **Mikroblasen sind extrem klein und treten in großer Zahl auf.** Sie sind mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen. Das Wasser sieht milchig weiß aus. Die Mikroblasen werden mit der Strömung mitgerissen, so dass sie nur durch spezielle Abscheidevorrichtungen eingefangen werden können. Größere Blasen „wachsen heran“, wenn feste Partikel vorhanden sind. Die Neigung, an Oberflächen zu haften, erschwert den Abscheidungsprozess und erhöht das Risiko von Schäden.
- **Gelöste Gase sind unsichtbar**
Die Gasmoleküle sind so an die Wassermoleküle gebunden, dass sie nur durch Reduzieren des Drucks oder Erhöhen der Temperatur entfernt werden können. Aufgrund der Druck- und Temperaturunterschiede in einer Anlage können gelöste Gase zu Blasen desorbieren.

Henry-Diagramm

Das Henry'sche Gesetz zeigt, wie viel Gas bei verschiedenen Temperaturen und Drücken im Wasser gelöst ist. Höhere Temperaturen und niedrigere Drücke gehen einher mit einer geringeren Gaslöslichkeit.

Löslichkeit von Stickstoff in Wasser nach dem Henry'schen Gesetz



Für jedes Gas gibt es ein eigenes Henry-Diagramm.

Dies ist das Diagramm für 100 % Stickstoff über dem Wasser, Partialdruck N₂ = 1 bar abs.

Dies ist der Zustand, der normalerweise in geschlossenen Wasserkreisläufen anzutreffen ist, da der Sauerstoff fast vollständig korrodiert ist und nicht mehr in gasförmiger Form vorhanden sein kann.

Die Löslichkeit bei atmosphärischer Sättigung beträgt 78 % der Diagrammwerte. Dies entspricht dem Gasanteil von Stickstoff in der Luft, Partialdruck N₂ = 0,78 bar abs.

Gasgehalt bei Befüllung, Inbetriebnahme und Betrieb der Anlage

Der Gasgehalt einer Heizungsanlage unterliegt während der Erstbefüllung, der Inbetriebnahme und der Betriebsphase starken Schwankungen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt Gasgehalte in Heizungsanlagen, wie sie häufig in der Praxis zu finden sind. Es ist zu sehen, dass erst nach dem Aufheizen der Anlage eine vollständige Entlüftung möglich ist, was in der Praxis häufig nicht durchgeführt wird. Damit wird der beim Aufheizen im Vorlauf an den Hochpunkten aus der Lösung frei werdende Stickstoff zum einen Gaspolster bilden und zum anderen in Form freier Gasblasen im Heizkreislauf zirkulieren. Die Folge ist, dass die Energieeffizienz der Anlage abnimmt, Schutzschichten durch Erosion abgetragen werden, Sauerstoffkorrosion gefördert wird und störende Fließgeräusche zu erwarten sind.

	Gasgehalt des Füllwassers	Gasgehalt nach Befüllung und Entlüftung der Anlage [1]	Während des Betriebs bei typischer Vorlauftemperatur am oberen Ende der Anlage (0,5 bar / 70 °C)
Stickstoff	14,8 ml/l (18,5 mg/l)	~ 40 ml/l (~50 mg/l)	11 ml/l (13,8 mg/l)
Desorbierter Stickstoff (freies Gas)			~29 ml/l (~36,25 mg/l)
	Gasgehalt des Füllwassers	Gasgehalt nach Befüllen und Entlüften der Anlage in den ersten Stunden, bevor die Korrosion eingesetzt hat [1]	Während des Betriebs
Sauerstoff	7,8 ml/l 11,3	~14 ml/l (~20 mg/l)	< 0,07 ml/l (< 0,1 mg/l)
Ablagerungen durch Sauerstoffkorrosion			~64 mg Hämatit oder ~71 mg Magnetit



Schmutz und Schlamm im Wasser

Schmutz ist in wassergeführten Heiz- und Kühlsystemen, ob neu oder alt, unvermeidlich.



Ursachen vor der Inbetriebnahme:

- vorhandene Verschmutzungen in Leitungen und Bauteilen
- Entgratungsreste (insbesondere von Kunststoffrohren)
- Schweiß- und PTFE-Rückstände
- Schmiermittel und Dichtstoffe
- Sand und Staub
- Rückstände von Additiven und Inhibitoren
- Fremdkörper

Ursachen nach der Inbetriebnahme:

Korrosion

Die Lebensdauer von wassergeführten Heizungsanlagen wird wesentlich durch die Lebensdauer der bei der Installation verwendeten metallischen und nicht-metallischen Werkstoffe beeinflusst. Bei Metallen kommt es auf den Aufbau und die Erhaltung der dünnen Schutzschichten aus Metalloxiden auf der Oberfläche an, die Korrosionsprozesse hemmen.

Was ist Korrosion?

Wenn die Schutzschicht gut ausgebildet ist, kommt der Korrosionsprozess zunächst zum Stillstand. Eine optimale Beständigkeit der Schutzschichten der verschiedenen Werkstoffe wird bei unterschiedlichen chemischen Bedingungen erreicht, weshalb bestimmte Werkstoffe (z. B. Eisenwerkstoffe) den Korrosionsschutz erleichtern. Kupferwerkstoffe können unter „normalen“ Bedingungen leicht integriert werden. Aluminiumbauteile erfordern besondere Aufmerksamkeit im Hinblick auf die Wasserqualität.

Die Korrosion selbst ist eine elektrochemische Reaktion innerhalb sogenannter Korrosionselemente und hängt von lokalen Unterschieden im Material, den Schutzschichten und den chemischen Bedingungen des Wassers ab. Je größer die Unterschiede sind, desto stärker ist das Korrosionselement (Korrosionspotenzial) und desto größer ist die Gefahr einer lokalen Korrosion. Gleichmäßige Bedingungen führen zu Oberflächenkorrosion, die so gering sein kann, dass die übliche technische Lebensdauer erreicht wird. Bei der Oberflächenkorrosion kommt es zu einem Materialabbau. In (geschlossenen) Heizungsanlagen haben wir es hauptsächlich mit Nasskorrosion zu tun.

Die Korrosionsgeschwindigkeit wird auch von der elektrischen Leitfähigkeit (LF) des Mediums beeinflusst. Eine geringe LF behindert den Fluss des Korrosionsstroms, während eine hohe LF (niedriger elektrischer Widerstand) Korrosionsprozesse begünstigt.

Schutzschichten können durch chemische und physikalische Prozesse beschädigt werden. So kann ein zu niedriger pH-Wert die Schutzschichten auflösen, und zu viel Sauerstoff kann die übliche Schutzschichtbildung „stören“ (siehe VDI 2035 Teil 1, 03/2021, Abschnitt 6). Werden die schützenden Eigenschaften durch mechanische Beanspruchung (z. B. Vibration oder zu großer Volumenstrom) oder durch thermische (Wechsel-) Beanspruchung aufgehoben, ist der Korrosionsschutz nicht mehr gegeben und das Material korrodiert lokal. Defekte in Schutzschichten können sehr schnell korrodieren, wenn große Bereiche der Umgebung geschützt sind und nur kleine aktive Korrosionsstellen vorhanden sind. Der Korrosionsfluss konzentriert sich an defekten Stellen und führt zu Lochfraß.

Nichtmetallische Werkstoffe versagen in der Regel aufgrund von falscher Behandlung beim Einbau (z. B. zu geringer Anpressdruck bei Dichtungen), aufgrund einer Behinderung der Dehnung oder aufgrund von Überdehnung von Polymeren (die wie Metalle wärmeausdehnbar sind), aufgrund von chemischen Einflüssen (z. B. zu hoher pH-Wert von Anlagenwasser und Inhibitoren) oder aufgrund einer schlechten Materialauswahl.

Was ist Rost?

Rost ist eine chemische Verbindung aus Eisen und Sauerstoff. Rostbildung wird durch Sauerstoff, Feuchtigkeit, Abgase (Schwefel), Säuren und Laugen verursacht. So können beispielsweise Heizungsrohre aus Stahl (Eisen), die gelagert oder montiert werden, von der Luft angegriffen werden und rosten.

Verschiedene Arten von Korrosion und Prozessen, die die Heizungsanlage beeinträchtigen

Streuströme

Diese werden durch Gleichstromquellen erzeugt. Installationen und unterirdische Rohrleitungen und Tanks können in kurzer Zeit Schaden nehmen. Zum Beispiel kann 1 mA in einem Jahr etwa 10 Gramm Eisen (Fe) zerstören. Eine fachgerechte Installation von Schutzleitern und Potenzialausgleich kann hier Abhilfe schaffen.

Spaltkorrosion

Unzureichendes Abdichten von Dichtstellen und Verbindungen kann zu Spaltkorrosion führen. Unterschiedliche Sauerstoffverteilungen können die Ursache sein.

Spannungskorrosion

Diese Art von Schäden tritt auf, wenn die mechanische Beanspruchung von Anlagenkomponenten zu Spannungsrissen führt. Zugspannungen können zum Beispiel durch die Konstruktion (Schweißen, Biegen, spanabhebende Bearbeitung usw.) oder durch den Betrieb (Druck, Temperatur, Bewegungen usw.) entstehen. Bei Anlagen aus nichtrostendem Stahl kann es unter bestimmten Umständen auch zu Spannungsrisskorrosion kommen, wenn Zugbeanspruchungen und kritische Chloridwerte vorliegen. Um dies zu vermeiden, muss bei der Planung und Errichtung der Anlage sichergestellt werden, dass die Rohrleitungen, Kompensatoren und Apparate korrekt installiert werden und eine Ausdehnung zulassen.

Erosionskorrosion

Erosion tritt in der Regel an Stellen mit hohen Fließgeschwindigkeiten und in Umlenkungen (z. B. Rohrbögen) auf. Je kleiner der Rohrdurchmesser ist und je enger der Biegeradius des Rohres ist, desto größer ist die Erosionswirkung. Bei unzureichender Entgasung erhöhen die mit dem Wasser zirkulierenden freien Gasblasen die Gefahr der Erosion.

Ablagerung von Korrosionsprodukten

In Heizungsanlagen können sich Feststoffe dort ablagern, wo die Strömungsgeschwindigkeiten zu gering sind, um die Partikel weiter zu transportieren. An diesen Stellen können sich dann weitere Ablagerungen bilden und die Zirkulation behindern.



Kavitation

Kavitation beschreibt die Bildung und anschließende Implosion von Dampfblasen in einer Flüssigkeit. Dampfblasen bilden sich, wenn der Sättigungsdruck der Flüssigkeit unterschritten wird. Dies geschieht in wassergeführten Systemen, wenn der statische Druck an Stellen mit erhöhter Fließgeschwindigkeit (z. B. am Saugmund der Pumpe, an Ventilsitzen und Blenden) unter den Sättigungsdruck fällt. Steigt der statische Druck im weiteren Verlauf der Strömung wieder an (nachgeschaltete Druckstufen einer Pumpe, Geschwindigkeitsreduzierung hinter dem Ventilsitz), können die Dampfblasen schlagartig implodieren. Material, das direkt an die Dampfblase angrenzt, wird durch das von allen Seiten in die Dampfblase einströmende Wasser mit einem starken „prasselnden“ Geräusch abgetragen (hochfrequente mikroskopische Dampfstöße). Im Wasser gelöste Gase dämpfen die Kavitation, weil die in den Bereich der Dampfblase desorbierenden Gase nicht plötzlich wieder in Lösung gehen, wenn sich der Druck anschließend aufbaut, und so das in die Blase schießende Wasser abpuffern.

Die kritischste Komponente der Anlage im Hinblick auf Kavitation ist die Umwälzpumpe. Der statische Druck auf der Saugseite der Pumpe darf den pumpenspezifischen NPSH-Wert nicht unterschreiten, sonst kommt es zwangsläufig zu Kavitationsvorgängen in der Pumpe. Bei permanenter Kavitation wird die Pumpe innerhalb relativ kurzer Zeit zerstört. Aber auch Ventile können durch Kavitation Schaden nehmen und sogar ausfallen. Um Kavitation in Ventilen zu vermeiden, gilt die Faustregel, dass der Druck am Ventileingang mindestens doppelt so hoch sein sollte wie der Druckabfall am Ventil.

Heizungsanlagen mit gemischten Materialien

Bei der Verwendung von gemischten Materialien (z. B. verschiedene Metalle, Kunststoffrohre, Elastomerverbindungsschläuche) besteht nur ein geringes Risiko der Sauerstoffkorrosion, solange der Sauerstoffgehalt im Heizungswasser unter 0,1 mg/l liegt. Im Zirkulationswasser korrosionsgeschützter Anlagen sind Sauerstoffgehalte von 0,02 mg/l und darunter üblich (VDI 2035 03/2021, Teil 1).

Verzinkte Rohre

Die Verwendung innenverzinkter Rohre sollte vermieden werden. Verzinkte Schrauben und Muttern können jedoch verwendet werden, da sie nicht mit dem Anlagenwasser in Berührung kommen.

Glykol in geschlossenen Kreisläufen

Die Verwendung von Frostschutzmitteln in Heizungsanlagen wird normalerweise nicht empfohlen, da sie zusätzliche Investitionskosten verursachen, die spezifische Wärmekapazität verringern und die Pumpkosten im Vergleich zu reinem Wasser erhöhen. Daher sollten Frostschutzmittel nur in Anlagen verwendet werden, in denen das Medium vor dem Erstarren geschützt werden muss, z. B. in Solar- oder Erdwärmesystemen. Bei der Verwendung von Frostschutzmitteln in geschlossenen Kreisläufen sind die Richtwerte der Produkthanbieter zu beachten. Eine verminderte Glykolkonzentration kann dazu führen, dass Glykol in Oxalsäure umgewandelt wird. Dies wiederum führt zu einem drastischen Absinken des pH-Werts. Die Folge ist Korrosion. Außerdem dürfen innen verzinkte Rohre und Formstücke aus verzinktem Stahl nicht in Kreisläufe eingebaut werden, die Frostschutzmittel enthalten.



Konsequenzen, Probleme und Schäden

Rost, der durch Korrosion in Wärmeerzeugern, Rohren und Endgeräten entsteht, verringert die spezifische Wärmeübertragung und erhöht den Druckabfall und die Fließgeschwindigkeit in der Anlage. Denn Rost vergrößert das Volumen des Eisens und verringert dadurch die freien Querschnitte der verbauten Komponenten.

Auswirkungen auf die Rohrinnefläche sind unter anderem:

- größere Rauheit
- verringerter Innendurchmesser
- direkte Korrosion
- Ablagerungen von Korrosionsnebenprodukten und anderen Verunreinigungen

Aufgrund der erhöhten Fließgeschwindigkeit kommt es in Rohren, Rohrbögen und Ventilen zu Erosion, die auf die Zirkulation von kleinen Gasblasen und Schmutzpartikeln zurückzuführen ist.

Magnetit ist ein magnetisches Material, das sich auf Stahl (Eisen) festsetzt. Es kann essenzielle Bauteile beschädigen oder sogar zerstören, insbesondere Hocheffizienz-Nassläuferpumpen mit Permanentmagnetmotoren.

Bei Thermostat- und anderen Regelventilen kann es zu Fehlfunktionen kommen, da sich der Magnetitschlamm auf dem Ventilsitz ablagert und das Ventil nicht mehr richtig funktioniert.

Bei Fußbodenheizungen kann sich durch Rost (z. B. Magnetit) ein Belag auf der Innenseite der Rohre bilden, wodurch der Wärmeübergang vermindert wird und die Vorlauftemperatur erhöht werden muss. Im Extremfall können einzelne Heizkreise völlig verstopfen und in der Folge ausfallen.

Siebe setzen sich durch korrodierte Partikel schnell zu, so dass der Durchfluss verringert wird. Der positive Effekt des Herausfilterns von Magnetit kann dann dazu führen, dass die Anlage ausfällt. Die Siebe müssen daher häufiger gereinigt werden, was wiederum die Betriebskosten erhöht.





Undichte Heizkörper und Systemkomponenten

Schäden an Heizgeräten, schlechte Wärmeübertragung durch Verstopfung sowie Ablagerungen können zu Rissen und Korrosionsschäden führen.

Blockierte Regelventile

Schäden an Ventilspindeln und Dichtungen

Blockierte Pumpen

Blockierung und Beschädigung von Lagern und Stopfbuchsendichtungen von Pumpen

Zugesetzte Rohre

Wenn Rohre durch Verschmutzung und Korrosionsrückstände zugesetzt sind, erhöht sich der

Druckabfall, da die gleiche Durchflussmenge in einem viel kleineren Querschnitt fließen muss, was den Energieverbrauch der Pumpen erheblich erhöht.

Wärmetauscher

An Wärmeerzeugern und Wärmeabgabestellen entsteht eine Isolierschicht mit schlechterem Wärmeübergang, Dadurch können Kessel und Wärmetauscher überhitzen und Schäden verursachen.

Wärmezähler

In Wärmezählern lagert sich Magnetit ab, was zu immer ungenaueren Messungen führt - bis zu einem Punkt, an dem die Anlage blockiert oder außer Betrieb genommen werden muss.



Gase

Störungen im Kreislauf

Freie Gasblasen können die Zirkulation erheblich beeinträchtigen. Die Kapazität des Wärmeträgers wird reduziert, denn wo Gasblasen sind, kann kein Wasser sein. Außerdem können instabile Strömungsverhältnisse an strömungsrelevanten und thermisch exponierten Stellen zu Betriebsstörungen führen.

Die Folge ist eine verminderte Förderleistung oder gar ein Ausfall der Pumpe sowie ein instabiles Verhalten der Regelventile, insbesondere im Schwachlastbetrieb.

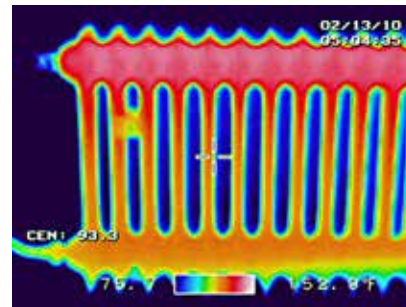
Geräusche

Freie Gase erzeugen Geräusche im System. Das bedeutet Fließgeräusche in Rohrleitungen, Armaturen und Ventilen sowie „gluckernde“ Heizkörper in den oberen Stockwerken.

Reduzierte Heizleistung

Gase können die Wärmeübertragung beeinträchtigen, weil die Gasblasen auf den Heizflächen isolierend wirken.

Extreme Luftansammlungen können zum Ausfall von Heizkörpern in den oberen Stockwerken führen, wodurch die Zirkulation zum Erliegen kommt.



Vollständig entlüfteter Heizkörper



Wasserqualität nach VDI 2035

Nach VDI 2035 Teil 1, 03/2021, wird die maximale Härte von Heizungs- und Nachspeisewasser in Abhängigkeit von der Leistung und dem spezifischen Volumen der Anlage bestimmt: Die Gesamthärte wird auf das spezifische Anlagenvolumen v_A (Anlagenvolumen/kleinste Heizleistung) bezogen.

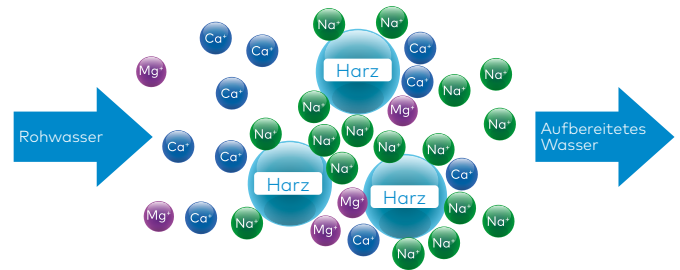
Füllwasser, Nachspeisewasser und Heizungswasser im Verhältnis zur Heizleistung			
Gesamtheizleistung, kW	Gesamtmenge Erdalkalien, mol/m ³ (Gesamthärte, °dH)		
	Spezifisches Anlagenvolumen, ℓ/kW Heizleistung a)		
	≤ 20	> 20 bis ≤ 40	> 40
≤ 50 kW spezifischer Wassergehalt Wärmeerzeuger ≥ 0,3 ℓ pro kW b)	keine	≤ 3,0 (16,8)	< 0,05 (0,3)
≤ 50 kW spezifischer Wassergehalt Wärmeerzeuger < 0,3 ℓ pro kW b) (z. B. Umlaufwassererhitzer) und Anlagen mit elektrischen Heizelementen	≤ 3,0 (16,8)	≤ 1,5 (8,4)	
> 50 kW bis ≤ 200 kW	≤ 2,0 (11,2)	≤ 1,0 (5,6)	
> 200 kW bis ≤ 600 kW	≤ 1,5 (8,4)	< 0,05 (0,3)	
> 600 kW	< 0,05 (0,3)	< 0,05 (0,3)	
Heizungswasser, unabhängig von der Heizleistung			
Betriebsart salzarm c) salzhaltig	Elektrische Leitfähigkeit, μS/cm		
	> 10 bis ≤ 100		
	> 100 bis ≤ 1500		
	Erscheinungsbild: klar, frei von sedimentierenden Substanzen		
Materialien in der Anlage	pH-Wert		
ohne Aluminiumlegierungen	8,2 bis 10,0		
mit Aluminiumlegierungen	8,2 bis 9,0		

Zustand des Füll- und Nachspeisewassers

- a) Bei der Berechnung des spezifischen Anlagenvolumens ist bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern die kleinste Einzelheizleistung anzusetzen.
 b) Bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern mit unterschiedlichem spezifischen Wassergehalt gilt der kleinste spezifische Wassergehalt.
 c) Eine vollständige Enthärtung wird für Anlagen mit Aluminiumlegierungen nicht empfohlen.

Enthärtung

Bei der Enthärtung wird das Füllwasser durch einen Ionenaustauscher geleitet. Das darin enthaltene Harz absorbiert Calcium- und Magnesiumionen aus dem Wasser und tauscht sie gegen Natriumionen aus. Im Gegensatz zu Calcium und Magnesium ist Natrium kein Härter. Das resultierende Füllwasser hat in der Regel immer noch eine gewisse Härte, aber diese Härte führt nicht zu Kalkstein. Die Leitfähigkeit des Wassers bleibt nahezu unverändert.



Demineralisierung

Trinkwasser sollte als Füll- und Nachspeisewasser in Warmwasserheizungsanlagen verwendet werden, sofern die Gesamtmenge der Erdalkalien den Anforderungen der obigen Tabelle entspricht. Wenn die Wasserqualität schwankt, müssen die höchsten Werte genommen werden.

Bei der Demineralisierung werden alle Salze aus dem Füllwasser entfernt. Dadurch wird auch die elektrische Leitfähigkeit des Wassers verringert und Korrosion wirksam verhindert. Um diese gelösten (dissoziierten) Ionen zu entfernen, werden spezielle Kationen- und Anionenaustauscherharze verwendet. Diese absorbieren die im Wasser gelösten Ionen und geben entsprechende Mengen anderer Ionen mit der gleichen Ladung an das Wasser ab.

Die im Wasser gelösten Kationen (z. B. Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ und K^+) werden durch die Kationenaustauscherharze gegen H^+ -Ionen und die Anionen (z. B. Cl^- , NO^- und SO_4^-) durch die Anionenaustauscherharze gegen OH^- -Gruppen ausgetauscht. Das Ergebnis ist reines, vollständig entsalztes Wasser.

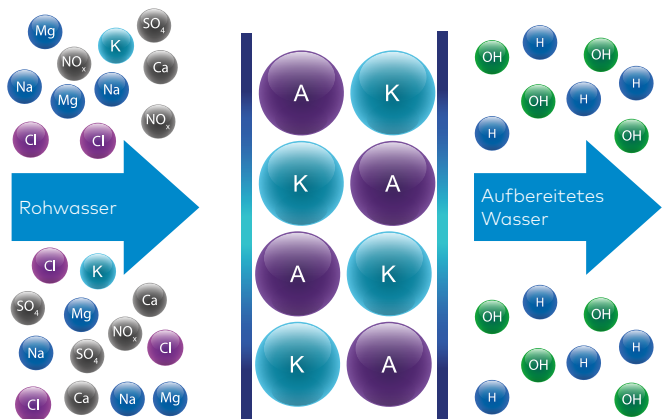
Sind die Ionenaustauscherharze gesättigt (erschöpft), können sie durch Umkehrung des Beladungsvorgangs mit geeigneten Regeneriermitteln beim Hersteller reaktiviert werden.

Durch die Demineralisierung des Füllwassers mit Hilfe von Mischbettharzpatronen kann die elektrische Leitfähigkeit auf weniger als $10 \mu S/cm$ gesenkt werden. In der Praxis steigt die elektrische Leitfähigkeit im System schnell an und stabilisiert sich bei elektrischen Leitfähigkeiten unter $100 \mu S/cm$ (salzarme Betriebsart).

Der pH-Wert des Füll- und Nachspeisewassers liegt in der Regel um pH 7,0 und damit deutlich unter den pH-Wert-Empfehlungen für das Kreislaufwasser der Heizungsanlage. Da der pH-Wert des Heizungswassers durch seine Selbstalkalisierung normalerweise innerhalb weniger Betriebswochen ansteigt, ist eine Alkalisierung des Füll- und Nachspeisewassers bei zu niedrigen pH-Werten nicht erforderlich.

Erforderlicher pH-Bereich für verschiedene Materialien

- Der pH-Wert sollte im alkalischen Bereich zwischen pH 8,2 und pH 10,0 liegen, um Korrosion zu vermeiden.
- Der pH-Wert beeinflusst die natürlichen Schutzoxidschichten auf dem Metall, die die Korrosion verringern.
- Bei der Verwendung von Aluminiumbauteilen (Wärmetauscher, Kessel, Heizkörper) in geschlossenen Wasserkreisläufen muss besonders auf den richtigen pH-Wert-Bereich geachtet werden, um schädliche Korrosionsprozesse zu vermeiden. Das Korrosionsverhalten von Aluminiumbauteilen hängt sehr stark von der Legierungsart ab. Normalerweise sollte ein pH-Wert zwischen 8,2 und 9,0 eingehalten werden. Die Anweisungen des Herstellers sind zu beachten.



Pleno Refill Demin

Entlüftung und Abscheidung freier Gasblasen

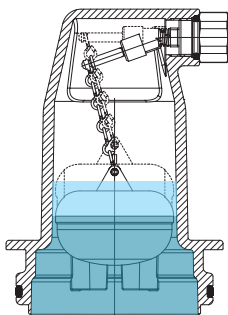
Das Entfernen von freien Gasblasen aus einem geschlossenen Wasserkreislauf beinhaltet immer die Abtrennung der freien Gase von der Flüssigkeit in eine Ruhezone und das Abführen der gesammelten Gase an die Umgebungsluft.

Das Prinzip der automatischen Entlüftung



Automatische Entlüfter führen angesammelte Gase automatisch nach außen ab. Das Wasser muss ruhig sein. Andernfalls werden die Gase von der Strömung mitgerissen und können nicht in den Entlüfter gelangen. Bei automatischen Entlüftern ist das Entlüftungsventil in der Regel schwimmergesteuert. Zunächst steigen freie Gasblasen am Schwimmer vorbei in den oberen Bereich des Entlüfters und der Schwimmer sinkt mit dem Wasserstand nach unten. Bei einer bestimmten Schwimmerposition öffnet das Entlüftungsventil und die angesammelten Gase entweichen in die Umgebung. Wenn sich der Schwimmer nach oben bewegt, schließt das Entlüftungsventil wieder. Bevorzugte Anwendungen sind die Erstentlüftung bei der Befüllung von Anlagen, die dezentrale Entlüftung von Heizkörpern und die Belüftung bei der Entleerung.

Wesentliche Qualitätsaspekte von automatischen Entlüftern



Um eine dauerhaft einwandfreie Funktion des automatischen Entlüfters zu gewährleisten, müssen Schmutz und Wasser auch bei hohem Druck vom Entlüftungsventil ferngehalten werden. Bei Zeparo wird dies durch die Aufrechterhaltung eines ausreichenden Abstands zwischen der Wasseroberfläche und dem Ventilauslass sowie durch die Prallplatten unter dem Schwimmer gewährleistet, die ein zu schnelles Hochschießen des Wassers in den Entlüfter verhindern.

Außerdem ist es sehr wichtig, dass der Schwimmer in einer ausreichend großen und strömungsausgeglichenen Kammer stabil geführt wird.

Die Verbindung mit der Anlage muss ausreichend groß bemessen sein, damit auch große Gasblasen in den Entgaser aufsteigen können, ohne durch Kapillareffekte am Einlass hängen zu bleiben. Auch bei kompakten Entlüftern sollte ein Mindestmaß von einem halben Zoll nicht unterschritten werden.

Probleme mit Entlüftern, wenn wesentliche Qualitätsaspekte außer Acht gelassen werden

Die Ursache für Leckagen an den Luftabscheidern ist ein zu geringer Abstand zwischen Luftventil und Wasserspiegel, so dass sich Wasserdampf aus Luftblasen beim Durchbrechen der Wasseroberfläche auf dem Entlüftungsventil niederschlägt. Da dieser Dampf auch gelöste Salze enthält, bilden sich Verkrustungen und das Entlüftungsventil wird undicht.



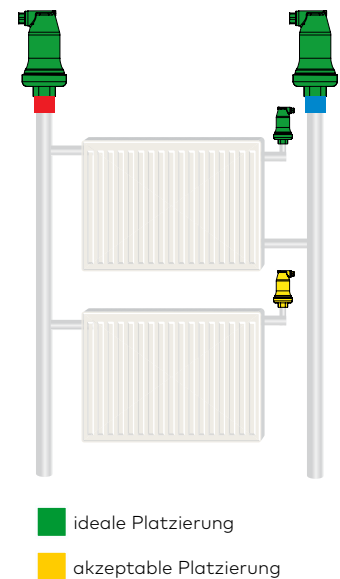
Beispiel für minderwertige Entlüfter, die aufgrund ihrer mangelhaften Konstruktion bald undicht werden

Positionierung von Entlüftern

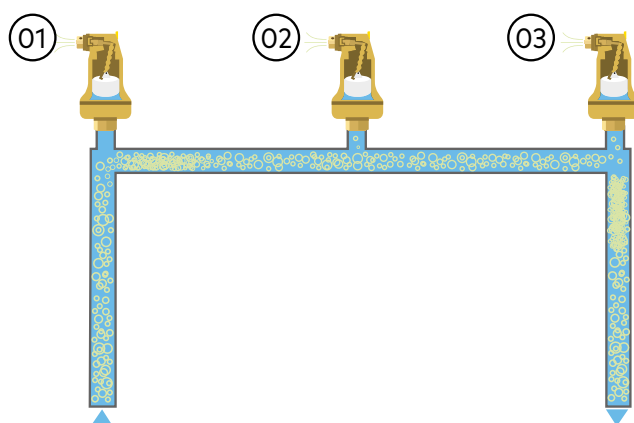
Automatische Entlüfter sollten am höchsten Punkt jeder Steigleitung in der Anlage und an jedem Punkt, an dem sich Luft ansammeln kann, installiert werden. Sie müssen senkrecht und mit dem Anschluss nach unten installiert werden, um einen ordnungsgemäßen Betrieb und eine effiziente Erstentlüftung zu gewährleisten.

Nach der Erstbefüllung und Entlüftung sollte die Anlage aufgeheizt werden, damit weitere gelöste Gase desorbieren können und bei anschließendem Stillstand der Umwälzpumpe als freie Gasblasen zum Entlüfter aufsteigen und in die Umgebungsluft ausgestoßen werden.

Die Entlüfter können auch an den Heizkörpern montiert werden. In diesem Fall werden sie an der höchsten Stelle angeordnet, damit die Heizkörper gut entlüftet werden können.



Entlüfter für die Betriebsentlüftung

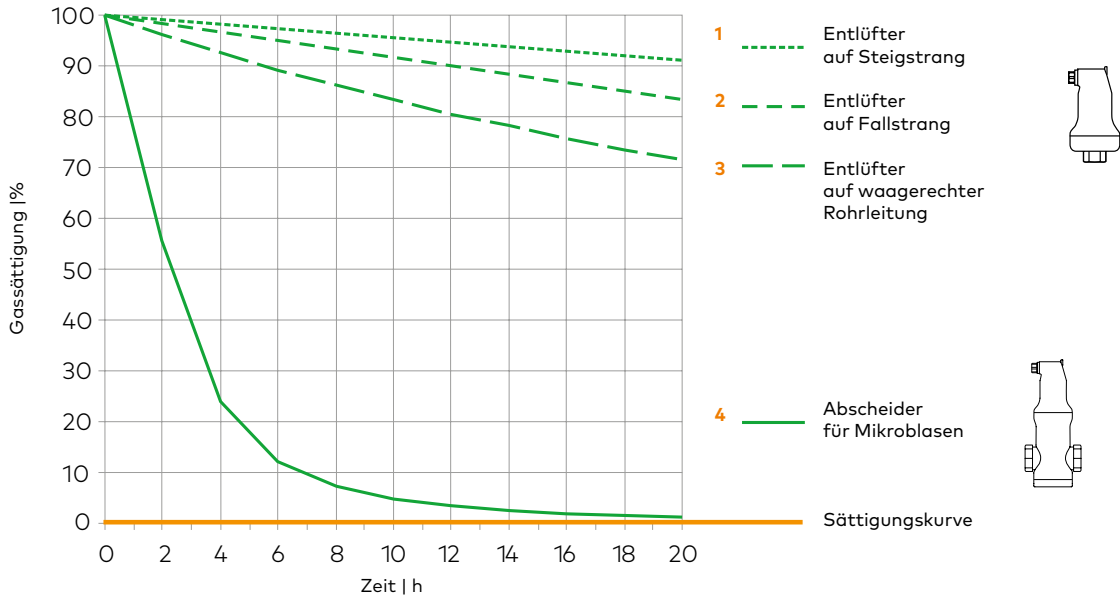


01 Dies ist der ungünstigste Fall, bei dem die Blasen fast vollständig von der Strömung mitgerissen werden.

02 Nur wenige Luftblasen gelangen in den Entlüfter. Die Abscheideleistung ist gering und nur bei $d/D \approx 1$ und Fließgeschwindigkeiten von $w \leq 0,5$ m/s relevant.

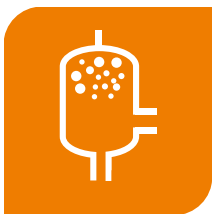
03 Aufgrund der Turbulenzen in der Biegung erreichen nur wenige Luftblasen den Entlüfter. Entlüfter entfernen die Luft sehr ineffizient und werden nicht zur Entlüftung empfohlen. Mikroblasenabscheider sind eine weitaus bessere Option.

Erreichbare Gassättigung von Entlüftern im Vergleich zu Abscheidern



Vergleich: Mit Entgasern und Abscheidern erreichbare Gassättigung

Die verschiedenen auf dem Markt angebotenen Lösungen arbeiten nach den folgenden Abscheideprinzipien:



Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit

Klassische Abscheider für Luft reduzieren die Strömungsgeschwindigkeit. Vorhandene Blasen können in ruhigerem Wasser nach oben steigen und werden vom Wasser getrennt. Anschließend werden sie durch einen automatischen Entlüfter ausgestoßen. Die Abscheideleistung dieser Geräte ist gering, da sie nur sehr große Gasblasen einfangen können. Mikroblasen werden mit der Strömung mitgerissen.



Regelvorrichtungen

Leitbleche in einem klassischen Luftabscheider sollen die Luftblasen in den oberen Teil des Abscheiders leiten. Die Effizienzsteigerung ist allerdings gering und ermöglicht weiterhin keine Abscheidung von Mikroblasen.

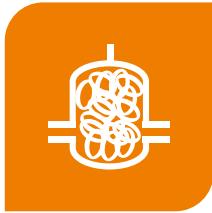


Zentrifugalwirkung

Das Wasser kann durch tangentialen Zu- und Abfluss in Rotation versetzt werden. Durch die Rotation der Strömung konzentrieren sich die leichteren Blasen in der Mitte und steigen auf. Aus verschiedenen Gründen ist dieses Prinzip bei der Abscheidung von Mikroblasen nur schwer zu verwirklichen.

Koaleszenzeffekt

Hierbei handelt es sich um das Anhaften kleinster Blasen an anderen Stoffen. Die Blasen sammeln sich an, wachsen zusammen und können dann aufsteigen. Dieses Phänomen tritt bei bestimmten Ringen (z. B. Porzellan oder Keramik) oder bei Drahtgewebe auf.



Drahtgewebe weist eine Kombination aus turbulenten und ruhigen Bereichen auf. Die Blasen kollabieren in dem unten befindlichen turbulenten Bereich. Der Austausch findet in dem darüber liegenden ruhigen Bereich statt, in dem dann die Blasen auftreten können.

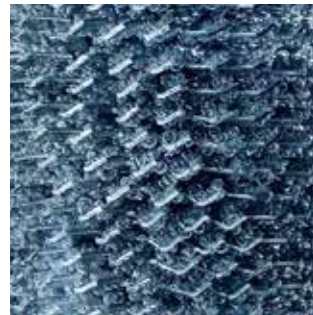


Es gibt verschiedene Varianten von Drahtgeflechten: horizontal oder vertikal, mit oder ohne Mittelkern, in Form einer Spirale, einer Bürste oder eines Siebs.

Helikoidales Prinzip

Diese Technologie von IMI Pneumatex kombiniert die oben genannten Prinzipien und vermeidet deren Nachteile:

- Die Strömungsgeschwindigkeit wird reduziert, so dass große Blasen sehr schnell aufsteigen können.
- Mehrere schräg angeordnete Flügel leiten die Luftblasen nach oben.
- Der helikoidale Abscheider (der eine große Oberfläche hat) fängt die Mikroblasen mit seinen vielen Vertiefungen und Spitzen optimal ein.
- Durch die spiralförmige Anordnung (eine nach oben gerichtete Spirale) können selbst kleinste Blasen in der zentralen Säule mit wenig Turbulenzen aufsteigen.
- Dank der verbesserten Strömungstechnik bilden sich die Blasen außerhalb des Hauptstroms.
- Die Flügel sorgen für einen großen ruhigen Bereich im oberen Teil des Abscheiders, in dem sich leicht Blasen bilden können.



Mikroblasenabscheider

Abscheider für Mikroblasen können sehr kompakt gebaut werden. Sie sind für die Entgasung im laufenden Betrieb geeignet. Zur Steigerung der Effizienz können verschiedene Abscheidungsprinzipien kombiniert werden. Der Abscheider ist vollständig durchströmt. Die Gase werden vom Wasser getrennt und über den Entlüfter abgeführt.

Mikroblasenabscheider sind umso effizienter, je geringer die statische Höhe (H_{st}) und je höher die Anlagentemperatur (t_{max}) am Einbauort ist. Die Wirksamkeit wird durch die statische Höhe (H_{st}) über dem Abscheider begrenzt (siehe Tabelle unten).

t_{max}	°C	90	80	70	60	50	40	30	20	10
H_{st}	mWs	15,0	13,4	11,7	10,0	8,4	6,7	5,0	3,3	1,7

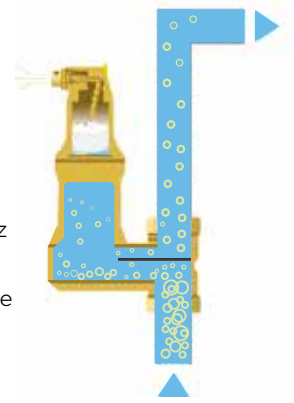
H_{st} = maximale statische Höhe für eine effektive Mikroblasenabscheidung bei maximaler Anlagentemperatur vor dem Abscheider

Zeparo ZUV Mikroblasenabscheider



Die professionelle Lösung mit hoher Abscheideleistung in kompakter Bauweise.

- Niedrige Strömungsgeschwindigkeit im Abscheider lässt große Blasen schnell aufsteigen
- Große Anzahl von spiralförmig angeordneten Leitblechen lenkt die Blasen nach oben
- Kleinere Blasen können in der zentralen Säule mit geringer Turbulenz aufsteigen
- Mit seinen vielen Vertiefungen und Erhebungen hat der spiralförmige Abscheider eine große Gesamtoberfläche, die die Koaleszenz von Gasblasen fördert und Mikroblasen optimal einfängt. Koaleszenz bezeichnet das Anhaften kleinster Blasen an anderem Material. Die Blasen sammeln sich, formen sich zu größeren Blasen und steigen dann auf



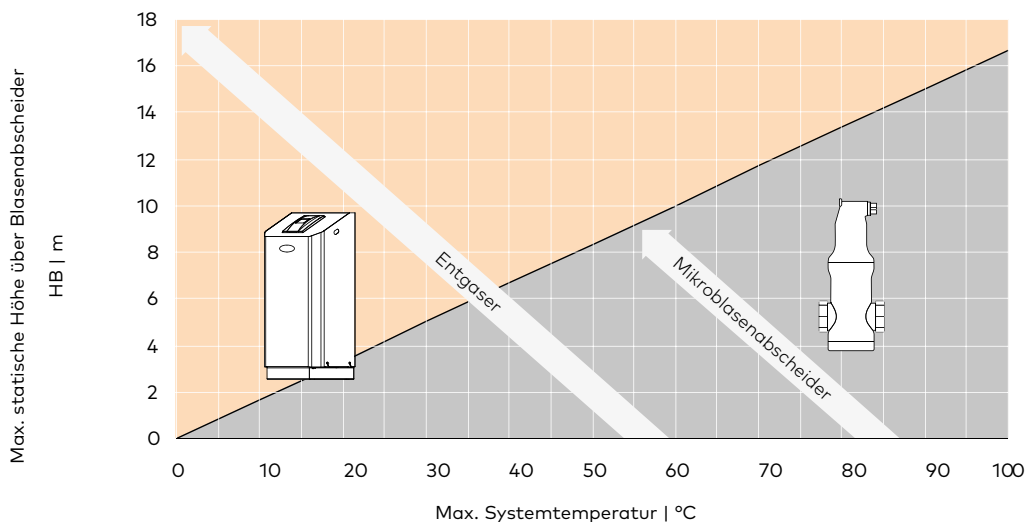
Unter normalen Bedingungen können Mikroblasenabscheider keine Untersättigung an der Einbaustelle erreichen. Große Teile der Anlage, in denen ein höherer Druck herrscht, können jedoch absorbierend wirken.

Zwei Faktoren bestimmen die Effizienz eines Entgaser: die Effizienz des Abscheideelements und der Druckabfall, den ein Abscheider verursacht.

Ein gutes Abscheideelement sorgt dafür, dass möglichst viele Mikroblasen eingefangen und effizient aus der Heizungsanlage entfernt werden. Außerdem darf das Abscheideelement den Durchfluss in der Anlage nicht behindern. Ein Mikroblasenabscheider sollte vorzugsweise an der heißesten Stelle einer Anlage installiert werden, wo die Mikroblasen freigesetzt werden. Im Falle einer Heizungsanlage ist dies die Stelle, an der das Wasser aus dem Wärmeerzeuger oder dem Plattenwärmetauscher austritt.

Anwendung von Abscheidern und Druckstufenentgasern

Mikroblasenabscheider sind passive Geräte, die nur Blasen abführen können, die sich bereits in der Anlage befinden und in den Abscheider gelangen. Sie werden idealerweise dort platziert, wo der Druck niedrig oder die Anlagentemperatur hoch ist, wo sich auf natürliche Weise Blasen bilden. Wenn die statische Höhe (H_{st}) überschritten wird, bleiben die Gase in teilweise gelöster Form und können nicht wirksam abgeschieden werden.



Mikroblasenabscheider sind nur unterhalb der Linie voll funktionsfähig. Entgaser, die in der Lage sind, neben möglichen freien Gasblasen auch gelöste Gase zu entfernen, sind die Lösung, wenn Mikroblasenabscheider an ihre physikalische Grenze gelangen.

Abscheidungsprinzipien für gelöste Gase

Während des Anlagenbetriebes entfernen Entgaser gelöste Gase in einem Teilstrom aus dem Wasser. Als Prinzipien werden eine gezielte Erhöhung der Temperatur und Verringerung des Drucks angewendet.

Thermische Entgaser

Thermische Entgaser arbeiten mit höheren Temperaturen, um die Löslichkeit zu verringern. Solche Systeme sind sehr energieintensiv und ihr wirtschaftlicher Einsatz ist nur dort möglich, wo Heißwasser und Dampf zur Verfügung stehen.

Aus diesem Grund sind thermische Entgaser fast nie in HLK-Anlagen zu finden.

Mit Hilfe eines Mikroblasenabscheiders können jedoch thermische Entgasungseffekte an heißen Kesselwänden genutzt werden.



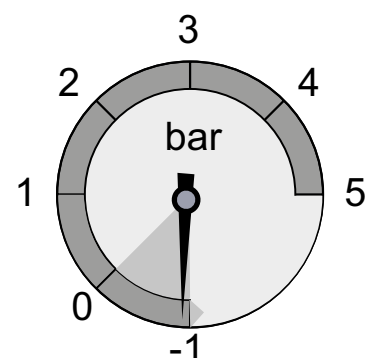
Druckstufenentgaser

Druckstufenentgaser arbeiten mit niedrigeren Drücken, um die Löslichkeit zu verringern. Druckstufenentgaser werden seit vielen Jahren zur Entgasung von HLK-Anlagen in Gebäuden eingesetzt. Die Investitions- und Betriebskosten solcher Entgaser sind im Vergleich zu thermischen Entgasern vernachlässigbar.



Das Prinzip der Entgasung:

- Entnehmen Sie der Anlage eine Probe des gasgesättigten Wassers und reduzieren Sie den Druck. Gelöste Gase treten in Form von Mikroblasen aus der Lösung aus.
- Führen Sie die Gasblasen an die Umgebung ab.
- Führen Sie das entgaste Wasser wieder der Anlage zu.
- Wenn dieser Vorgang kontinuierlich wiederholt wird, kann der gesamte Wasserinhalt der Anlage auf eine hohe Absorptionsfähigkeit gebracht werden.
- Es wird zwischen Vakuum- und Atmosphärendruckstufenentgasern unterschieden.



Die Effizienz von Druckstufenentgasern hängt vom Druckniveau (atmosphärisch, Vakuum) und von der Effizienz des Koaleszenzeffekts (Größe der Luftblasen) ab.

Abhängig von der Druckdifferenz können Druckstufenentgaser gelöste Gase abscheiden und an jeder Stelle der Anlage einen Zustand der Gasuntersättigung herbeiführen. Theoretisch kann im Vakuum eine totale Untersättigung von bis zu 100 % erreicht werden. Atmosphärische Entgaser können eine Untersättigung von bis zu 15 % herbeiführen. Der Entgasungseffekt ist höher als bei vergleichbaren Mikroblasenabscheidern.

Bei der Vakuumentgasung wird ein Teil der Systemflüssigkeit vorübergehend einem Vakuum ausgesetzt. Die in der Flüssigkeit gelösten Gase werden freigesetzt, abgeschieden und aus der Anlage entfernt. Die entgaste und absorptionsfähige Flüssigkeit wird dann zurück in die Anlage gepumpt, wo sie zu zirkulieren beginnt und Gase wieder absorbiert werden können. Auf

diese Weise können Probleme auch an Stellen behoben werden, an denen der Durchfluss schlecht und der Überdruck begrenzt ist.

Je größer die Untersättigung der gelösten Gase im Medium ist, desto größer ist die Pufferkapazität für Gase, die in die Anlage eingebracht werden (z. B. durch Nachspeisewasser, bei Reparaturarbeiten, Anlagenerweiterungen, usw.).

Rechnet man mit einer Untersättigung von 10 ml/l, so kann eine 400-kW-Anlage mit einem Wassergehalt von 5.000 Litern eine Luftmenge von 50 Litern aufnehmen, ohne dass Blasen entstehen!

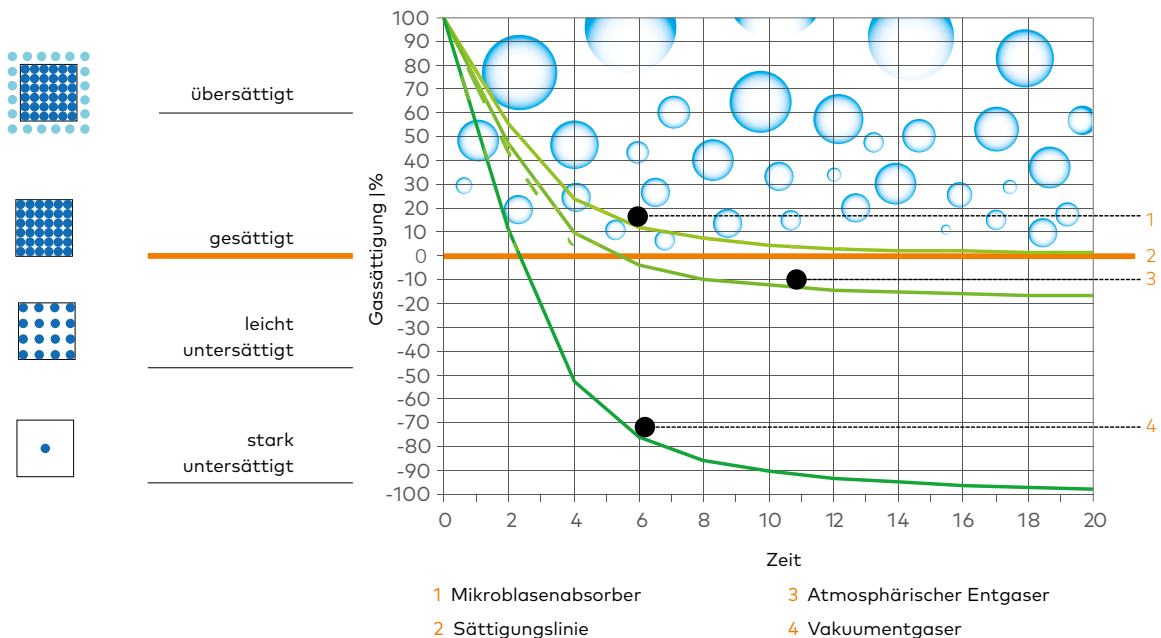
Vakuumentgaser können selbst stark gasübersättigte Systeme sehr schnell in einen gasuntersättigten Bereich führen.

Darüber hinaus können Vakuumentgaser auch das Nachspeisewasser entgasen, was die Sauerstoffbelastung erheblich reduziert (in der Regel 60-80 %).

Vakuumentgaser sind daher besonders geeignet für:

- Anlagen mit vielen Verzweigungen und einer niedrigen Fließgeschwindigkeit
- Kaltwassersysteme, in denen ein Mikroblasenabscheider aufgrund der niedrigen Systemtemperaturen nur einen sehr begrenzten Anwendungsbereich hat
- Anlagen mit hohem Systemdruck
- Anlagen mit regelmäßigem und erhöhtem Nachspeisebedarf
- Anlagen, die regelmäßig im Zusammenhang mit „Luftproblemen“ beanstandet werden (kalte Heizkörper, Strömungsgeräusche)
- Anlagen, in denen der Gasgehalt schnell reduziert werden soll
- Anlagen, die eine höchstmögliche Energieeffizienz erfordern, da ein optimaler hydraulischer Abgleich, eine optimale Umwälzpumpenleistung und eine optimale Wärmeübertragung nur ohne Gasblasen möglich sind

Theoretisch erreichbare Gas-Sättigung bei Entgasern und Abscheidern für Mikroblasen



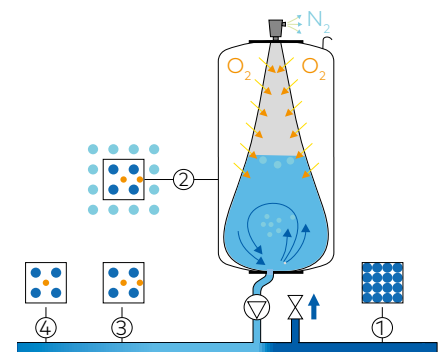
Atmosphärische Entgasung

Am einfachsten lässt sich die atmosphärische Entgasung als Teil einer Pumpendruckhaltung mit einem drucklosen Ausdehnungsgefäß realisieren

Mit der Pumpe und dem Überströmventil verfügt eine Pumpendruckhaltung bereits über die wesentlichen Komponenten zur Realisierung einer Teilstromdruckstufenentgasung. Im drucklosen Ausdehnungsgefäß wird das Anlagenwasser automatisch auf ein Druckniveau entspannt, das niedriger ist als der statische Druck in der Anlage. Aus diesem Grund ist hier die Integration einer Entgasung bei Atmosphärendruck so einfach.

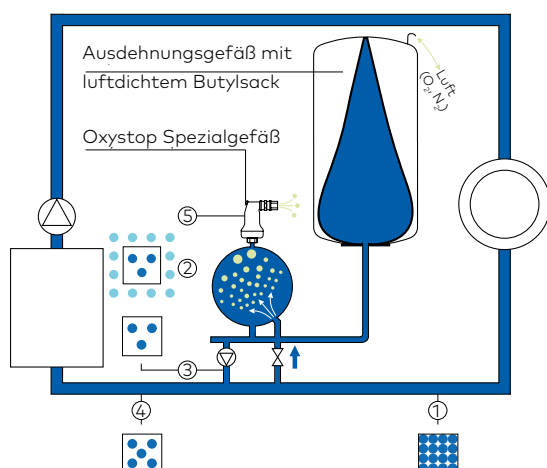
Eine besonders kostengünstige und häufig realisierte Form der atmosphärischen Entgasung erfolgt direkt über das Ausdehnungsgefäß der Druckhaltung. Dabei sind jedoch einige sehr wichtige Punkte zu beachten.

Der O₂-Eintrag kann nur mit hochwertigen Membranen verhindert werden, ansonsten ist das System korrosionstechnisch nicht geschlossen. Ein Nachteil des Durchflusses bei höheren Temperaturen ist, dass die Sauerstoffdichtigkeit der Membran exponentiell abnimmt und die Alterung zunimmt. Das Ausdehnungsgefäß, das zur Entgasung verwendet wird, muss jedoch wärmeisoliert sein, da andernfalls der Wärmeverlust über die große Gefäßoberfläche nicht mehr vernachlässigbar ist.



- Gelöster Sauerstoff O₂ ●
- Gelöster Stickstoff N₂ ●
- Freier Stickstoff N₂ ●

Atmosphärische Entgasung im Ausdehnungsgefäß mit Sauerstoffdiffusion durch die Membran des Gefäßes



Weiterentwickelte Pneumatex-Lösung mit Airproof-Technologie. Keine Entgasung im Ausdehnungsgefäß eliminiert das Risiko der Sauerstoffdiffusion.

Pneumatex hat dieses Prinzip mit der airproof-Technologie verbessert. In diesem Fall wird das Ausdehnungsgefäß nicht zur Entgasung verwendet und immer auf niedriger Temperatur gehalten, ohne dass die Gefahr der Sauerstoffdiffusion besteht. Die gesamte Entgasung erfolgt in einem separaten diffusionsdichten Entgasungsgefäß. Zusammen mit der airproof Butylblase ist das Risiko einer unzulässig hohen Sauerstoffdiffusion über das Ausdehnungsgefäß ausgeschlossen. Inzwischen wurde diese atmosphärische Entgasungstechnik von Pneumatex durch die weitaus effektivere Vakuum-Cyclone-Entgasung ersetzt.

Vakuumentgasung

Es können verschiedene Technologien eingesetzt werden, um ein Vakuum zu erzeugen und gelöste Gase aus dem Anlagenmedium zu entfernen.

Bei Vakuumentgasern wird zwischen Entgasern mit Unterdruckerzeugung auf der Gasseite und Entgasern mit Unterdruckerzeugung auf der Wasserseite unterschieden. Letztere haben den größten Marktanteil, da sowohl die Anschaffungs- als auch die Betriebskosten sehr niedrig sind.

Vakuumentgaser mit wasserseitiger Vakuumerzeugung – Funktionsprinzip

Die Hauptkomponente dieses Entgasers ist eine wasserseitige Hochdruckpumpe, die im Entgasungsgefäß einen Unterdruck erzeugt und das entgaste Wasser in die angeschlossene Anlage befördert. Die Wasserzufuhr in den Entgasungsbehälter erfolgt je nach Ausführung in den Flüssigkeitsbereich oder in den im Unterdruck entstandenen Gasbereich. Der Entgasungsprozess ist unterteilt in eine Vakuum- und eine Spülphase. In der

Vakuumphase ist die Abströmung aus dem Entgasungsbehälter größer als die Zuströmung, wodurch der Unterdruck erzeugt wird. Sobald Unterdruck herrscht, desorbieren die Gase aus der Flüssigkeit. In der Spülphase ist die Zuströmung größer als die Abströmung. Das Vakuum bleibt die meiste Zeit der Spülphase noch erhalten, bis am Ende dieser Phase das desorbierte Gas bei Überdruck über den Entlüfter an die Umgebung abgeführt wird.

Die Effizienz der Entgasung hängt vom verwendeten Verfahren ab. Es entscheidet darüber, wie gut die im Unterdruck desorbierenden Mikroblasen zum Entlüfter geführt werden können, ohne von der Pumpenströmung mitgerissen und zurück ins System gefördert zu werden.

IMI Pneumatex Vakuum-Cyclone-Engasung

Die aktuellen Druckstufenentgaser von IMI Pneumatex nutzen eine einzigartige Kombination aus Zykloneffekt und Vakuumentgasung. Die Vakuum-Cyclone-Entgasung von IMI Pneumatex ist eine extrem kompakte, skalierbare und maximal effiziente Vakuumentgasungstechnologie. Sie ersetzt das bis 2015 produzierte Pneumatex Sprühwirbel-Vakuumentgasungssystem.

Wie funktioniert die Vakuum-Cyclone-Entgasung?

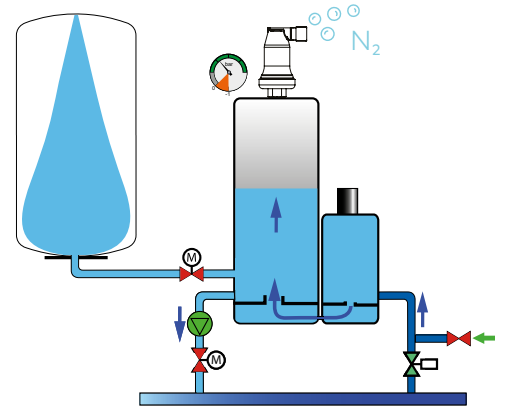
Bei der Vakuum-Cyclone-Entgasung wird ein Teil des Mediums in einen speziellen Entgasungsbehälter geleitet, wo es einem starken Unterdruck ausgesetzt wird. Eine Blende in der Zuleitung begrenzt den Wasserdurchfluss auf einen Wert, der unter der Förderleistung der Pumpe liegt. Dadurch werden die gelösten Gase im Inneren des Behälters freigesetzt.

Die entstehende Flüssigkeit sieht aufgrund der vielen kleinen Bläschen milchig aus. Bei herkömmlichen Systemen besteht das Problem an dieser Stelle darin, wie diese kleinen Gasblasen vom Medium getrennt und abgeführt werden können. Hierfür gibt verschiedene Technologien, aber keine von ihnen ist besonders wirksam. IMI Pneumatex hat eine Lösung entwickelt, die auf der revolutionären Cyclone-Technologie beruht.

IMI Pneumatex Druckhaltung mit integrierter Vakuum-Cyclone-Entgasung

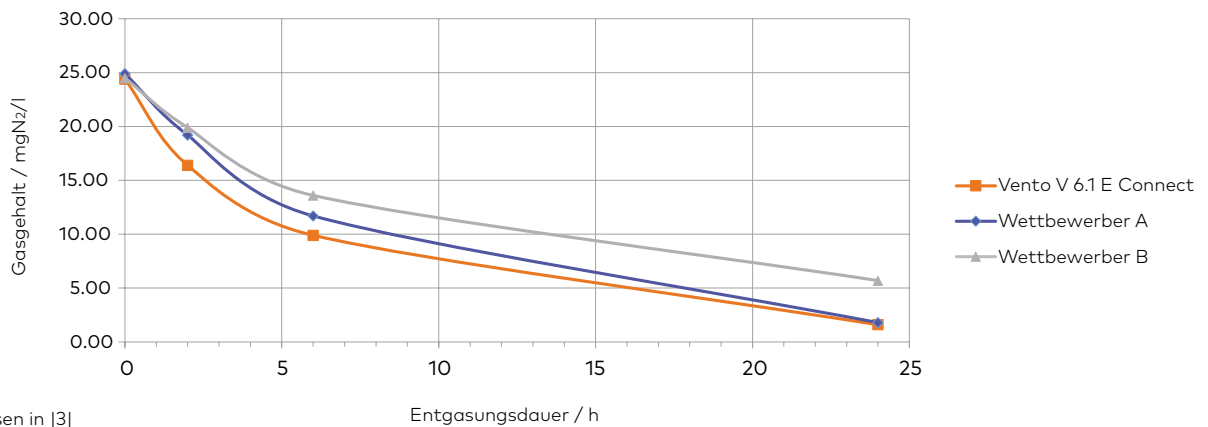
Die IMI Pneumatex Transfero TV Connect Reihe zeigt die gelungene Integration der Vakuum-Cyclone-Entgasung in eine Pumpendruckhaltung. Der vakuumdichte Motorkugelhahn zwischen dem drucklosen Ausdehnungsgefäß und den Entgasungsbehältern ist das Schlüsselement dieser Transfero-Reihe und damit auch das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zur Vento-Hydraulik.

Während der Entgasungsvorgänge ist dieser Motorkugelhahn konsequent geschlossen und öffnet lediglich für die Druckhaltefunktion. Das ausgeklügelte Steuerungssystem BrainCube Connect stellt sicher, dass die Prozesse Druckhaltung, Vakuumentgasung, Nachspeisung und Wasseraufbereitung reibungslos ablaufen und überwacht werden.



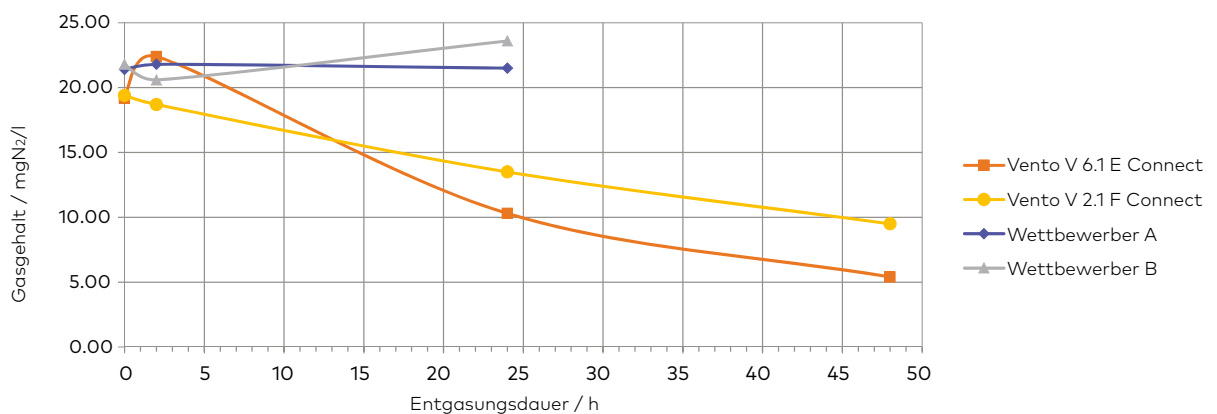
Abklingkurven des Gasgehalts bei konkreten Messungen

Vakuumentgasung - 1,8 m³ Kühlkreislauf - Wasser



Gemessen in [3]

Vakuumentgasung - 450 l Kühlkreislauf - Wasser mit 25 % Ethylenglykol



Gemessen in [4]

Die Tests für die Wettbewerber A und B wurden nach 24 Stunden abgebrochen, da kein Entgasungseffekt erkennbar war. Erhöhte Messwerte lassen sich durch das anschließende Auflösen von N₂-Gasblasen im Kreislauf erklären.

Entgasungsprogramme

Eco-Automatikmodus: optimierter Gasgehalt in Abhängigkeit vom Entgasungsbetrieb

Das Gerät misst während der Entgasungsprozesse den Gasausschub und schaltet über den PSeco-Schalter automatisch ab, wenn der Gasgehalt des Anlagenwassers ausreichend tief ist. Der Gasgehalt wird täglich geprüft und der Entgasungsprozess bei Bedarf automatisch gestartet. Der PSeco-Schalter zur Erkennung des Gasausschubs ist werkseitig so eingestellt, dass der Stickstoffgehalt unter 8 ml/l bleibt. Der Eco-Automatikmodus ist der energiesparendste Entgasungsmodus. Daher ist eco auto bei Vento / Transfero TV Connect werkseitig nach der Inbetriebnahme eingestellt.

Kontinuierliche Entgasung: reduziert schnell den Gasgehalt im Anlagenwasser

Das Gerät entgast das Anlagenwasser zeitgesteuert und kontinuierlich außerhalb der nächtlichen Ruhezeiten. BrainCube berechnet die erforderliche Dauer der Entgasung je nach Anlagengröße. Die berechnete Entgasungszeit gewährleistet einen ausreichend niedrigen Gasgehalt im System. Die verbleibende Zeit wird auf der BrainCube angezeigt. Das Gerät schaltet automatisch auf Eco-Intervallentgasung, wenn die kontinuierliche Entgasung abgeschlossen ist.

Eco-Intervallentgasung: hält den Gasgehalt im System auf einem konstant niedrigen Niveau

Das Gerät entgast das Systemwasser zeitgesteuert und in Intervallen. Die BrainCube-Steuerung berechnet Pausenzeiten und Entgasungszeiten je nach Anlagenvolumen. Dies gewährleistet einen konstant niedrigen Gasgehalt bei geringem Energieverbrauch in jeder einzelnen Anlage.

Nachspeisewasser-Entgasung: reduziert den Gasgehalt im Nachspeisewasser um bis zu 80 % und wird automatisch bei jeder Nachspeisesequenz aktiviert

Automatische Vakuum-Dichtheitsprüfung

Vento und Transfero TV Tecboxen sind für eine hohe Vakuumleistung ausgelegt. Während jedes Entgasungszyklus verhindert eine kontinuierliche Vakuumprüfung das unerwünschte Eindringen von Luft aufgrund von Dichtheitsmängeln. Wird kein ausreichend tiefer Unterdruck erreicht, stoppt die Entgasung automatisch. Darüber hinaus führt Vento nachts, wenn die Entgasungsfunktion nicht aktiv ist, automatisch einen zweiminütigen Präzisions-Vakuumtest durch. Das Gerät erzeugt ein tiefes Vakuum und prüft mit einer Toleranz von 0,05 bar, ob das Vakuum stabil ist.

So lassen sich auch kleinste Leckagen aufspüren, die durch alternde Dichtungen oder Auskristallisationen auf den Dichtflächen nach einigen Betriebsjahren entstehen können.

Wenn sich der Unterdruck nicht wie erwartet verhält, wird die Entgasung sofort abgebrochen und eine Fehlermeldung ausgegeben. Die automatischen Vakuum-Dichtheitsprüfungen stellen sicher, dass der Vento eine kontinuierliche, tiefe und präzise Entgasung des HLK-Systems durchführt.

Diese Funktion ist bei vielen Wettbewerbern nicht verfügbar. Ohne sie kann ein unerwünschter Lufteintrag über Leckagen (z. B. durch ein defektes Vakuum-Rückschlagventil) nicht rechtzeitig erkannt werden und zu schädlicher Sauerstoffkorrosion führen. Bei Pneumatex Vento und Transfero TV kann dies nicht passieren.

Einbau von Luftabscheidern

Positionierung von Luftabscheidern



Ideale Platzierung für Mikroblasenabscheider



Akzeptable Platzierung



Inakzeptable Platzierung



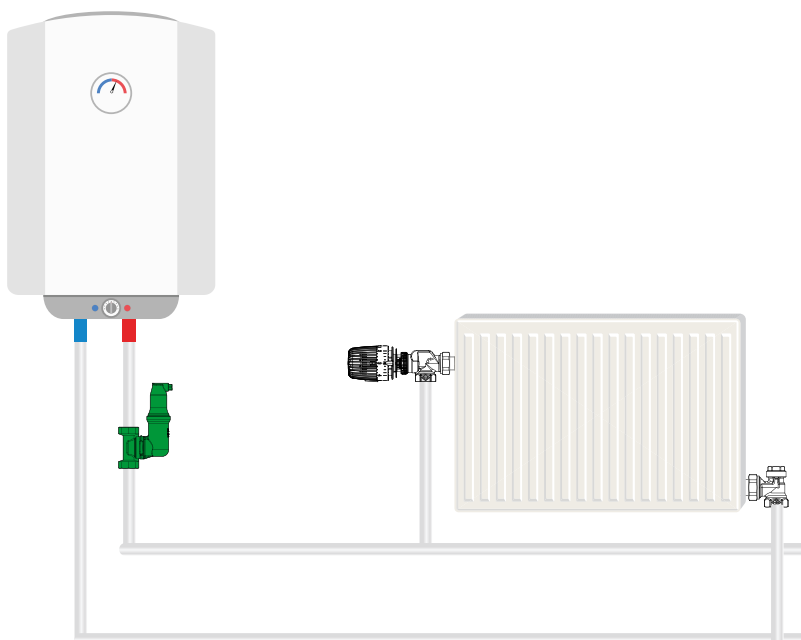
Die Verwendung eines Vento Cyclone-Vakuumentgasers wird empfohlen.

Heizung

Kleine Heizungsanlagen

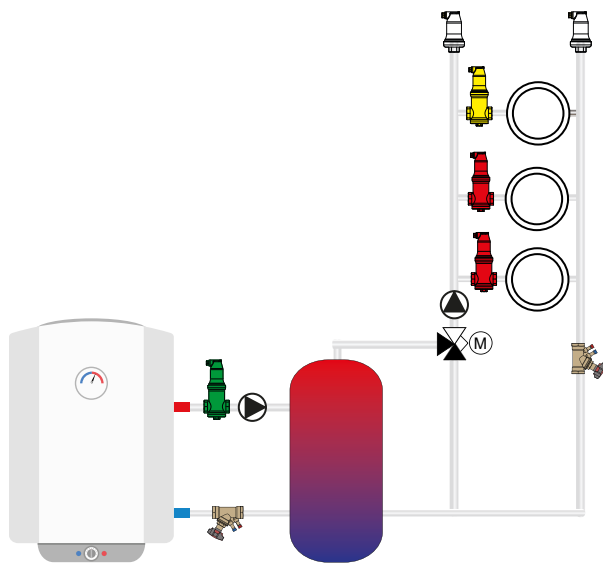
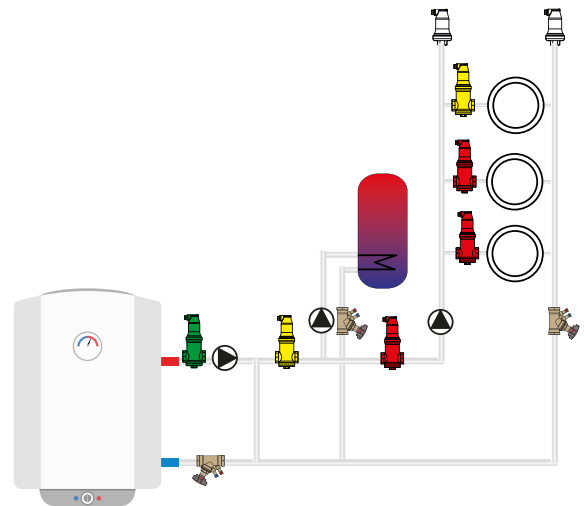
Wandhängende Gasheizkessel

Die beste Position ist die Vorlaufleitung nach der Gastherme. Diese Systeme haben einen niedrigen statischen Druck und nach dem Brenner des Kessels ist die Temperatur am höchsten. Da oft nicht viel Platz zur Verfügung steht, wird in der Regel ein Zeparo ZUVL oder ein Zeparo ZTV turnable verwendet.



Heizkörpersysteme

Die beste Position ist die Vorlaufleitung nach dem Wärmeerzeuger. Diese Systeme haben einen niedrigeren statischen Druck und nach dem Wärmeerzeuger ist die Temperatur am höchsten. Der Durchfluss ist nach der hydraulischen Weiche variabel, so dass sich diese Position gut eignet, aber dennoch nicht ideal ist. Das Gleiche gilt für die Installation im obersten Kreislauf, wo ein niedriger Druck, aber auch ein geringerer Durchfluss vorliegt. Der Einbau von Mikroblasenabscheidern in unteren Kreisläufen oder nach dem Mischpunkt wird nicht empfohlen, da dort die Temperaturen niedriger sind.

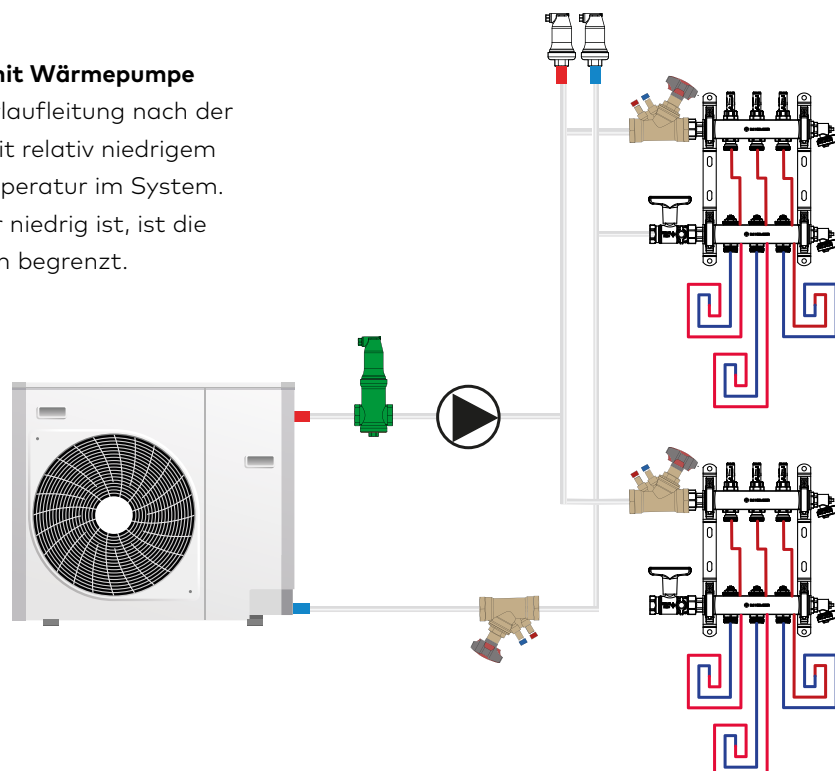


Heizkörpersysteme mit Heizwasserspeicher

Im Prinzip gilt hier das Gleiche. Aufgrund der hohen Temperatur bei der Leitungswasserproduktion und des höheren Durchflusses wird eine Positionierung nach dem Wärmeerzeuger empfohlen.

Niedertemperatursysteme mit Wärmepumpe

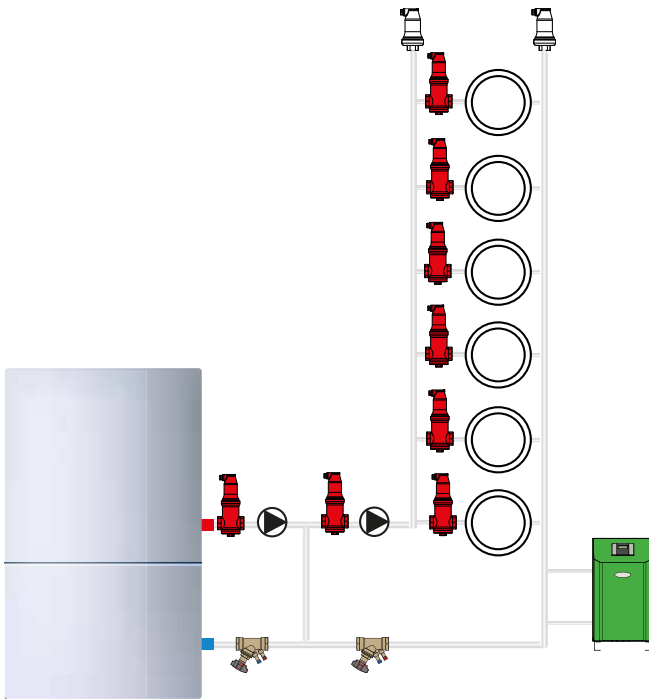
Die beste Position ist die Vorlaufleitung nach der Wärmepumpe, eine Stelle mit relativ niedrigem Druck und der höchsten Temperatur im System. Da aber die Temperatur sehr niedrig ist, ist die Abscheidung von Mikroblasen begrenzt.



Große Heizungsanlagen

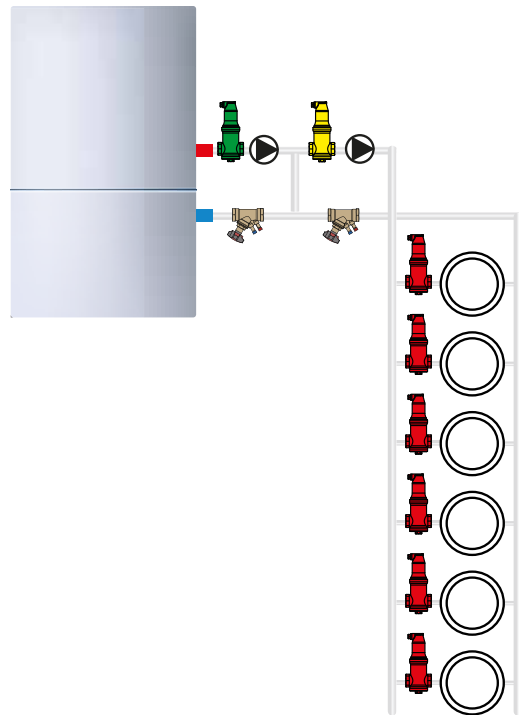
Systeme mit Steigleitungen

Aufgrund des hohen statischen Drucks in Kellern wird der Einbau von Mikroblasenabscheidern hier nicht empfohlen. Die beste Lösung ist die Installation eines Vakuumentgasers. Ein Vakuumentgaser kann Luft- und Gasprobleme im System verhindern.



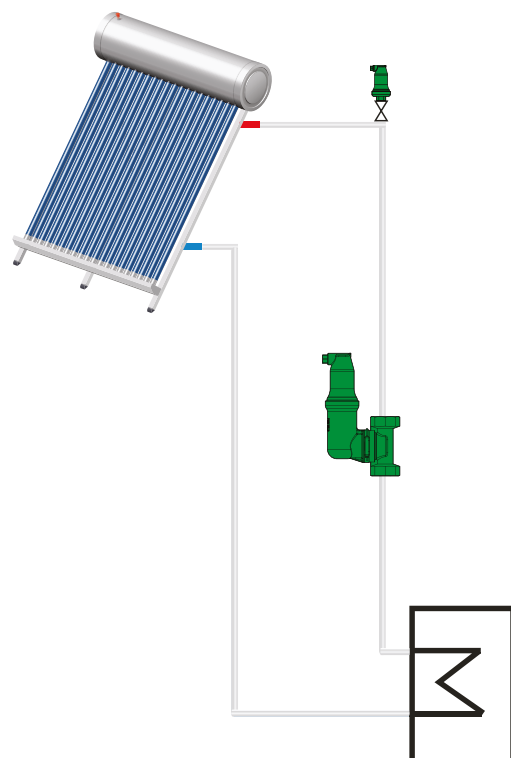
Systeme auf Dächern

Die beste Position ist die Vorlaufleitung nach dem Wärmeerzeuger. Systeme auf Dächern haben den niedrigsten statischen Druck und die höchste Temperatur nach dem Wärmeerzeuger. Daher ist die Position nach dem Wärmeerzeuger ideal. Die zweitgünstigste Position ist nach dem Mischpunkt (Regelventil). Von einer Installation unterhalb dieses Niveaus wird abgeraten. Aufgrund des niedrigen statischen Drucks in Systemen auf Dächern wird eine gute Abscheidung von Mikroblasen erreicht.



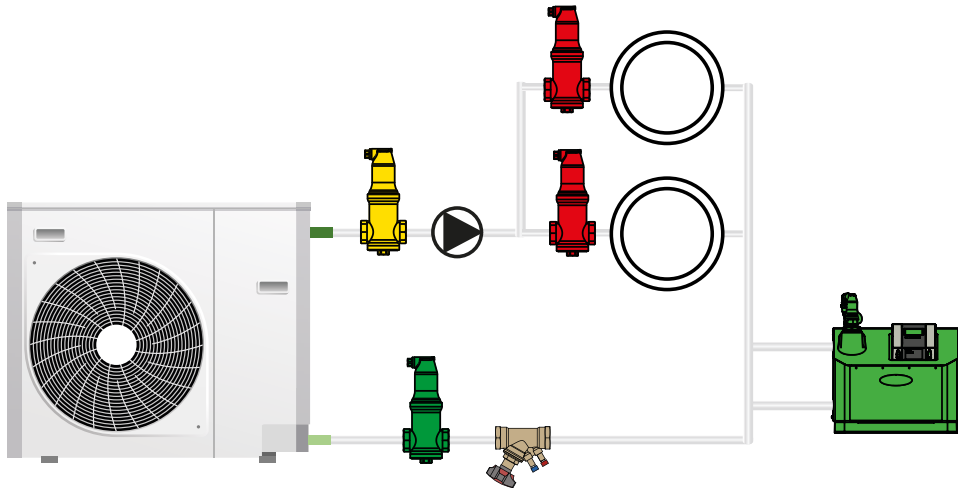
Solaranlagen

Solaranlagen werden mit Wasser-Glykol-Gemischen befüllt. Dies erschwert die Mikroblasenabscheidung, da wirksame Abscheider verwendet werden müssen. Die beste Stelle für eine Mikroblasenabscheidung ist nach dem Solarmodul in der Vorlaufleitung vom Dach. Da hier sehr hohe Temperaturen auftreten können, muss eine spezielle Version des Zeparo-Luftabscheiders verwendet werden, der über Edelstahleinlagen verfügt: Typ ZUVS.



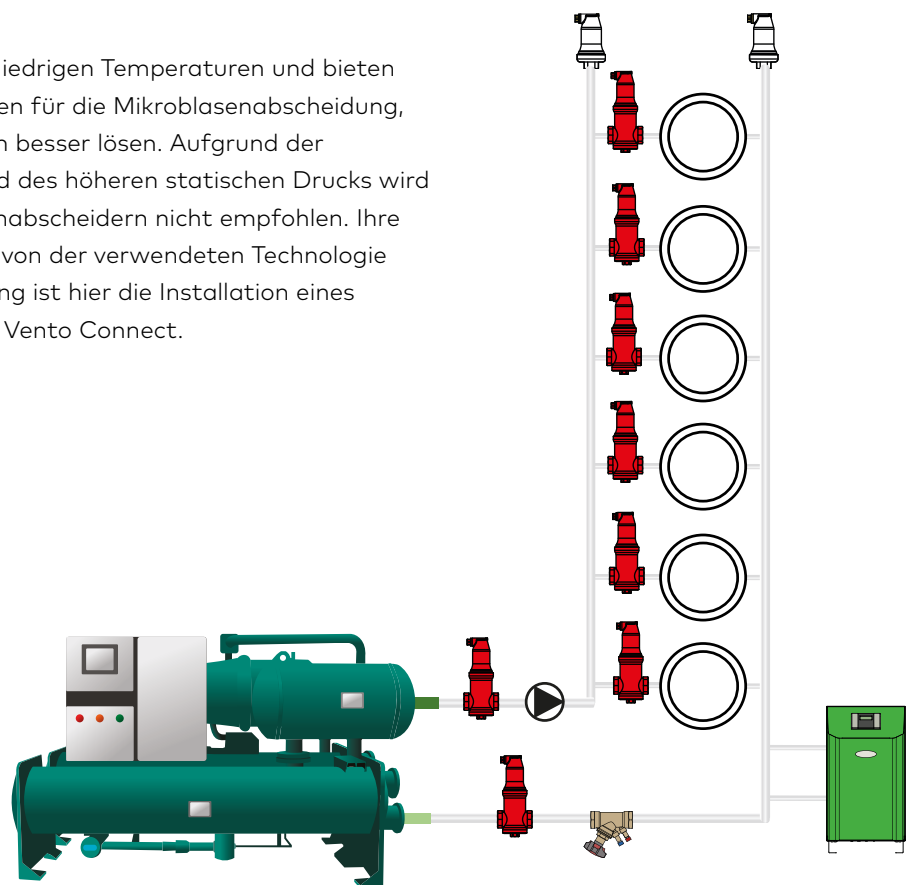
Kleine Kühlsysteme

Kühlsysteme arbeiten mit niedrigen Temperaturen und bieten daher schlechte Bedingungen für die Mikroblasenabscheidung, da sich die Gase im Medium besser lösen. Die beste Position für den Einbau eines Mikroblasenabscheiders ist im Rücklauf vor der Kältemaschine, wo die höchsten Temperaturen im System herrschen. Eine viel bessere Lösung ist jedoch die Installation eines kleinen Vakuumentgasers wie dem Simply Vento.

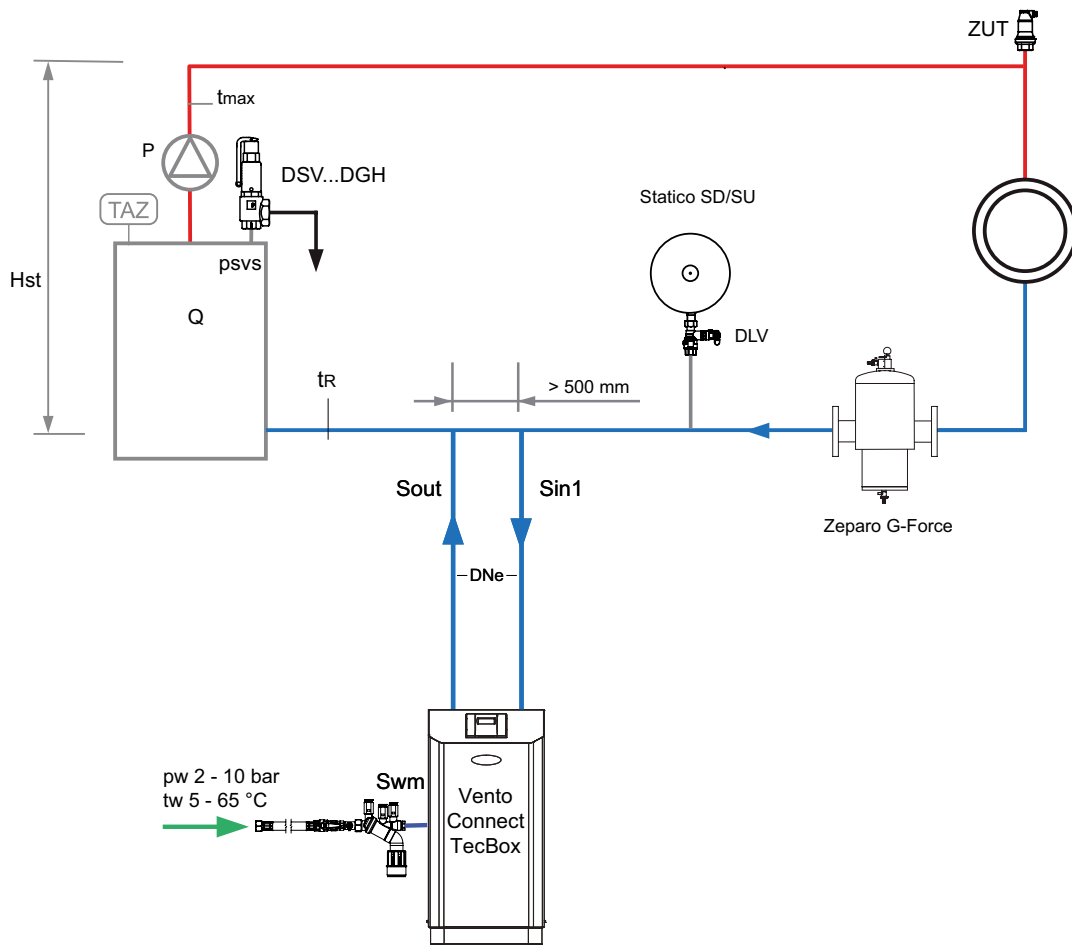


Große Kühlsysteme

Kühlsysteme arbeiten mit niedrigen Temperaturen und bieten daher schlechte Bedingungen für die Mikroblasenabscheidung, da sich die Gase im Medium besser lösen. Aufgrund der niedrigen Temperaturen und des höheren statischen Drucks wird der Einsatz von Mikroblasenabscheidern nicht empfohlen. Ihre Effizienz wäre unabhängig von der verwendeten Technologie sehr gering. Die beste Lösung ist hier die Installation eines Vakuumentgasers wie dem Vento Connect.



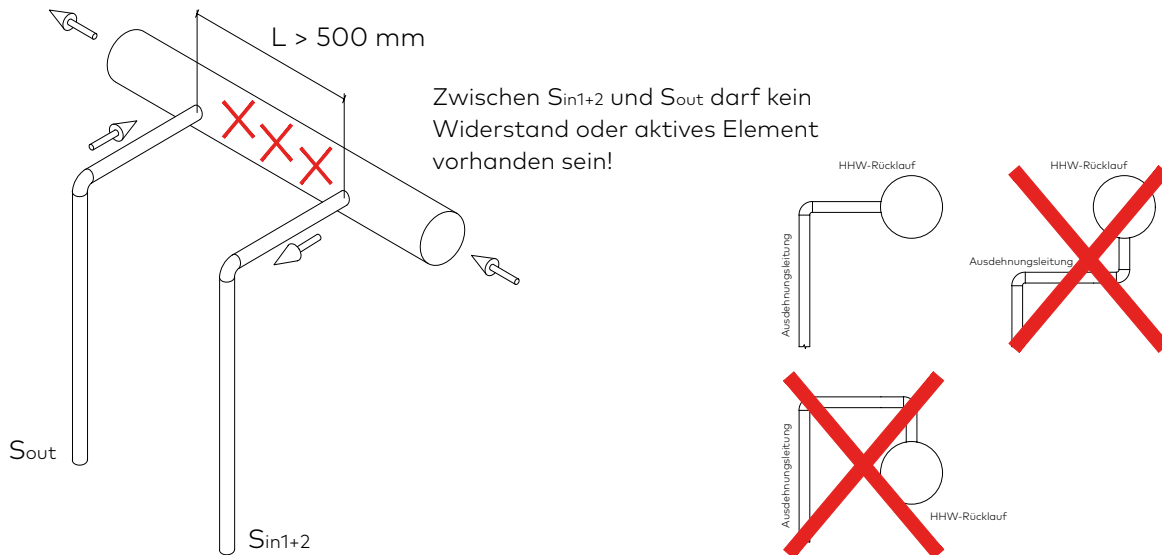
Montage von Vakuumentgasern



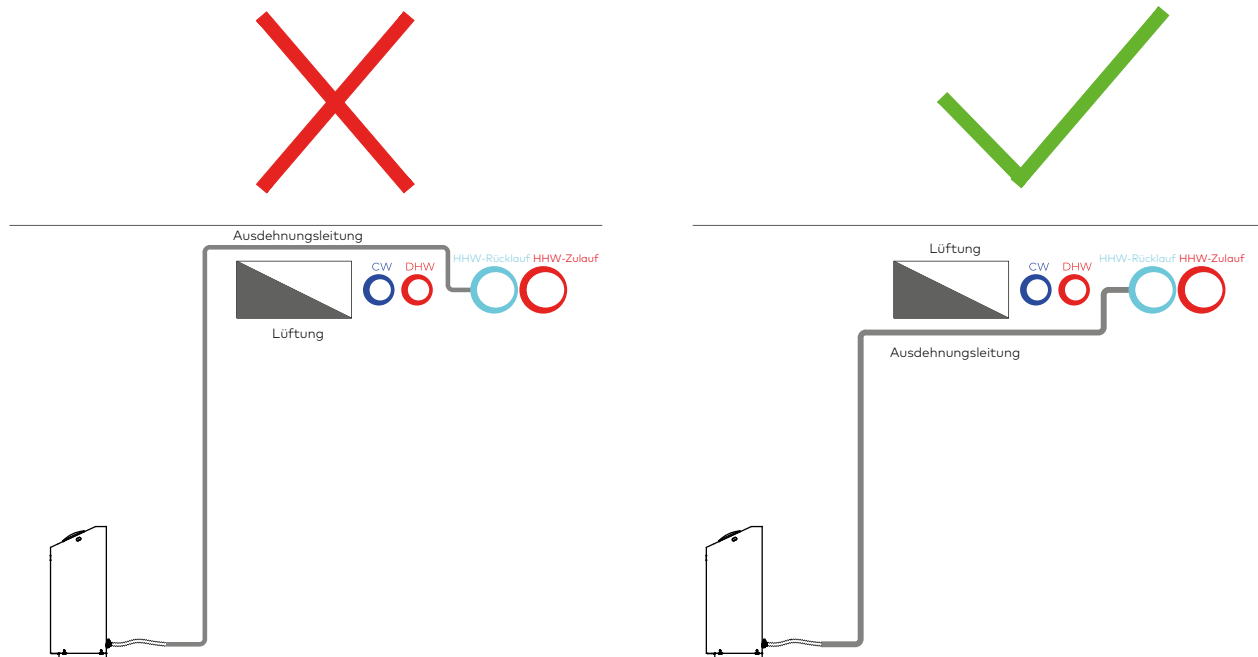
Beispiel für Heizungsanlagen, Rücklauftemperatur $t_r \leq 90 \text{ °C}$

Der Einbau erfolgt vorzugsweise auf der Saugseite der Umwälzpumpen, in der Nähe des Anschlusses der Druckhaltung im Rücklauf.

Vento muss in die Hauptleitung des Systems integriert werden, da sonst keine ausreichende Entgasung gewährleistet ist. Die Anschlüsse sind in Durchflussrichtung in folgender Reihenfolge vorzunehmen: zuerst an den Abzweig zum Geräteeingang, S_{in1} , und dann an den Rücklauf vom Gerät, S_{out} . Vergewissern Sie sich, dass zwischen den beiden Anschlusspunkten mindestens 500 mm liegen und dass es sich um eine gerade Rohrleitung handelt, in der keine Geräte zwischen Filter, Schmutzabscheider, Pumpe usw. installiert sind. Es sollte sich um einen geraden, leeren Rohrabschnitt handeln.



Außerdem sind übermäßig lange oder verdrehte Dehnungsrohre zu vermeiden. Vor allem müssen vertikale Schleifen vermieden werden, die zu Lufteinschlüssen neigen, insbesondere bei Transfero TV und Vento V Connect. Wenn sich dies nicht vermeiden lässt, müssen manuelle Entlüfter über diesen Rohrleitungsteilen angebracht werden.



Der Anschluss DNe sollte entsprechend dem für den Vakuumentgaser erforderlichen Durchmesser dimensioniert sein und flexible Schläuche enthalten, um einen direkten Anschluss an die TecBox ohne Spannung zu ermöglichen.

Die Ausdehnungsgefäße müssen ein Mindestvolumen von 80 l haben.

Schmutzabscheidung

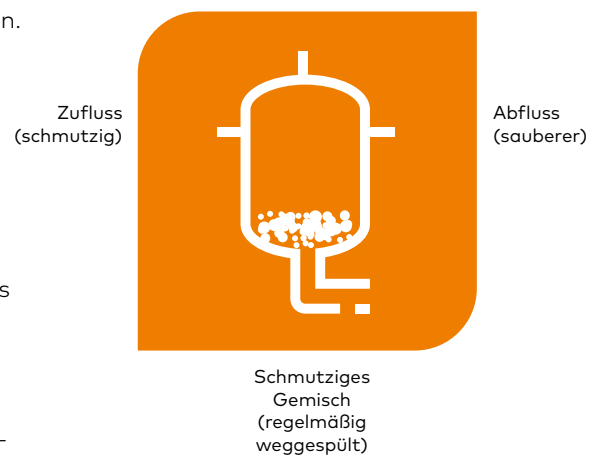
Schmutz und Korrosionsprodukte können die Effizienz und Lebensdauer von HLK-Anlagen erheblich verringern.

Im schlimmsten Fall kann dies zu einem kompletten Ausfall des Systems führen, da die Anlagenteile verschmutzen und der erforderliche Durchfluss nicht mehr gewährleistet werden kann.

Schmutz und Schlamm können mit Hilfe von geeigneten Abscheidern oder Filtern aus dem System entfernt werden. Auf dem Markt sind verschiedene Technologien erhältlich, die jedoch unterschiedlich effizient sind und deren Leistungsfähigkeit möglicherweise mangelhaft ist.

Schmutz- und Schlammabscheider sind Vorrichtungen, die das im Hauptstrom vorhandene Schmutz- und Wassergemisch trennen in:

- einen saubereren Hauptabfluss und
- ein deutlich schmutzigeres Gemisch, das im Abscheider verbleibt und weggespült wird



Abscheidungsprinzipien für die Schmutzabscheidung

Filtration

Bei der Filtration werden die in den Medien vorhandenen Partikel aufgefangen. Ein Sieb oder Gewebe verhindert den Durchgang von Partikeln einer bestimmten Größe. Filter stellen einen Kompromiss zwischen Effizienz und Widerstand dar. Effiziente Filter führen zu einem sehr großen Druckabfall, und Filter, bei denen der Druckabfall akzeptabel ist, sind entweder sehr teuer oder ineffizient.

Je nach Maschenweite können bis zu 100 % der Inhaltsstoffe zurückgehalten werden, in diesem Fall spricht man von Schmutzfängern, Filtern und Filtrationen. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass der zurückgehaltene Schmutz den Durchfluss beeinträchtigt. Die Reinigung ist zeitaufwändig und erfordert zwei Absperrventile.

Alle Systeme sind zum Schutz der Anlagenkomponenten mit Schmutzfängern

auszurüsten. Schmutzfänger sind dazu bestimmt, große Verunreinigungen zurückzuhalten, die Verstopfungen oder Schäden verursachen könnten, wie z. B. Fremdkörper, Metallfragmente, Dichtungsband und große Korrosionsflocken. (Diese sollten in einem zuvor gereinigten System nicht vorhanden sein.) Allerdings halten die Schmutzfänger keine feinen Partikel von Metalloxiden, Kesselstein oder Ausfällungen zurück, die zu den Schwebstoffen im System beitragen. Typischerweise besteht das Element in einem gewöhnlichen Inline-Schmutzfänger entweder aus einem Lochsieb oder einem Maschensieb (Loch-/Maschengröße größer als 0,8 mm).

Die Wahl einer kleineren Maschenweite als tatsächlich benötigt, ist kontraproduktiv, da dies den Druckabfall und das Risiko einer Verstopfung des Schmutzfängers selbst vergrößert, wenn dieser nicht regelmäßig kontrolliert wird.

Der Unterschied zwischen einem Filter und einem Schmutzfänger

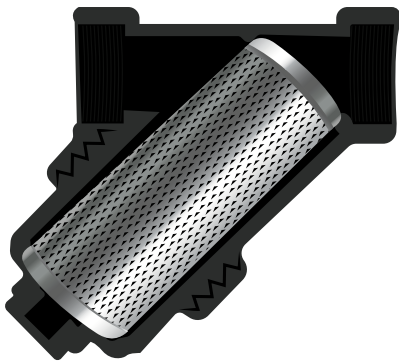
Der Hauptunterschied zwischen Schmutzfängern und Filtern besteht in der Größe der Partikel, die sie zurückhalten. Schmutzfänger entfernen in der Regel größere Partikel, die in einer Flüssigkeit oder einem Gas sichtbar sind, während Filter Verunreinigungen entfernen, die oft zu klein sind, um sie mit bloßem Auge zu erkennen.

Ist der Einsatz von Schmutzfängern erforderlich, wenn Schmutz-/Schlammabscheider im System installiert sind?

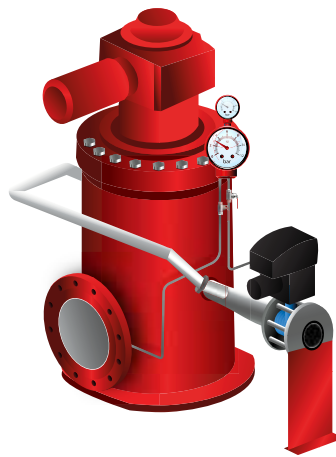
Ja, denn die Funktionen und Funktionsprinzipien dieser Bauteile sind unterschiedlich.

Schmutzfänger schützen alle in HLK-Anlagen installierten Komponenten vor Schäden und Verstopfungen durch große Schmutzpartikel.

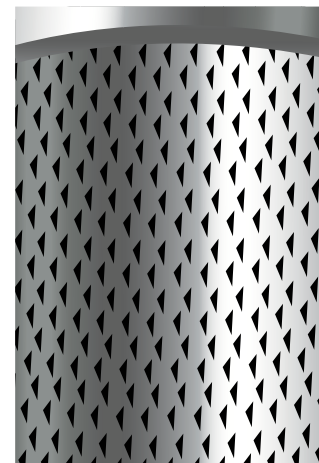
Schmutz-/Schlammabscheider schützen Systemkomponenten vor der Ablagerung kleiner Schmutzpartikel.



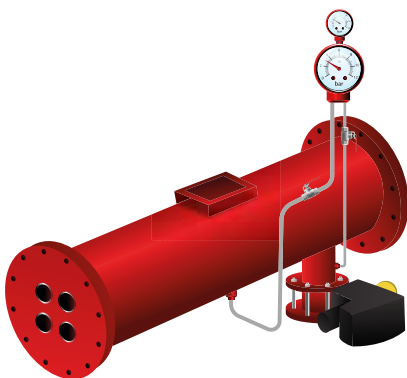
Schmutzfänger mit Sieb



Automatischer Filter



Filterkorb

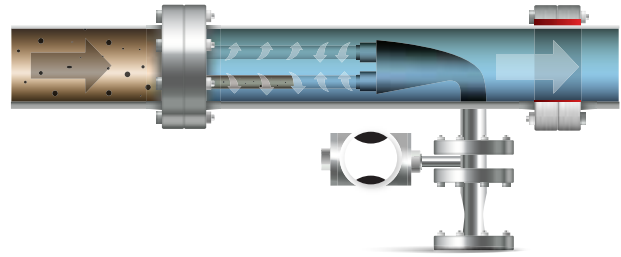


Automatischer Jet-Filter

Ein Jet-Filter ist eine besondere Art von Filter. Er kann während des Betriebs automatisch rückgespült werden und eignet sich daher perfekt für die kontinuierliche Filterung zum Beispiel von Primärwasser in Wärmepumpenkreisläufen oder Kühltürmen. Da es diesen Filtertyp als Ausführung in Edelstahl und mit verschiedenen Maschenweiten (50 µm bis 5 mm) gibt, ist er universell einsetzbar.

Funktionsweise

Das Rohwasser tritt durch die Öffnungen in der Patronen-Halteplatte in die Filterelemente ein. Die Verringerung des Querschnitts führt zu einer proportionalen Erhöhung der axialen Strömungsgeschwindigkeit in den Filterelementen von bis zu 5 bis 7 m/s.



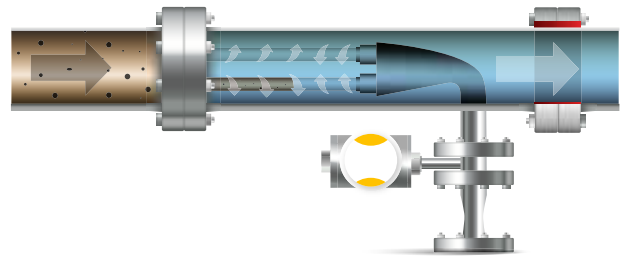
An einem Ende der Filterelemente befindet sich ein gemeinsamer konischer Schmutzsammler.

Nach dem Gesetz von Bernoulli findet die Rohwasserfiltration im letzten Drittel der Filterelemente statt. Das Rohwasser durchläuft die Filterelemente von innen nach außen. Das saubere Wasser gelangt dann in den gemeinsamen Sammler und verlässt den Filter auf der Reinwasserseite.

Durch die axiale Strömungsgeschwindigkeit von 5 - 7 m/s in den Filterelementen werden die Schmutzpartikel in den gemeinsamen Sammler ausgetragen. Der Rückspülvorgang wird durch den Differenzdruck (die Druckdifferenz zwischen Roh- und Reinwasserseite) ausgelöst. Zusätzlich ermöglicht ein einstellbares Verzögerungsrelais in der elektrischen Steuerung den Start des Rückspülvorgangs.

Rückspülvorgang

Die Filterreinigung beginnt mit dem Öffnen des motorbetriebenen Rückspülventils. Eine kleine Menge Rohwasser fließt durch die Rückspülöffnung und spült die Schmutzpartikel aus dem gemeinsamen Sammler aus dem Filter heraus. Während des Rückspülvorgangs erhöht sich die axiale Strömungsgeschwindigkeit in den Filterelementen auf bis zu 10 m/s. Diese hohe Geschwindigkeit dient auch zur Reinigung der Filterelemente. Außerdem wird in den Filterelementen ein Unterdruck erzeugt, der gewährleistet, dass die Elemente von außen nach innen mit sauberem Wasser rückgespült werden. Der Rückspülvorgang dauert 10 - 20 Sekunden, danach schließt sich das Rückspülventil automatisch. Während der Rückspülung wird der Filtrationsprozess nicht unterbrochen.



Sedimentation aufgrund der Schwerkraft

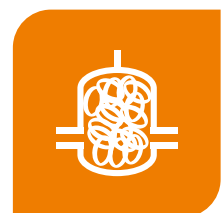
Klassische Schlammabscheider reduzieren die Fließgeschwindigkeit. Der Schmutz kann langsam auf den Boden absinken, wo er abgeschieden wird. Die Abscheideleistung dieser Geräte ist gering.

Bei diesen Abscheidern handelt es sich häufig um größere Behälter, die in Anlagen den Wärmeerzeugern vorgeschaltet sind. Der abgelagerte Schlamm muss jedoch regelmäßig entfernt werden. Feinere Schmutzpartikel können in diesen Geräten nicht gesammelt werden. Solche Systeme müssen speziell gereinigt, gespült und mit aufbereitetem Wasser gefüllt werden.



Einsätze

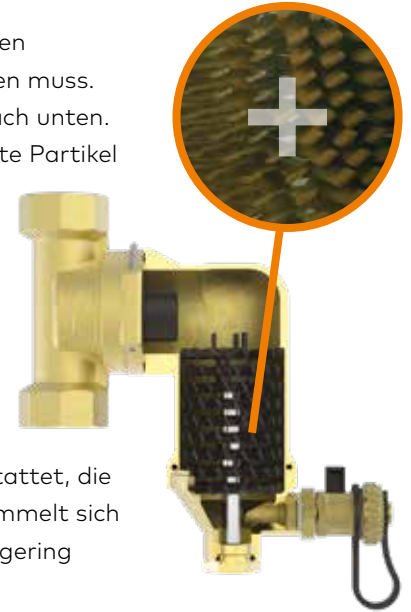
Das Drahtgeflecht und andere Einsätze, wie z. B. Ringe, gibt es in mehreren Varianten. Sie können waagrecht oder senkrecht angeordnet sein, mit oder ohne Mittelkern, und die Form einer Bürste oder eines Siebs haben. Dies verbessert ihre Effizienz im Verhältnis zum leeren Topf, ist aber nicht optimal und kann noch verbessert werden.



Helistill-Verfahren zur Schlammabscheidung

Dieses Prinzip kombiniert die zuvor erläuterten Prinzipien und vermeidet deren Nachteile. Die Durchflussmenge wird so reduziert, dass der Schmutz absinken muss. Mehrere in einem Neigungswinkel angeordnete Flügel leiten den Schmutz nach unten. Durch die spiralförmige Anordnung (Abwärtsspirale) können sich auch kleinste Partikel in der mittleren Säule absetzen. Der Aufprall der Schmutzpartikel auf die Abscheidereinsätze, die Geschwindigkeitsreduzierung und die hohe Dichte haben zur Folge, dass die Partikel in den Sammelbereich am Boden des Abscheiders absinken und von dort entfernt werden können.

IMI Pneumatex Helistill-Abscheider kombinieren die bekannten Prinzipien der Kollision, der Geschwindigkeitsreduzierung und der Dichtedifferenz mit einer tangentialen Strömungsdynamik im Sammelbereich durch die einzigartigen Helistill-Einsätze. Sie sind mit einer Vielzahl von Flügeln ausgestattet, die die Schlammteilchen nach unten leiten. Ohne den Hauptstrom zu stören, sammelt sich der Schlamm in der sehr großen Abscheidungskammer. Der Druckverlust ist gering und konstant. Der entfernbare Boden ermöglicht eine Sichtprüfung.

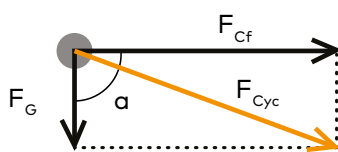


Dieses Abscheidungsprinzip eignet sich optimal für langsame und normale Strömungsgeschwindigkeiten, wird aber bei höheren Geschwindigkeiten in der Rohrleitung weniger effizient. Für diesen Anwendungsfall hat IMI Pneumatex eine andere Technologie entwickelt.

Cyclone-Abscheidung

Die Cyclone-Abscheidung basiert auf einer Reihe von Prinzipien, die eine hohe Abscheideleistung garantieren:

- Zentrifugalkraft – ein Zyklon erzeugt eine Rotation innerhalb des Abscheiders, die noch mehr Kraft auf die Schmutzpartikel ausübt. Die Kombination aus Gravitations- und Zentrifugalkräften führt zu einem hohen Wirkungsgrad.
- Je nach Geschwindigkeit im Abscheider kann die Zentrifugalkraft deutlich stärker sein als die Schwerkraft.
- Da das Wasser und die Schmutzpartikel eine unterschiedliche Dichte haben, werden die Schmutzpartikel gegen die Außenwand des Abscheiders gedrückt.
- Abwärtsstrom - die Abwärtsbewegung, die in den IMI Zeparo Cyclone/Zeparo G-Force Abscheidern entsteht, leitet die Schmutzpartikel nach unten in die Schmutzsammelkammer.
- Cyclone-Technologie ermöglicht, dass die IMI Zeparo Cyclone/Zeparo G-Force Abscheider nicht nur horizontal, sondern auch in jedem beliebigen Winkel unterhalb der Horizontalen montiert werden können, wobei die Unterschiede in der Abscheideleistung vernachlässigbar sind.



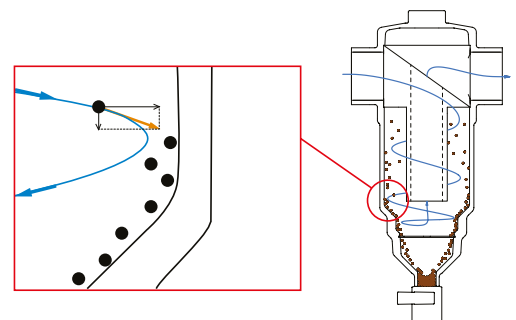
$$F_{Cyc}^2 = F_{Cf}^2 + F_G^2 + F_{Cf} \cdot F_G \cdot \cos(\alpha)$$

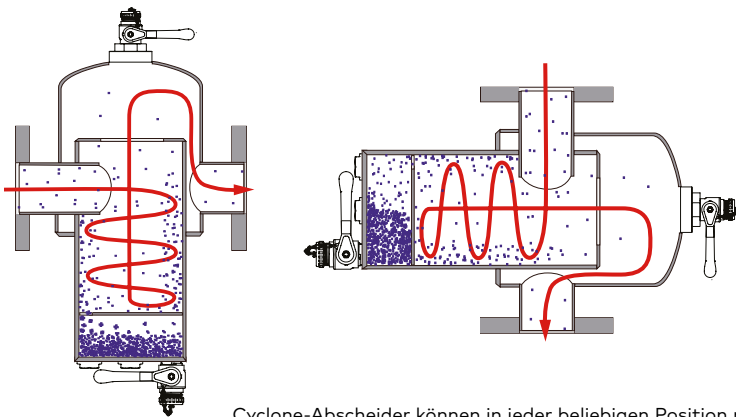
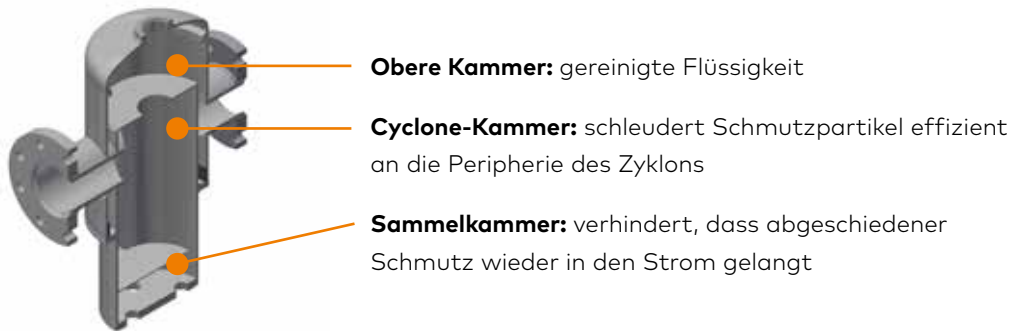
$$F_G = m \cdot g$$

$$F_{Cf} = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

F_G = Zwaartekracht
 F_{Cf} = Zentrifugalkraft
 F_{Cyc} = Zyklonkraft

m = Masse
 g = Erdbeschleunigung (9,81 m/s²)
 ω = Winkelgeschwindigkeit
 v = Geschwindigkeit
 r = Bezugsradius





Cyclone-Abscheider können in jeder beliebigen Position montiert werden.



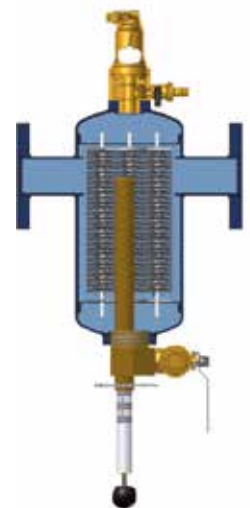
Magnetisierung

Aufgrund ihres kleinen Durchmessers und ihres geringen Gewichts sind Magnetitpartikel (< 5 µm) sehr schwer abzuscheiden (geringe Abscheideeffizienz bei Standardabscheidern) und der Feineinsatz eines Filters kann sich schnell zusetzen. Selbst Cyclone-Abscheider haben Schwierigkeiten, diese kleinen, leichten Partikel abzuscheiden. Da diese Partikel magnetisiert werden können, sind starke Magnetstäbe am besten geeignet, um sie zu entfernen.



Der Magnetstab vom Zeparo kann 143 g Eisenkugeln halten

Da die Magnetitpartikel so klein sind, muss der Magnet so groß sein, dass er vollständig von der Strömung umspült wird. Außerdem muss der Magnet ausreichend stark sein. Wenn dies nicht der Fall ist, wird dem Wasserstrom möglicherweise nur ein Bruchteil des Magnetits „abgerungen“. Schließlich muss der Magnet in der Lage sein, seine Last über einen langen Zeitraum zu halten, ohne Alterungserscheinungen zu zeigen. IMI Pneumatex ist seit langem für die Verwendung von Cadmium-Neodym-Magneten (CdNd) bekannt, den stärksten und widerstandsfähigsten Magneten auf dem Markt.



Unterschied zwischen den von den Wettbewerbern verwendeten Magneten (oben auf dem Abscheider) und dem Zeparo

Reine Magnetabscheider

In Systemen mit vorwiegend magnetitbedingten Problemen kann es hilfreich sein, reine Magnetabscheider mit speziellen Hochleistungsmagneten einzusetzen.

Die Magnetabscheider sind mit fest installierten Hochleistungsmagneten ausgestattet, die magnetische Verunreinigungen (Magnetit) abfangen. Sie enthalten in der Regel leistungsstarke Seltenerdminerale mit hoher Magnetkraft, die aktiv magnetische Schwebeteilchen aus dem Anlagenwasser entfernen können. Magnetabscheider können in den Hauptstrom des Systems oder in den Nebenstrom eingebaut werden, je nach Filterdesign und Druckverlust. Einige Konstruktionen sind sehr effektiv bei der Entfernung von Verunreinigungen. In einem einzigen Durchgang entfernen sie Partikelgrößen im Submikronbereich, was die Zirkulation von Schlamm im System und seine Ablagerung in Wärmeübertragern, Pumpen und Heizkörpern verhindert. Da die Reinigung nur von der Magnetkraft abhängt, können diese Abscheider in jeder Position montiert werden. Häufig werden sie im Rücklauf zum Wärmeerzeuger installiert, was sich als ideale Position erwiesen hat. Magnetabscheider sollten je nach Zustand und Alter der Anlage in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch jährlich, überprüft werden. Es wird empfohlen, Ferro-Cleaner zwischen zwei Absperrventilen mit manueller Entlüftung zu installieren.



Übersicht über das Ferro-Cleaner-Sortiment von IMI Pneumatex und die Größe des Magneten

IMI Pneumatex Ferro-Cleaner filtert den Volumenstrom und entfernt mit einem sehr starken Magneten feinste Magnetitpartikel aus dem Anlagenwasser. Der N 40 H Neodym - Fe - Bor Magnet ist einer der stärksten Dauermagnete auf dem Markt.

Er verhindert, dass die Partikel weiter zirkulieren und Bauteile wie Wärmeerzeuger, Pumpen, Ventile, Plattenwärmetauscher oder Fußbodenheizungen beschädigen oder zerstören. Die Wartungsarbeiten lassen sich schnell und einfach durchführen.



Innenansicht einer großen Version des Ferro-Cleaner. Beispiel für die Effizienz des Ferro-Cleaner

Führt die Diffusion zu einem zu hohen Sauerstoffgehalt in der Anlage, empfiehlt sich der Einsatz einer Magnesium-Opferanode. Der größere Ferro-Cleaner kann sowohl einen Magnetstab als auch diese Art von Anode gleichzeitig aufnehmen. In kleineren Ausführungen kann er entweder einen Magneten oder eine Anode aufnehmen.

Parameter, die die Abscheideeffizienz beeinflussen

Strömungsgeschwindigkeit

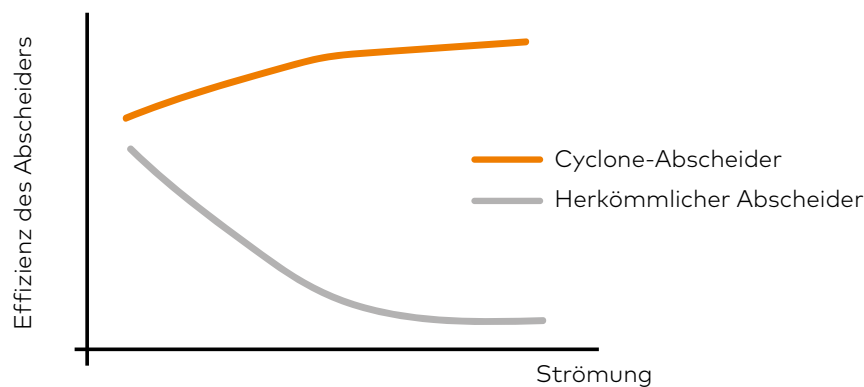
IMI Pneumatex Abscheider mit Helistill-Patrone:

Je geringer die Strömungsgeschwindigkeit im Abscheiderkörper (der Helistill-Patrone) ist, desto höher ist die Abscheideeffizienz.

Größere Abscheider verbessern die Effizienz.

IMI Pneumatex Cyclone-Abscheider:

Je höher die Strömungsgeschwindigkeit am Abscheider ist, desto besser ist der Zycloneffekt und desto höher ist die Abscheideeffizienz. Um den Zycloneffekt nutzen zu können, muss eine Mindestströmungsgeschwindigkeit vorhanden sein.



Partikeldurchmesser

Die Abscheideeffizienz ist höher, wenn der Partikeldurchmesser größer ist:

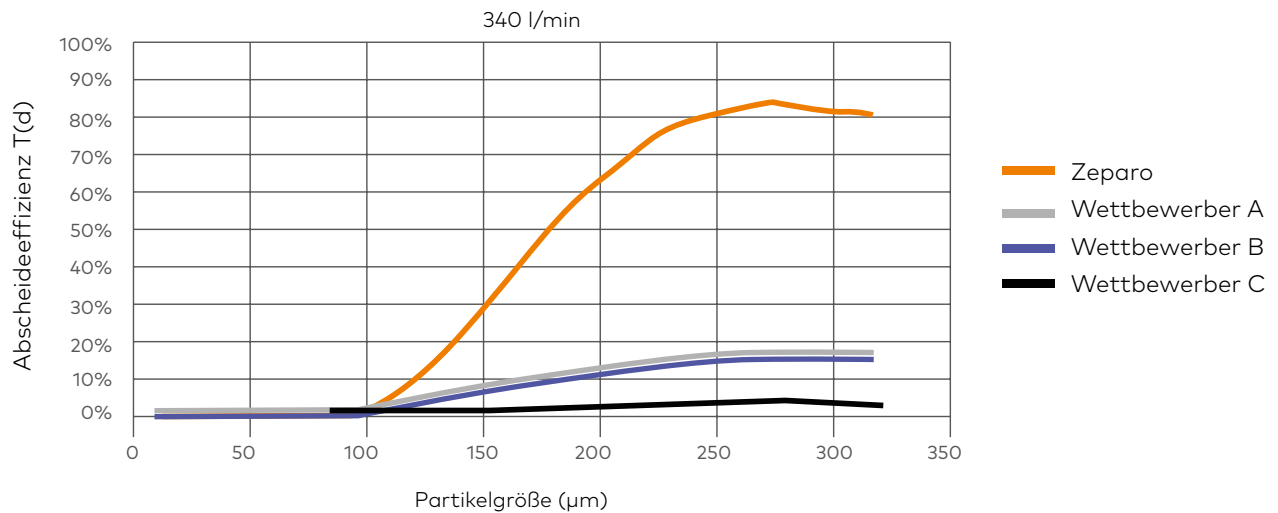
- Durchmesser unter $\sim 50 \mu\text{m}$ - geringere Abscheideeffizienz ohne Magnet
- Durchmesser über $\sim 300 \mu\text{m}$ - Abscheideeffizienz ist hoch, fast 100 %

Unterschiedliche Dichte

Der Unterschied in der Dichte der Partikel und des Mediums wirkt sich auf die Effizienz aus.

Je größer der Unterschied in der Dichte ist, desto höher ist die Abscheideeffizienz. Schmutz-/Schlammabscheider können keine Schwebeteilchen abscheiden.

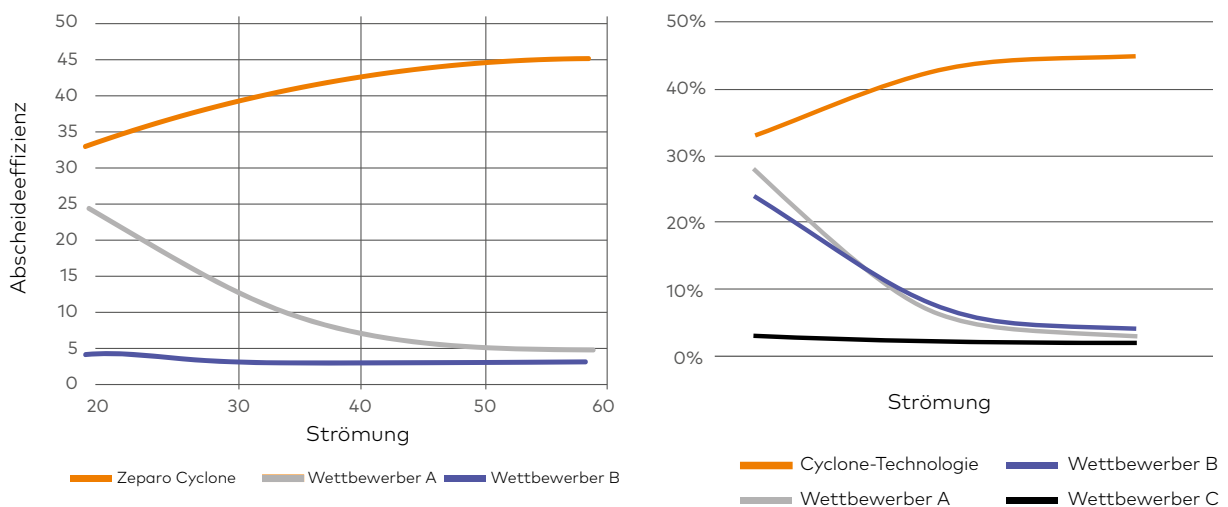
Partikel, die kleiner als $100 \mu\text{m}$ sind, lassen sich mit normalen Abscheidern nur sehr schwer abscheiden. Magnete können beim Entfernen dieser Partikel helfen.



Typische Abscheideeffizienz als Funktion der Partikelgröße in Zeparo Cyclone-Abscheidern im Vergleich zu den Hauptwettbewerbern.

Bedeutung der Abscheideeffizienz

Gemessene Abscheideeffizienz im Vergleich zu Wettbewerbern



Der Cyclone-Abscheider hat eine hohe Abscheideeffizienz und reinigt die Anlage in weniger Zyklen, wobei jedes Mal die Menge an Schmutzpartikeln reduziert wird, die sich normalerweise mit jedem weiteren Zyklus in der Anlage ablagern würden und die nur sehr schwer zu entfernen sind. Das obige Schaubild basiert auf Berechnungen, die auf folgenden Annahmen beruhen:

Effizienz des Zeparo Cyclone:

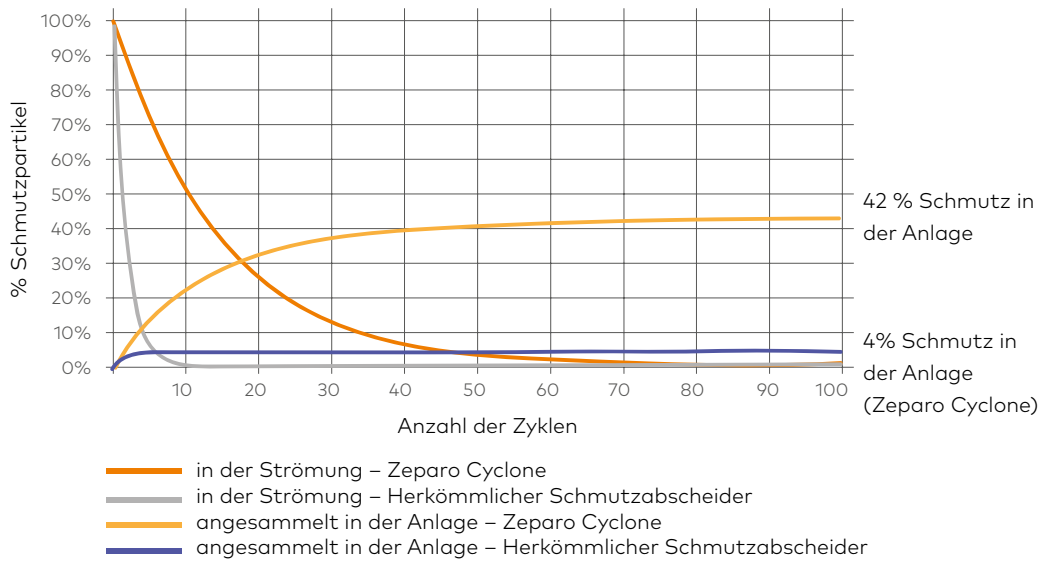
40 % / Zyklus

Effizienz eines herkömmlichen Schmutzabscheiders:

4 % / Zyklus

Akkumulationsrate in der Anlage:

3 % / Zyklus



Größenbestimmung

Abscheider werden nach der Nenndurchflussrate bemessen.

Der Volumenstrom darf den Volumenstrom für den gewählten Typ oder die gewählte Abmessung nicht überschreiten.

Die Größenbestimmung wird für verschiedene Abscheidertypen unterschiedlich durchgeführt.

Die klassischen Abscheider von IMI Pneumatex, wie Zeparo ZU, ZIO und ZT, können von 0 bis zum Nenndurchfluss dimensioniert werden. Je geringer die Strömungsgeschwindigkeit am Abscheider ist, desto höher ist die Abscheideeffizienz.

	0%	30%	q_N	q_{Nmax}
Zeparo ZU Zeparo ZT	Green	Green	Green	Red
Zeparo Cyclone G-Force	Red	Green	Green	Red
Ferro-Cleaner	Green	Green	Green	Green

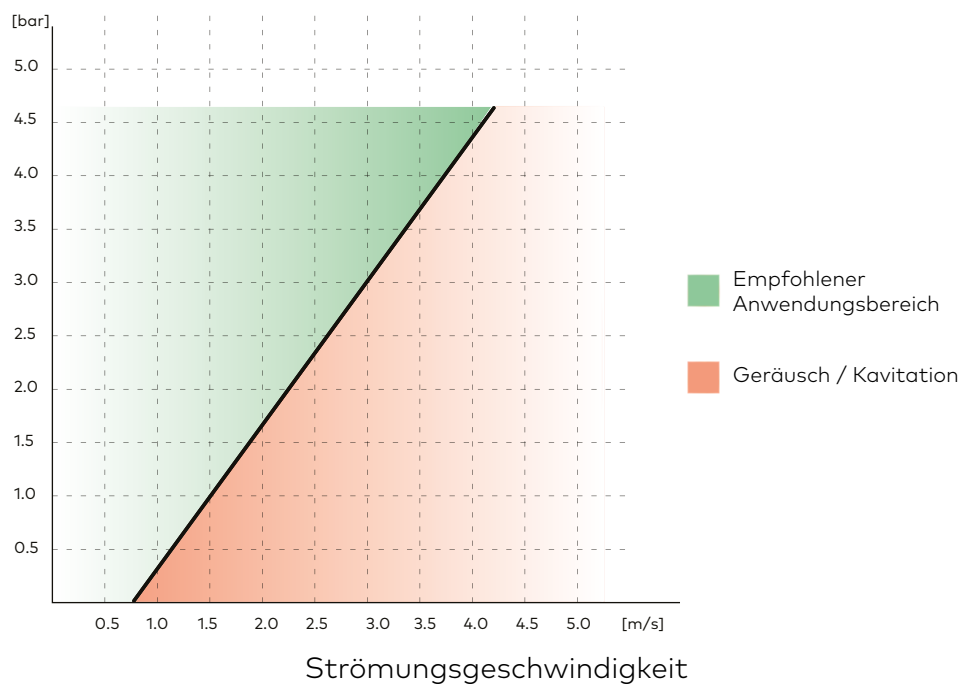
Dimensionierung von Abscheiderflächen

IMI Pneumatex Cyclone-Abscheider wie Zeparo Cyclone sollten für den Nenndurchfluss dimensioniert werden. Die Effizienz ist bei niedrigen Volumenströmen am geringsten. Je höher die Strömungsgeschwindigkeit am Abscheider ist, desto höher ist die Abscheideeffizienz.

Wählen Sie den Abscheider, bei dem der Nenndurchfluss (q_N) dem vorgegebenen Auslegungsdurchfluss (q_p) am nächsten kommt, und prüfen Sie dann, ob der Druckverlust Δp akzeptabel ist. Im Allgemeinen haben Cyclone-Abscheider größere Druckverluste als herkömmliche Verfahren. Zu beachten ist allerdings, dass der Druckverlust dort hoch ist, wo die Effizienz am besten und am kritischsten ist: während des Test- und Inbetriebnahmeprozesses einer neuen Anlage, die mit maximalem Volumenstrom betrieben wird. Beim Betrieb eines Systems mit variablem Volumenstrom ist der Druckverlust an Cyclone-Abscheidern aufgrund des geringeren Energiebedarfs ebenfalls deutlich geringer.

Genauere Berechnungen können mit der kostenlosen Software HySelect oder der kostenfreien App HyTools durchgeführt werden.

Systemdruck

**Mindestdruck im System**

Um im Zeparo G-Force Kavitation zu vermeiden, ist ein statischer Mindestdruck im System erforderlich.

Aufgrund der Verringerung des Innendurchmessers besteht die Gefahr von Kavitation. Um diese Kavitation zu vermeiden, muss der statische Druck an der Stelle, an der der Zeparo G-Force installiert ist, gleich oder höher sein als der im obigen Normogramm angegebene Wert.

Wie aus dem obigen Diagramm hervorgeht, muss bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s ein statischer + dynamischer Druck von mindestens 1,7 bar am Einlass des G-Force aufrechterhalten werden, um Kavitation zu vermeiden.

Anwendung	Luftabscheidung			Schmutzabscheidung			Magnetitabscheidung		Luft- und Schmutzabscheidung					Vakuum-Entgasung	
	Zeparo ZUV	Zeparo ZUVS	Zeparo ZTVI	Zeparo Cyclone	Zeparo ZUM	Zeparo ZTMI	Ferro-Cleaner		Zeparo ZUJKM	Zeparo Turnable G-Force	Zeparo ZIO	Zeparo ZUCM	Vento	Simply Vento Vento Compact	
Produkte															
Modell															
SYSTEMANWENDUNG															
Heizungsanlagen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kühlsysteme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Solaranlagen	✓														
VERWENDETE TECHNOLOGIEN															
Heilstill	✓														
Zyklon				✓						✓				✓	
360°-Drehung															✓
ERHÄLTliches ZUBEHÖR															
Magnet				optional	✓	✓	✓	✓	✓	optional	optional	✓			
Isolierung				optional	optional	optional				optional	optional	optional	optional		
Isolierung mit Magnet				optional											
DRUCK															
	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10/16		PN 10	PN 16/25	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10

Übersicht über das Abscheider-Sortiment von IMI Pneumatex

Magnet enthalten



Einbau in der Praxis

Einbaulage des Schmutzabscheiders

Schmutz- und Schlammabscheider sollten vor dem Wärmeerzeuger oder der Kältemaschine/Wärmepumpe installiert werden. Dadurch wird das Gerät besser vor Schmutzablagerungen geschützt. Diese Platzierung ist unabhängig von der Art des Geräts.

Schmutzabscheider sollten vor der Pumpe installiert werden und einen Magneten enthalten, um zu verhindern, dass sich Magnetit hauptsächlich im Pumpengehäuse ablagert.

Das Gleiche gilt für Wärmezähler. Ein Schmutzabscheider mit einem Magneten schützt den Wasserzähler im Inneren des Wärmezählers vor Schmutzablagerungen.

IMI Pneumatex Zeparo ZU und ZIO Abscheider mit Helistill-Einsatz

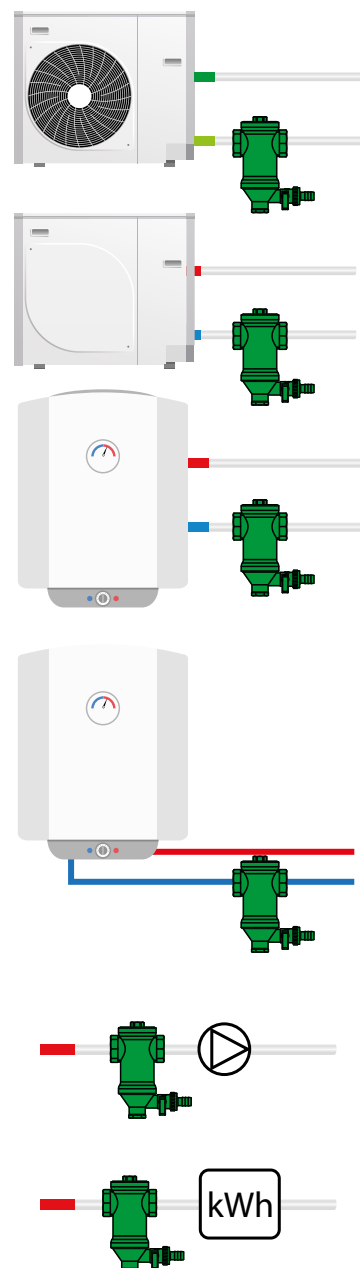
Dieser Abscheider darf in nur einer Position installiert werden, in der die Drehachse des Helistill-Einsatzes vertikal verläuft.

IMI Pneumatex Zeparo ZT Abscheider mit Helistill-Einsatz

Der Anschlussstutzen des Abscheiders kann in beliebiger Lage eingebaut werden, während das Abscheidergehäuse mit Helistill-Einsatz senkrecht ausgerichtet sein muss. Die Einbaulage ist beliebig, jedoch muss die Drehachse des Helistill-Einsatzes senkrecht zum Boden stehen.

IMI Pneumatex Zeparo Cyclone Abscheider

Einer der Hauptvorteile von Cyclone-Abscheidern besteht darin, dass sie in jeder vertikalen oder horizontalen Position installiert werden können.



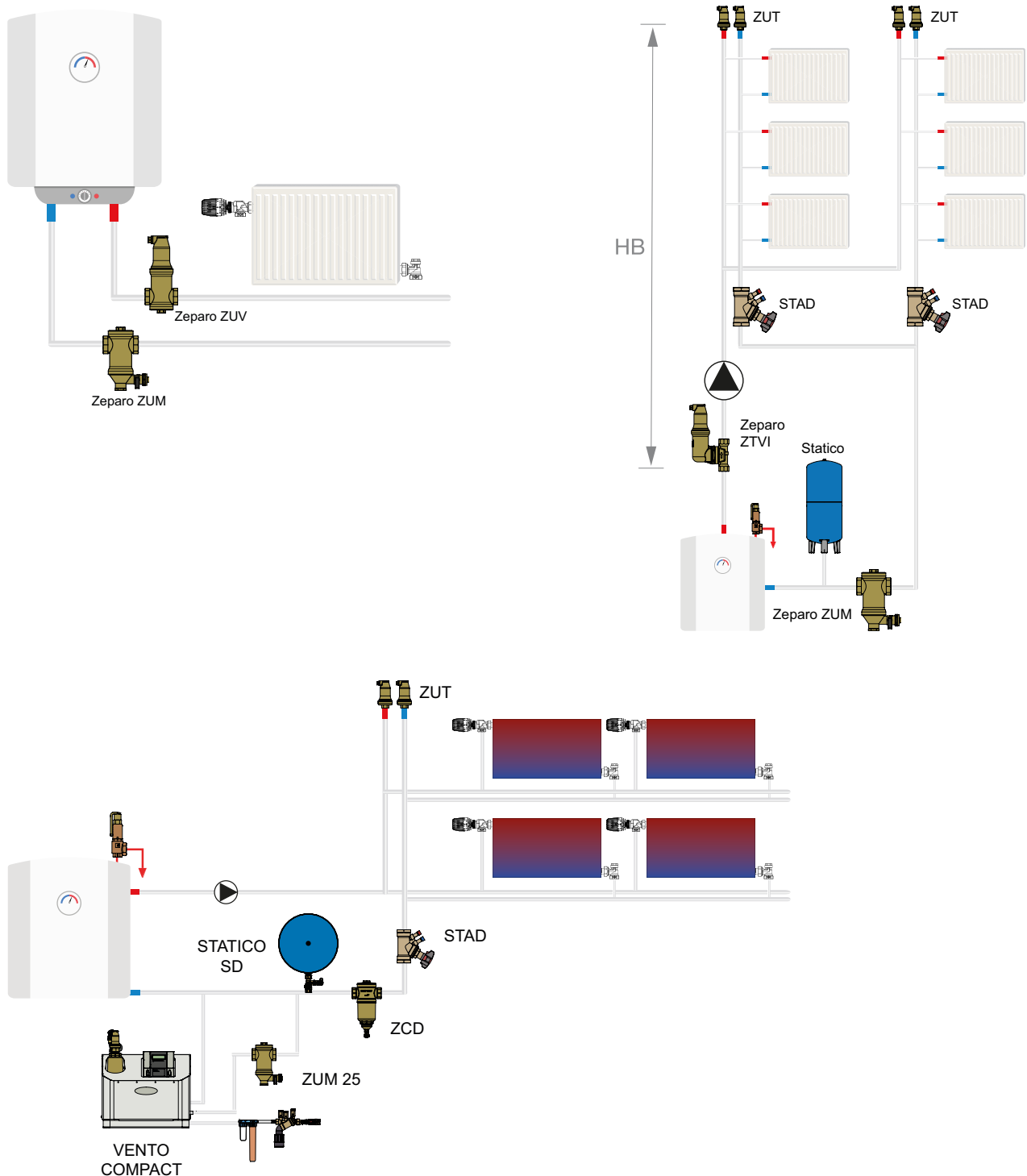
Verschiedene Arten von hydraulischen-Systemen

Die folgenden Diagramme veranschaulichen die bevorzugten Lösungen. Alternativen sind möglich, sofern die HB-Grenzwerte eingehalten werden.

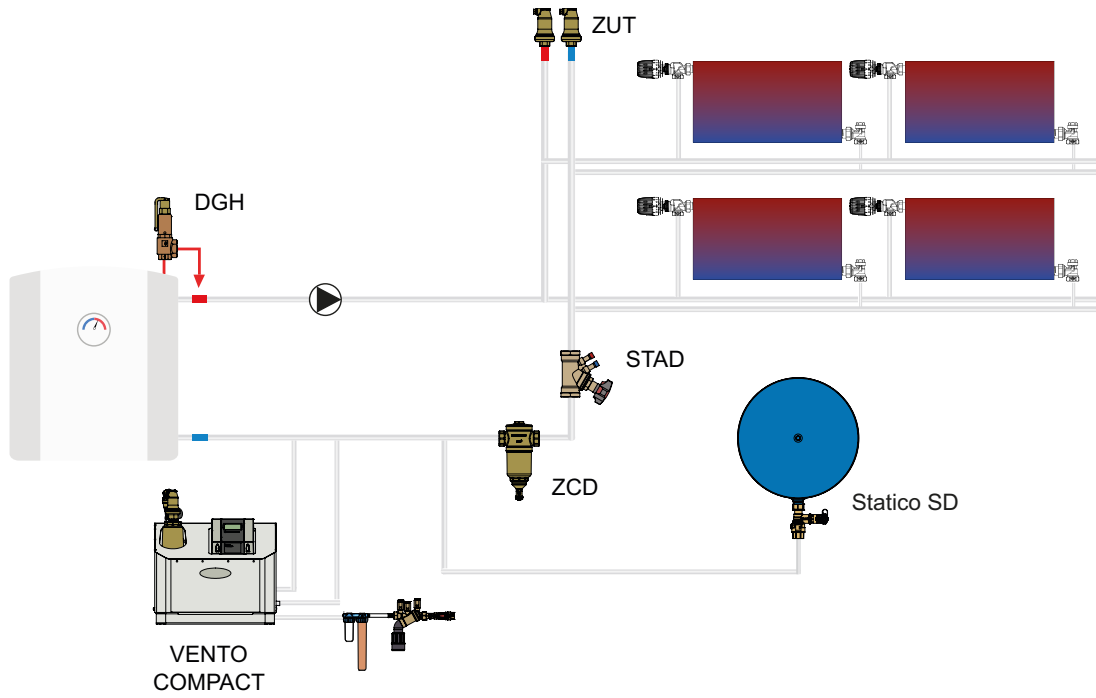
HB = erforderliche statische Höhe für eine Mikroblasenabscheidung bei maximaler Systemtemperatur vor dem Abscheider

t _{max}	°C	90	80	70	60	50	40	30	20	10
HB	mWs	15,0	13,4	11,7	10,0	8,4	6,7	5,0	3,3	1,7

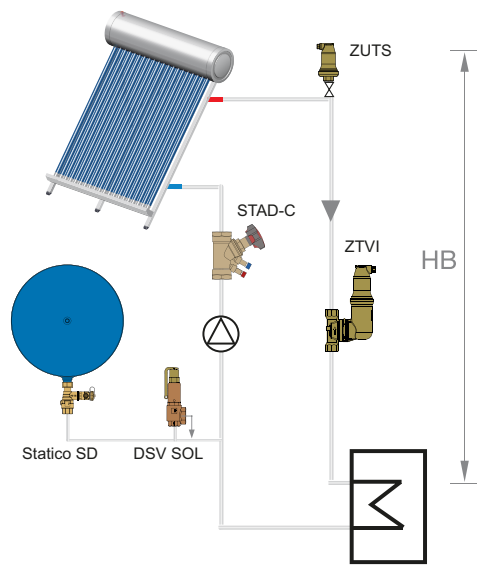
Wandhängende Gastherme



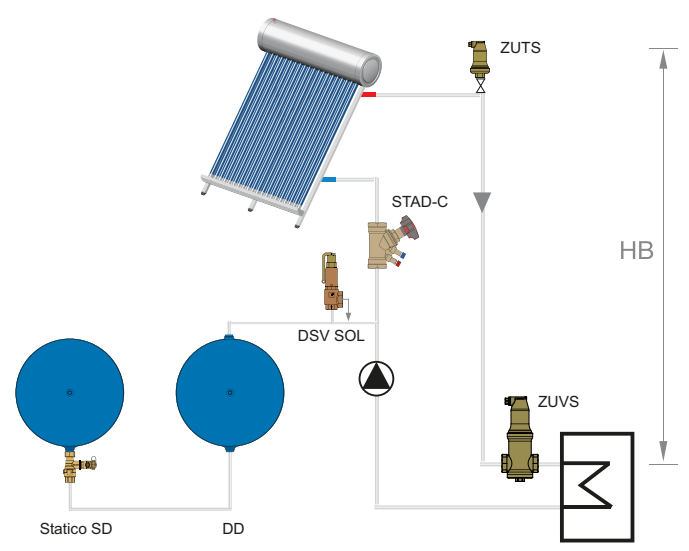
Heizkörpersystem mit Statico Ausdehnungsgefäß mit fester Gasfüllung
 Statico und vertikaler Verteilung



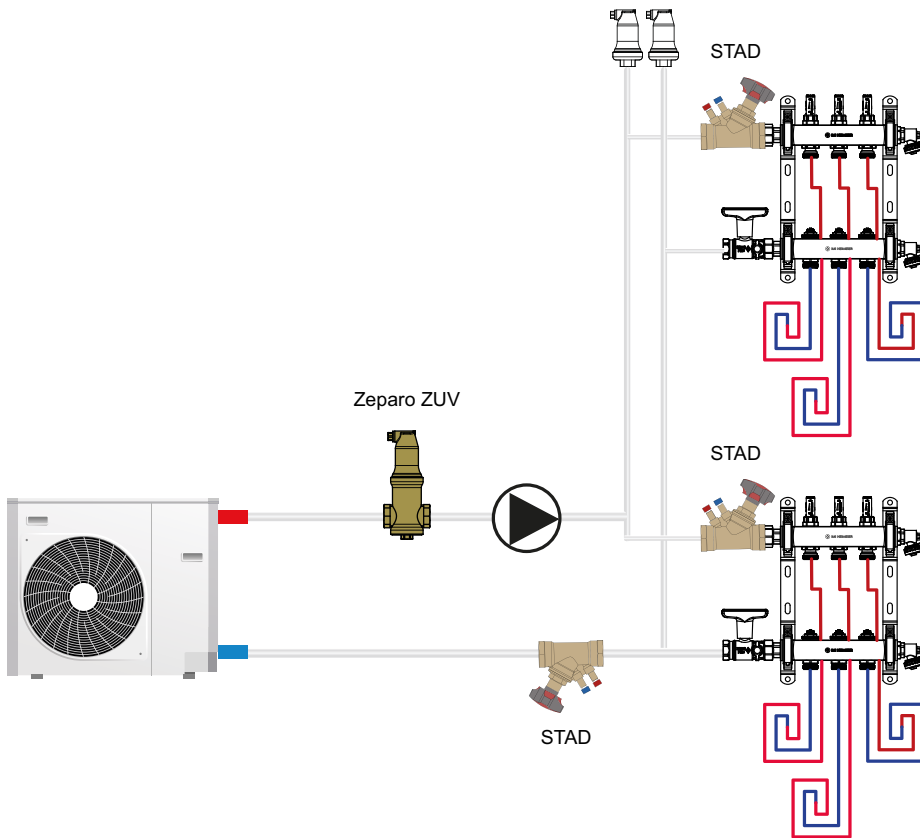
Solaranlage für niedrigere Temperaturen



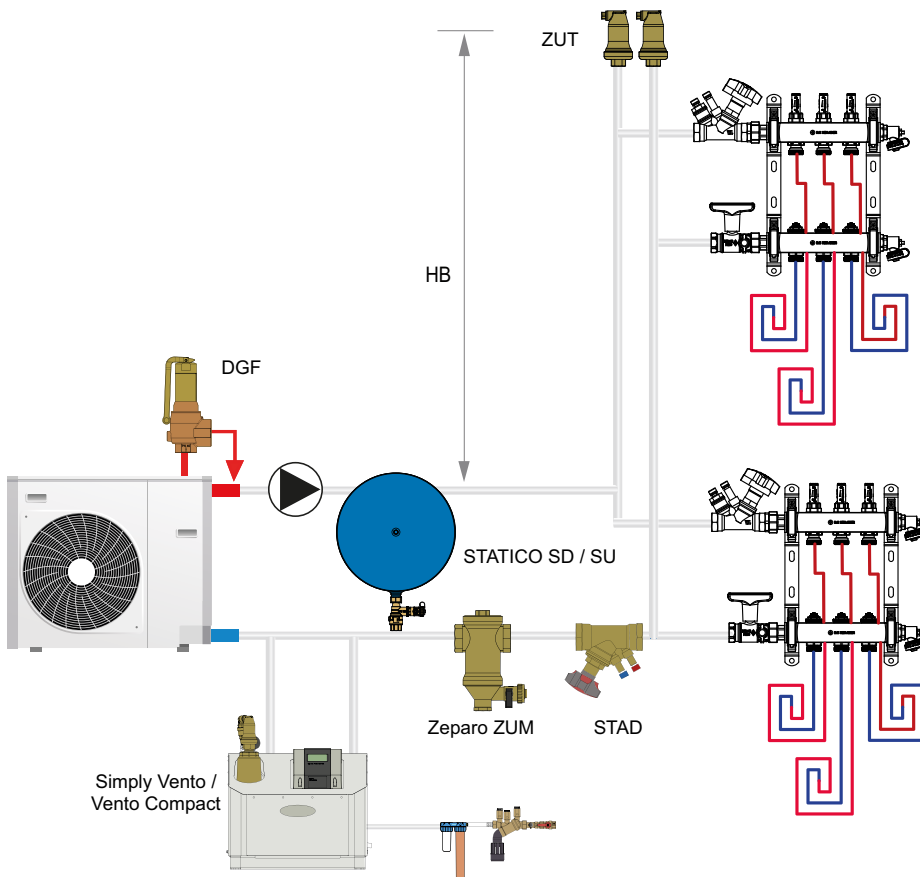
Solaranlage für höhere Temperaturen und
 Zwischenbehälter DD



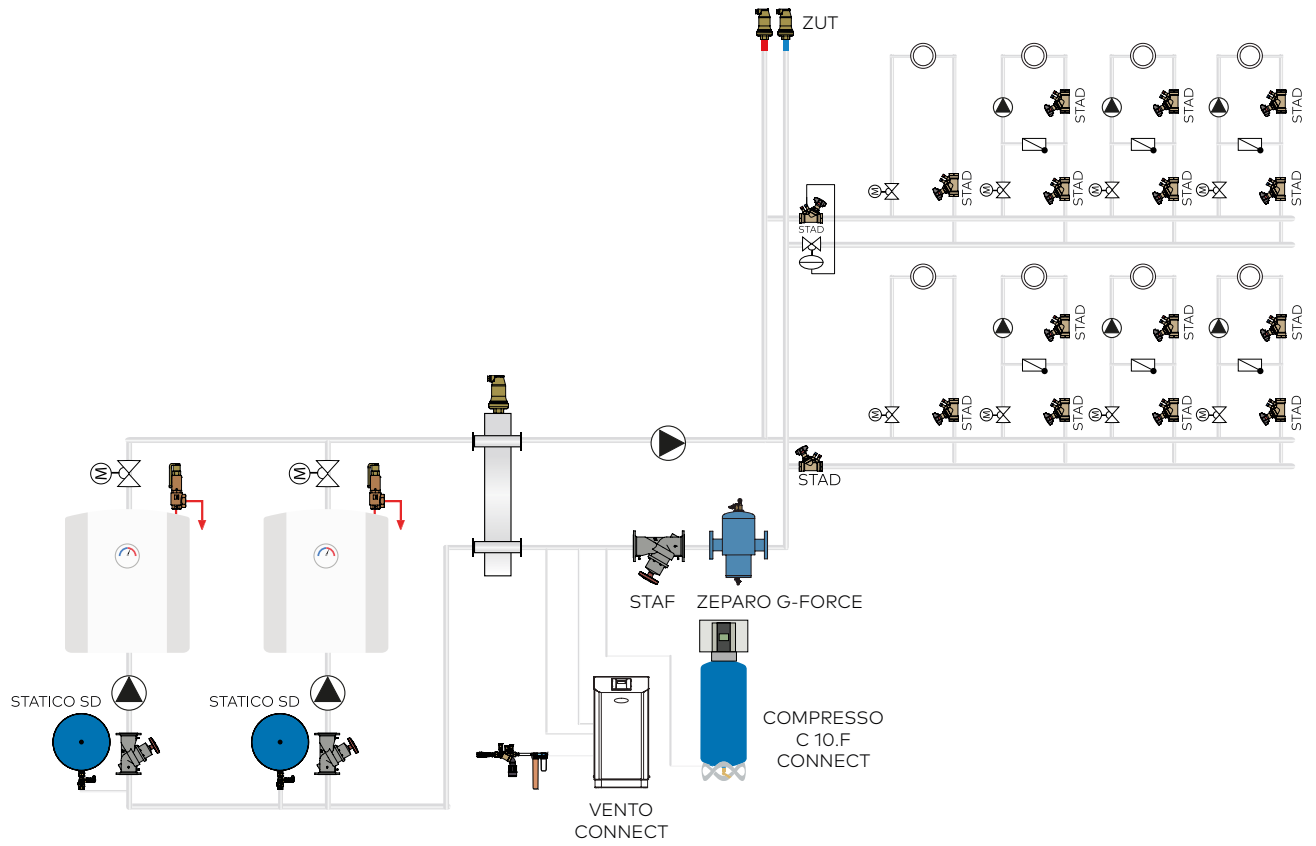
Kleine Wärmepumpenanlage mit Flächenheizung und Luftabscheider



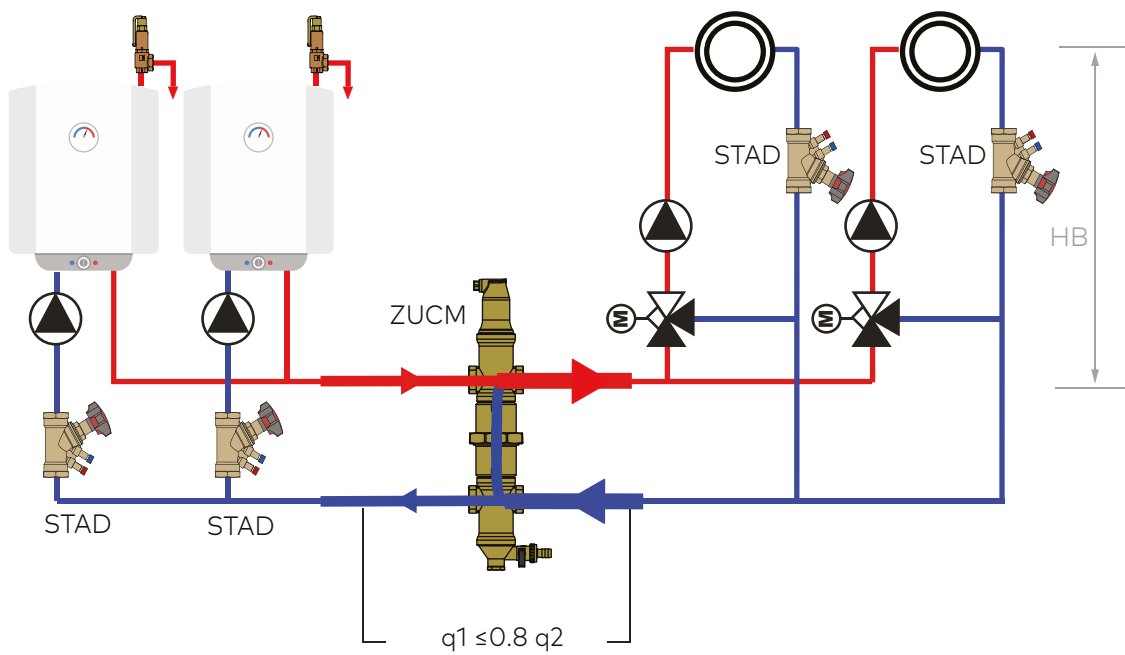
Größere Wärmepumpenanlage mit Flächenheizung und Vakuumentgaser Vento



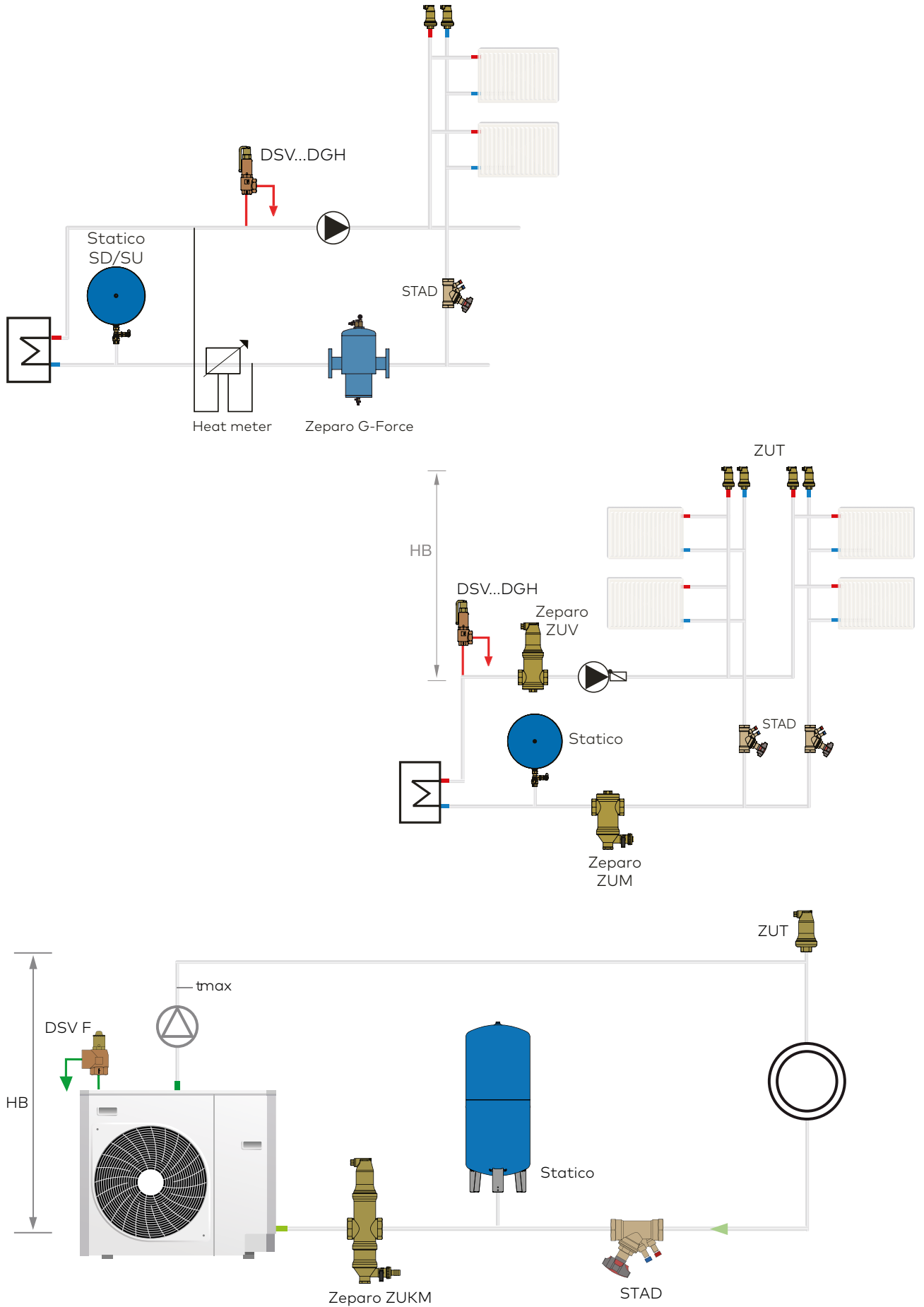
Große Heizungsanlage



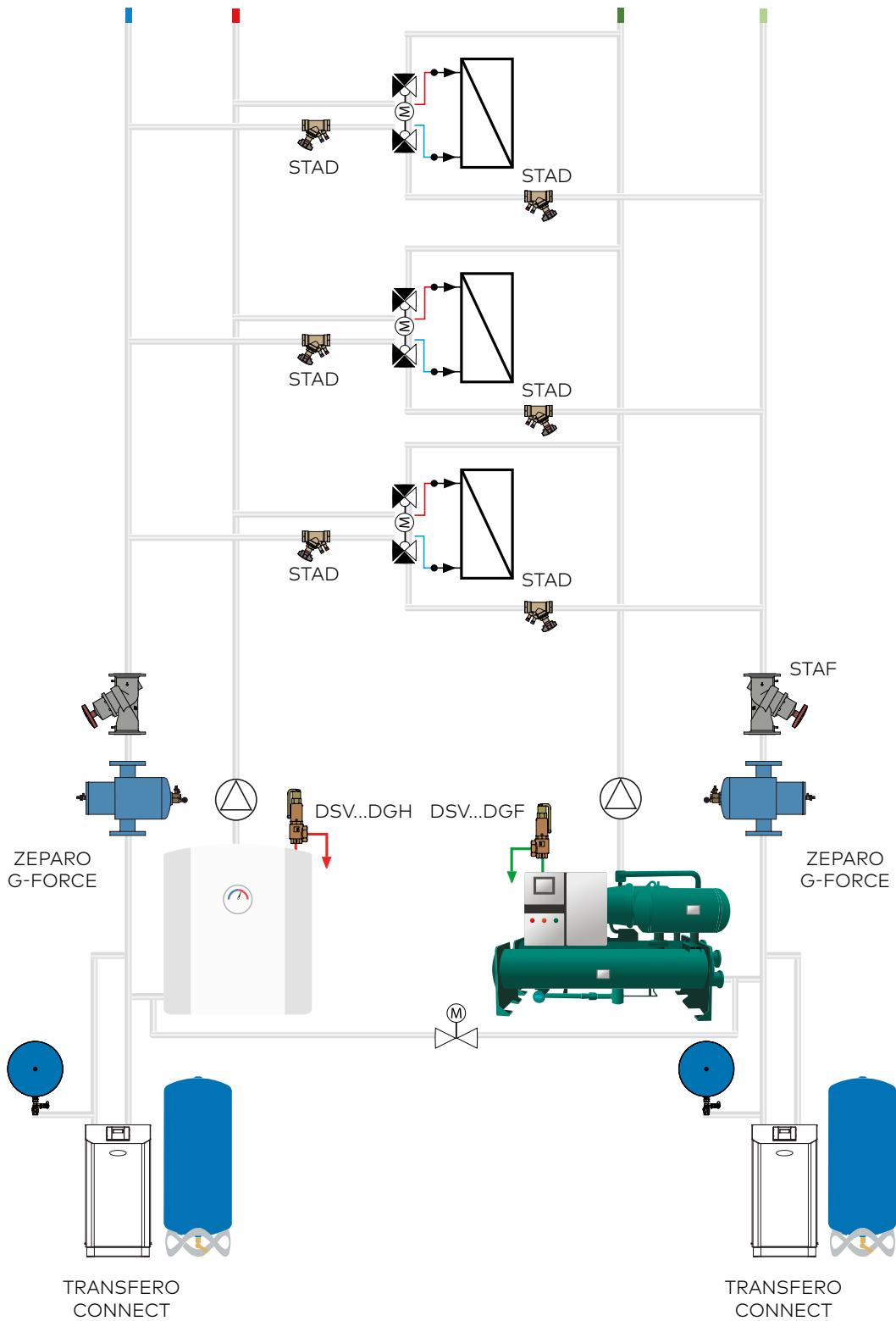
Kombination aus Abscheider und hydraulischer Weiche mit variablem Durchfluss auf der Primär- und Sekundärseite



Fernwärme – Wärmetauscher



Heiz-/Kühlsystem mit Transfero zur dynamischen Druckhaltung und mit integrierter Vakuumentgasung, Umschaltung zwischen Heizen und Kühlen. Automatisches Wassermanagement



Regeln zur Vermeidung von Luft und Schmutz/Schlamm

- Korrekte Dimensionierung der Druckhaltung
- Permanente Abscheidung von verschiedenen Gasen
- Regelmäßige Wartung und Überwachung der Druckhaltung
- Wiederholte Kontrolle der Wasserqualität und der Schmutzabscheider
- Überwachung der Nachspeisewassermenge

Geschlossene hydraulische-Systeme

Vorbeugung ist die wirksamste Form des Schutzes

- Die „Luftzufuhr“ durch Nachspeisewasser muss minimiert werden. Die Systeme dürfen nicht undicht sein.
- Die „Luftzufuhr“ durch die Atmosphäre muss verhindert werden. Das bedeutet, dass an allen Stellen und zu allen Zeiten im System ein ausreichender Überdruck herrschen muss. Die Elastomere in den Systemkomponenten sollten von angemessener Qualität sein.
- Zuverlässige, absolut geschlossene Druckhaltung und Anlagentechnik sind ein Muss!
- Das Gas, dessen Ansammlung in der Anlage sich nicht vermeiden lässt, muss gezielt und sicher nach außen abgeführt werden.

Abschlämmzeit in Schmutz-/Schlammabscheidern

Aufgrund des Funktionsprinzips des Schmutz-/Schlammabscheiders wird die Menge an Schmutzpartikeln, die sich am hohen D_p des Schmutzfängers sammelt, nicht eindeutig signalisiert; daher gibt es keine Standardvorgaben für die Abschlämmzeit von Schmutz-/Schlammabscheidern.

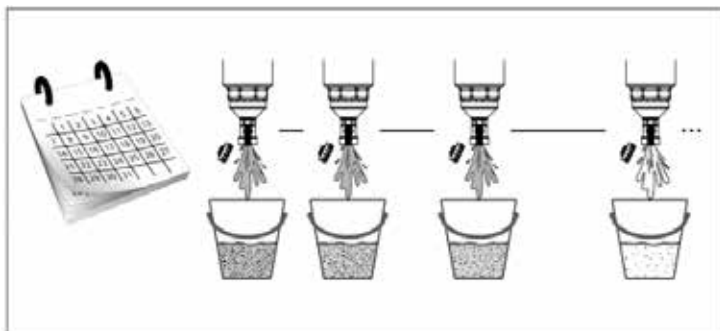
Entleerungszeiten in der Praxis:

- Neue saubere Anlage: Je nach Menge der abgetrennten Partikel kann die Häufigkeit des Abschlämmens ein oder zwei Wochen nach dem ersten Abschlämmen bestimmt werden.
- Nachrüstung alter Systeme oder Neuinstallation mit erheblicher Verschmutzung: einige Stunden nach der Inbetriebnahme und zur Untersuchung der abgelassenen Flüssigkeit, je nach Menge der abgetrennten Partikel, aber einige Wochen lang muss der Abscheider möglicherweise täglich entleert werden.

Bitte prüfen Sie stets die Qualität der abgelassenen Flüssigkeit. Wenn die Flüssigkeit bei jedem Abschlämmen sauberer aussieht, können Sie die Häufigkeit des Abschlämmens auf 4 bis 6 Mal pro Jahr reduzieren.

Aufgrund der hohen Effizienz der Cyclone-Abscheider sind die ersten Abschlämmzyklen bei diesen Abscheidern kürzer als bei herkömmlichen Abscheidern.

Jedes hydraulische-System ist anders!





Lösungen von IMI Pneumatex

Luftabscheidung

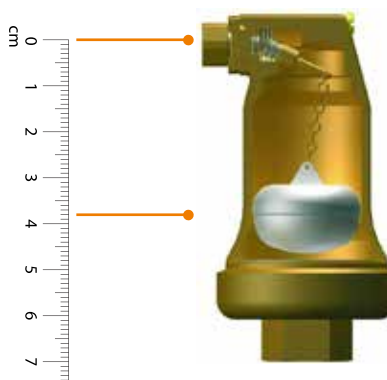
Schnellentlüfter

Zeparo ZUT / ZUP Entlüfter – zum Entfernen freier Luft beim Befüllen des Systems

Typ		Abmessung	PN	Merkmal
ZUT		15 20 25	10	
ZUTS		15	10	Solaranlagen bis zu 160 °C
ZUP		10	6	
ZUPN		10 15	6	Vernickelt
ZUTX		25	10	Abschließbar Außengewinde

- Sichere, trockene Ableitung der abge-
schiedenen Gase
- Stabile Schwimmer-Handhabung in einer
großen, strömungsberuhigten Kammer.
Schmutz und Wasser werden vom
Präzisionsventil ferngehalten, auch bei hohen
Drücken
- Notverschlusschraube mit Signalfunktion
- für den unwahrscheinlichen Fall, dass der
Entlüfter undicht wird
- Keine schädlichen Leckagen, keine Kalkab-
lagerungen
- Keine Betriebs- und Ersatzkosten durch einen
undichten automatischen Entlüfter
- Zuverlässig hohe Leistung auch bei hohem
Druck

Großer Abstand von 40 mm zwischen dem Schwimmer (Wasserstand) und dem Absperrventil.
Dies verhindert eine Verschmutzung oder Verkalkung des Ventils, da der Sprühnebel, der entsteht,
wenn die Luftblasen die Oberflächenspannung des Wasserspiegels durchbrechen, keinen negativen
Einfluss hat. Andernfalls würde sich durch den Sprühnebel beim Trocknen Kalk auf dem Ventil
ablageren, was zu Undichtigkeiten führen würde.



Zeparo Top ist der effektivste und zuverlässigste automatische
Entlüfter für wassergeführte Systeme, geeignet für Heiz- und
Kühlanlagen. Er entlüftet, wenn das System gefüllt wird, und
belüftet, wenn das System entleert wird.

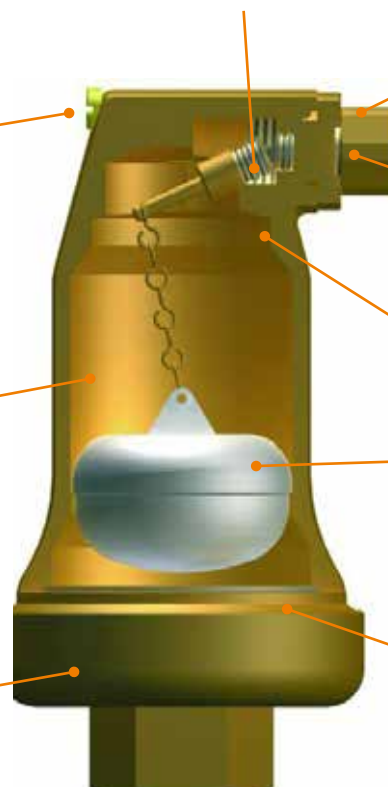
Das Präzisionsventil verfügt über
einen langarmigen modulierenden
Entlüftungsmechanismus, der
eine hochpräzise Steuerung des
Wasserstands gewährleistet

Im höchst unwahrscheinlichen
Fall eines Problems mit dem
Entlüftungsmechanismus wird
sich diese fluoreszierende,
selbstspannende Schraube
als sehr nützlich
erweisen, um das Tropfen
vorübergehend zu
verhindern und den Defekt
sichtbar zu machen



Die breite, halbkonische äußere
Luftkammer sorgt für maximale
Zuverlässigkeit, da sich der
Schwimmer durch explodierende
Luftblasen nur minimal bewegt
und der Wasserstand selbst bei
einem 10-fachen Druckanstieg
den Entlüftungsmechanismus
nicht erreicht

Großer Bodendurchmesser ermöglicht
das Absetzen des Schlammes aus dem
verwirbelten Bereich



T-förmiger Auslass verhindert
unerwünschten Kontakt mit dem
internen Ventilmechanismus und
lässt das Kondensat entweichen

Leckagefreier Entlüftungsmechanismus
ohne Dichtungsschutz oder Kappe ist
als garantierte Entlüftungsfunktion klar
erkennbar

Deflektor schützt den
Entlüftungsmechanismus
vor Schaum und Sprühnebel

Die spezielle Schwimmerkonstruktion
sorgt für maximale Stabilität, minimale
Vibrationen und optimale Strömung
der Blasen. Dazu gehört eine flexible
Schwimmerrückführungskette

Eine Prallplatte mit drei großen
seitlichen Löchern reduziert die
Turbulenzen im oberen Bereich

Ein möglichst großer Einführungsdurchmesser
reduziert das Risiko einer kapillaren Verstopfung durch
eine stagnierende Blase (3/8" ist ein Kompromiss,
mindestens 1/2" wird empfohlen)

Mikroblasenabscheidung

Art		Abmessung	PN	Werkstoff	Merkmal
ZUV		20 25 32 40	10	Messing	Helistill-Abscheider
ZUVS		20 25 32 40	10	Messing	Solaranlagen bis zu 160 °C Helistill-Abscheider aus Edelstahl
ZTV		20 22* 25 32	10	Messing	Drehbar um 360° Montage in jeder Position Helistill-Abscheider
ZIO		50 65 80 100 125 150 200 250 300	10 16	Flansche aus Stahl	Helistill-Abscheider

* Für 22-mm-Rohre mit zusätzlichen KOMBI-Kompressionsmuffen



Zeparo ZUV/ZIO Mikroblasenabscheider

Abscheider für kleinere Durchflussraten und variable Durchflüsse. Hoher Wirkungsgrad durch den Helistil-Abscheider im Inneren. Mit den spiralförmig angeordneten Prallplatten nutzt der Abscheider eine optimale Kombination von Abscheidungsprinzipien.

Im höchst unwahrscheinlichen Fall eines Problems mit dem Entlüftungsmechanismus wird sich diese fluoreszierende, selbstspannende Schraube als sehr nützlich erweisen, um das Tropfen vorübergehend zu verhindern und den Defekt sichtbar zu machen



Die breite, halbkonische äußere Luftkammer sorgt für maximale Zuverlässigkeit, da sich der Schwimmer durch explodierende Luftblasen nur minimal bewegt und der Wasserstand selbst bei einem 10-fachen Druckanstieg den Entlüftungsmechanismus nicht erreicht

Helikoidale Mikroblasenabscheidung kombiniert verschiedene Abscheidungsprozesse in optimaler Weise

Das Präzisionsventil mit einem langarmigen modulierenden Entlüftungsmechanismus gewährleistet eine hochpräzise Steuerung des Wasserstands

T-förmiger Auslass verhindert unerwünschten Kontakt mit dem internen Ventilmechanismus und lässt das Kondensat entweichen

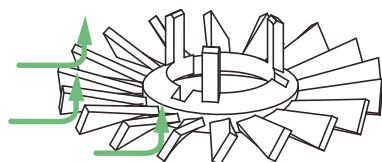
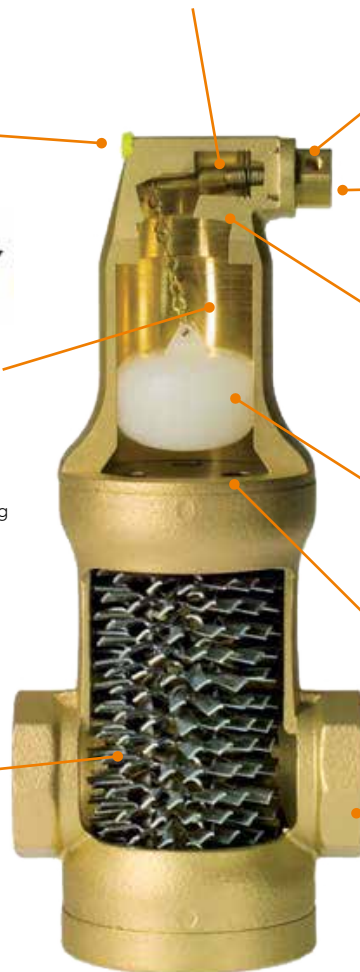
Leckagefreier Entlüftungsmechanismus ohne Dichtungsschutz oder Kappe ist als garantierte Entlüpfungsfunktion klar erkennbar

Deflektor schützt den Entlüftungsmechanismus vor Schaum und Sprühnebel

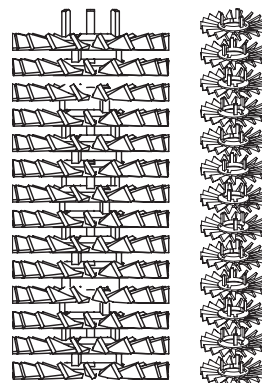
Die spezielle Schwimmerkonstruktion sorgt für maximale Stabilität, minimale Vibrationen und optimale Strömung der Blasen. Dazu gehört eine flexible Schwimmaufhängungskette

Eine Prallplatte mit drei großen seitlichen Löchern reduziert die Turbulenzen im oberen Bereich

Anschluss DN 20, 25, 32, 40
Für 22-mm-Rohre mit zusätzlichen KOMBI-Kompressionsmuffen



Die Luftblasen des Helistil-Einsatzes werden zur Entlüftung nach oben geleitet.



Vakuumentgasung

Vento Compact / Simply Vento

Simply Vento ist ein Cyclone-Vakuumentgaser für Heizungsanlagen. Durch die Rotation des Wassers in einem speziellen Cyclone-Vakuumbehälter werden die Gase vollständig vom Wasser getrennt. Simply Vento sollte insbesondere dort verwendet werden, wo Leistung, kompakte Bauweise und Präzision gefragt sind. Das BrainCube Connect-Bedienfeld ermöglicht ein neues Maß an Konnektivität, indem es die Kommunikation mit dem Gebäudemanagementsystem und anderen BrainCubes sowie die Fernsteuerung des Druckhaltesystems durch Live-Ansicht ermöglicht.

Systemdruck bis zu 2,5 bar.



Vento Connect

Vento Connect ist ein Cyclone-Vakuumentgaser für Heizungsanlagen, Solaranlagen und Kaltwassersysteme. Vento Connect sollte insbesondere dort verwendet werden, wo hohe Leistung, kompakte Bauweise und Präzision gefragt sind. Die Industrieversion VI ist speziell für Hochdruckanwendungen bis zu 20,5 bar ausgelegt. Das BrainCube Connect-Bedienfeld ermöglicht ein neues Maß an Konnektivität, indem es die Kommunikation mit dem Gebäudemanagementsystem und anderen BrainCubes sowie die Fernsteuerung des Druckhaltesystems durch Live-Ansicht ermöglicht.



TecBox Steuergerät

- BrainCube Connect-Steuerung für intelligenten, vollautomatischen und sicheren Betrieb des Systems. Selbstoptimierend mit Speicherfunktion
- Robuster 3,5"-TFT-Farb-Touchscreen mit Beleuchtung. Web-basierte Oberfläche mit Fernsteuerung und Live-Daten. Benutzerfreundliche funktionale Menüstruktur mit Wisch- und Tippbedienung, Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Inbetriebnahme und Soforthilfe in Pop-up-Fenstern. Mehrsprachige Volltext- und/oder grafische Darstellung aller relevanten Parameter und Betriebszustände.
- Integrierte Standardanschlüsse (Ethernet, RS 485) an den IMI-Webserver und die Gebäudeleittechnik (Modbus und IMI-Pneumatex-Protokoll)
- Software-Updates und Datenprotokollierung über USB-Anschluss möglich - Datenprotokollierung und Systemanalyse, chronologischer Meldungsspeicher mit Priorisierung, fernsteuerbar mit Live-Ansicht
- Regelmäßige automatische Selbsttests, tägliche Überprüfung des Vakuums. BrainCube Connect löst bei Bedarf einen Alarm aus
- Hochwertige Metallabdeckung

FillSafe

FillSafe bietet eine direkte Vakuumentgasung und Überwachung der Nachspeisung.

Das Steuersystem BrainCube Connect überwacht über einen integrierten Kontaktwasserzähler und ein Magnetventil die Menge des Nachspeisewassers sowie die Dauer und Häufigkeit der Nachspeisung und löst bei Überschreitung der Grenzwerte ein akustisches Alarmsignal aus. BrainCube steuert auch die Kapazität des Wasseraufbereitungsgeräts und gibt ein akustisches Alarmsignal aus, wenn die Kapazitätsgrenze erreicht ist.

Besteht die Gefahr einer Leckage in der Anlage, kann diese Warnung an ein Gebäudemanagementsystem oder über das Internet gemeldet werden.

Einfache Inbetriebnahme

Fernzugriff und Unterstützung bei der Fehlersuche werden ebenso angeboten wie automatische Kalibrierung und integrierte Schnittstellen für die Kommunikation mit dem IMI-Webserver und dem Gebäudemanagementsystem.

Es ist eine Ausführung für Kaltwassersysteme erhältlich.

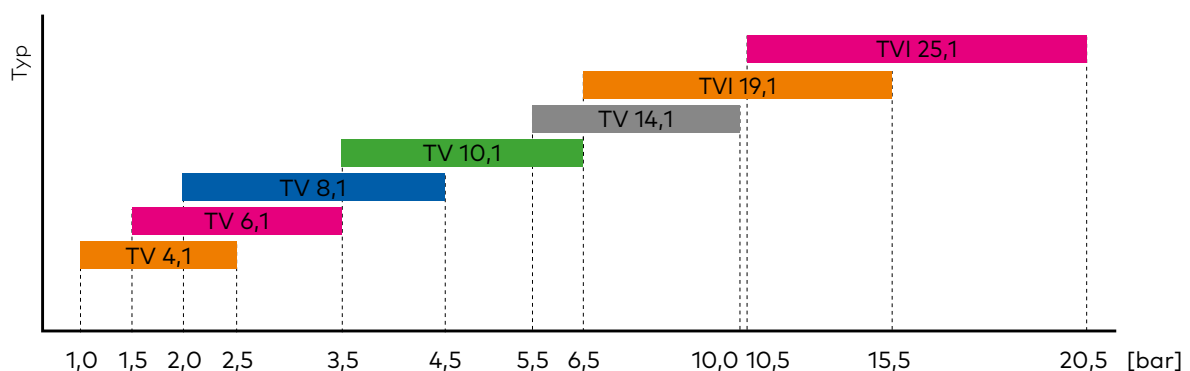
Alle Geräte sind auch in einer kondensatisolierten Ausführung für Kaltwassersysteme lieferbar.

Transfero TV / TVI Connect

Dies ist das einzige Druckhaltesystem auf dem Markt mit integrierter Cyclone-Vakuumentgasung.

Transfero TV Connect ist eine Präzisionsdruckhaltung für Heizungs- und Solaranlagen bis zu 8 MW und Kaltwassersysteme bis zu 13 MW. Transfero Connect sollte insbesondere dort verwendet werden, wo hohe Leistung, kompakte Bauweise und Präzision gefragt sind. Das neue BrainCube Connect-Bedienfeld ermöglicht ein neues Maß an Konnektivität, indem es die Kommunikation mit dem Gebäudemanagementsystem und anderen BrainCubes sowie die Fernsteuerung des Druckhaltungssystems durch Live-Ansicht ermöglicht.

Transfero Connect bietet die gleiche Entgasungsleistung wie Vento Connect, jedoch mit zusätzlicher Druckhaltung.



Betriebsbereich (dpu) für IMI Pneumatex Transfero Druckhaltesysteme mit integrierter Cyclone-Entgasung.

Schmutz-/Schlammabscheidung

Schmutz- und Schlammabscheider mit und ohne Magnet

Typ		Abmessung	PN	Werkstoff	Merkmal	Magnet
ZCD		20 25 32 40 50	10	Messing	Abscheider mit Cyclone-Technologie	 optional
ZCDM		20 25 32 40 50	10	Messing	Abscheider mit Cyclone-Technologie	 ja
ZUD		20 25 32 40	10	Messing	Helistill-Abscheider	
ZUM		20 25 32 40	10	Messing	Helistill-Abscheider	 ja
ZTM		20 22* 25 32	10	Messing	Drehbar um 360° Montage in jeder Position	 ja
G-Force		65 80 100 125 150 200 250 300	16 25	Stahlflansche Schweißenden	Abscheider mit Cyclone-Technologie	 optional
ZIO		50 65 80 100 125 150 200 250 300	10	Stahlflansche		 optional

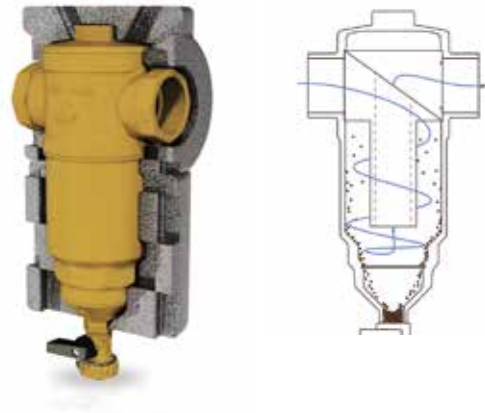
* Für 22-mm-Rohre mit zusätzlichen KOMBI-Kompressionsmuffen

Zeparo Cyclone / G-Force Schmutzabscheider mit Cyclone-Technologie

Die hohe Abscheideeffizienz der Cyclone-Technologie bedeutet, dass Ihr System in weniger Zyklen gereinigt wird, wodurch die Menge an Schmutzpartikeln, die sich normalerweise mit jedem weiteren Zyklus im System ablagern würde, reduziert wird. Der angesammelte Schmutz kann mit Hilfe des Ablassventils einfach und schnell ausgespült werden.

Die hohe Effizienz ist nicht von den Abmessungen abhängig. Die Effizienz des Schmutzabscheiders steigt mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit. Der Druckabfall bleibt während des Betriebs stabil, unabhängig davon, wie viel Schmutz gesammelt wird. Bei höheren Durchflüssen (z. B. bei Kühlanwendungen) ist der Schutz noch größer.

Der als Zubehör erhältliche Magnet optimiert die Abscheideleistung bei Schlamm und Magnetit (schwarzes Eisenoxid), das aus feineren magnetischen Partikeln besteht. Einfache Handhabung und Reinigung. Kombiniert Magnetabscheidung und Wärmedämmung. Kann als Set mit Zeparo Cyclone oder separat als Zubehör bestellt werden.



ZCD – Zeparo Cyclone Dirt



ZCDM Sets – Zeparo Cyclone Dirt mit Wärmedämmung mit Magnet



ZCHM – Wärmedämmung mit Magnet



Zeparo G-Force

Zeparo ZUD / ZUM, ZTD / ZTM turnable, Schmutzausführung für Schlammartikel

Abscheider für kleinere und temporäre Volumenströme. Hohe Effizienz durch den Helistill-Abscheider im Inneren.



Zeparo ZUD/ZUM



Zeparo ZTM



Zeparo ZIO

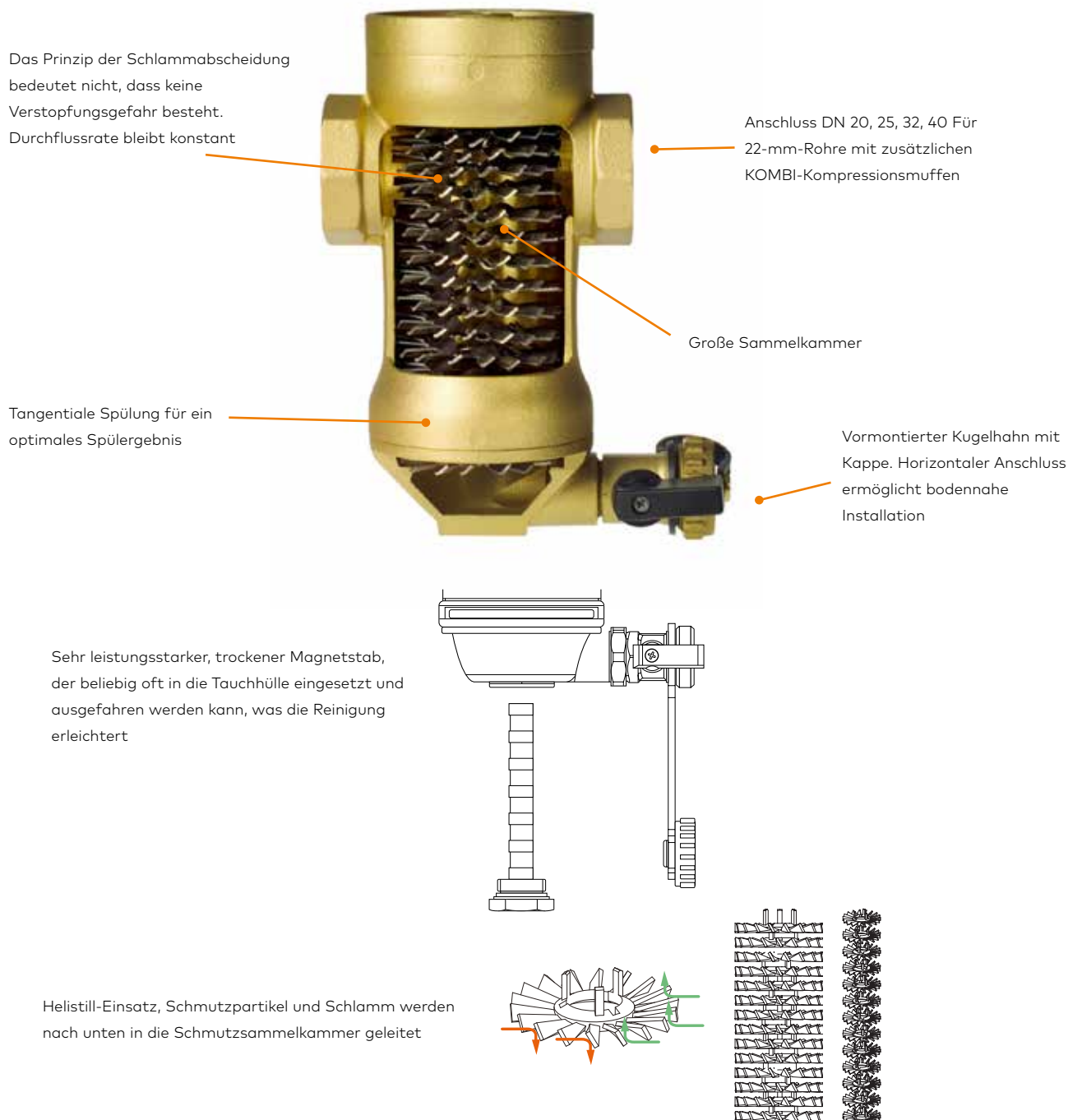
Helistill-Abscheider

Optimale Kombination aller bekannten Abscheidungsprinzipien

Mit den spiralförmig angeordneten Prallplatten nutzt der Abscheider eine optimale Kombination von Abscheidungsprinzipien:

- Reduzierte Fließgeschwindigkeit
- Prallplatte
- Zentrifugalwirkung

Zeparo ZUM ist der effektivste und zuverlässigste automatische Schmutz- und Schlammabscheider für wasserführende Systeme, geeignet für Heizung oder Kühlung. Er reinigt das System im laufendem Betrieb und scheidet Schmutz und Schlamm zuverlässig ab.



Kein Zusetzen wie bei Filtern und geringer, konstanter Druckverlust, unabhängig von der Menge des abgeschiedenen Schlammes

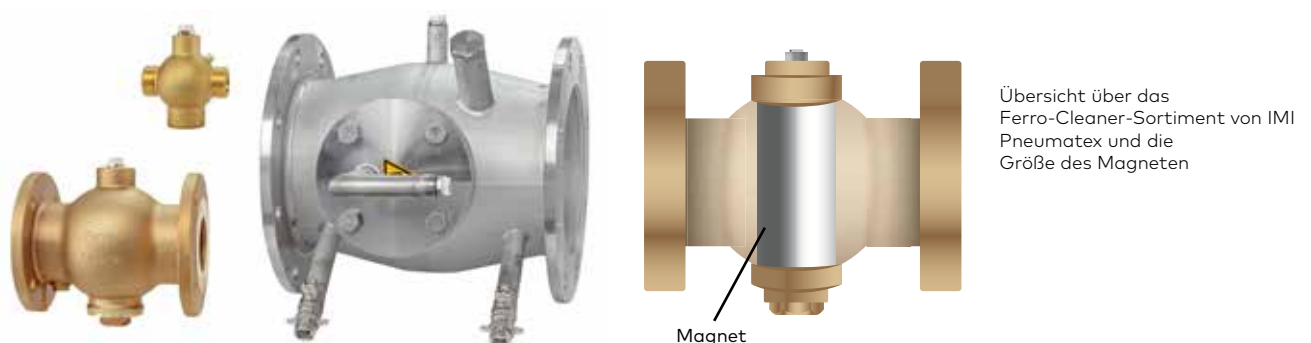
- Hervorragende Partikelabscheideleistung
- Leicht zu reinigen, ohne Systemunterbrechung
- Einbau in die Hauptleitung zum Schutz wertvoller Anlagenkomponenten wie Wärmeerzeuger und Pumpen vor Schlammablagerungen
- Um den Schlamm auszuspülen, ziehen Sie einfach den Magnetstab heraus und öffnen Sie das Ventil

Reine Magnetabscheider

Typ		Abmessung	PN	Werkstoff	Merkmal	Magnet
Typ 80		32	16	Messing	Sauerstoffreduzierende Anode auf Anfrage	 ja
Typ 150		65 80 100	10	Bronze	Sauerstoffreduzierende Anode auf Anfrage	 ja
Typen 273 323 406 606		125 150 200 250 300 400 500	10	Edelstahl	Mit Magnet und Anode	 ja

Ferro-Cleaner

Das Ferro-Cleaner Magnetflussfiltersystem schützt Heiz- und Kühlanlagen vor Schlamm und Korrosion. Es ist einfach, praktisch, effektiv und sicher zu installieren, zu bedienen und zu warten. Ob vertikal oder horizontal, der Ferro Cleaner kann in jeder Position ohne Leistungsverlust installiert werden. Sein kompaktes Design vereinfacht die Installation und den effektiven Einsatz. Der Einbau wirkt sich positiv auf die Leistung und Lebensdauer des Systems aus. Eine Opferanode kann anstelle des Magnetstabs oder ab DN 125 zusätzlich verwendet werden.



Kombinierte Luft- und Schmutzabscheider

Typ		Abmessung	PN	Werkstoff	Merkmal	Magnet
ZUKM		20 25 32 40	10	Messing	Kombinierte Luft- und Schmutzabscheidung Zwei Helistill-Abscheider	 ja
ZTKM		20 22* 25 32	10	Messing	Drehbar um 360° Montage in jeder Position Zwei Helistill-Abscheider	 ja
ZUCM		20 25 32 40	10	Messing	Kombinierte Luft- und Schmutzabscheidung Verlustarme Sammelleitung zwischen Produktions- und Verteilungsseite der Hydraulik Zwei Helistill-Abscheider	 ja

* Für 22-mm-Rohre mit zusätzlichen KOMBI-Kompressionsmuffen



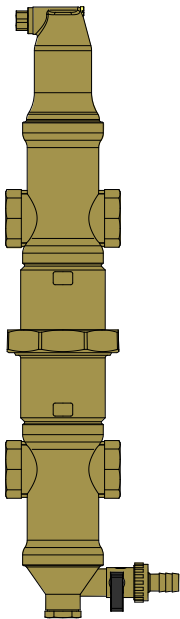
Zeparo ZUKM

Abscheider, Kombi-Ausführung für Mikroblasen und Schlammpartikel mit Magnet. Ideal für Kühlsysteme

Zeparo ZTKM

Abscheider, Kombi-Ausführung für Mikroblasen und Schlammpartikel mit Magnet. Die Abscheidekammer kann um 360 Grad gedreht werden, so dass der Zeparo ZTKM in verschiedenen Positionen montiert werden kann

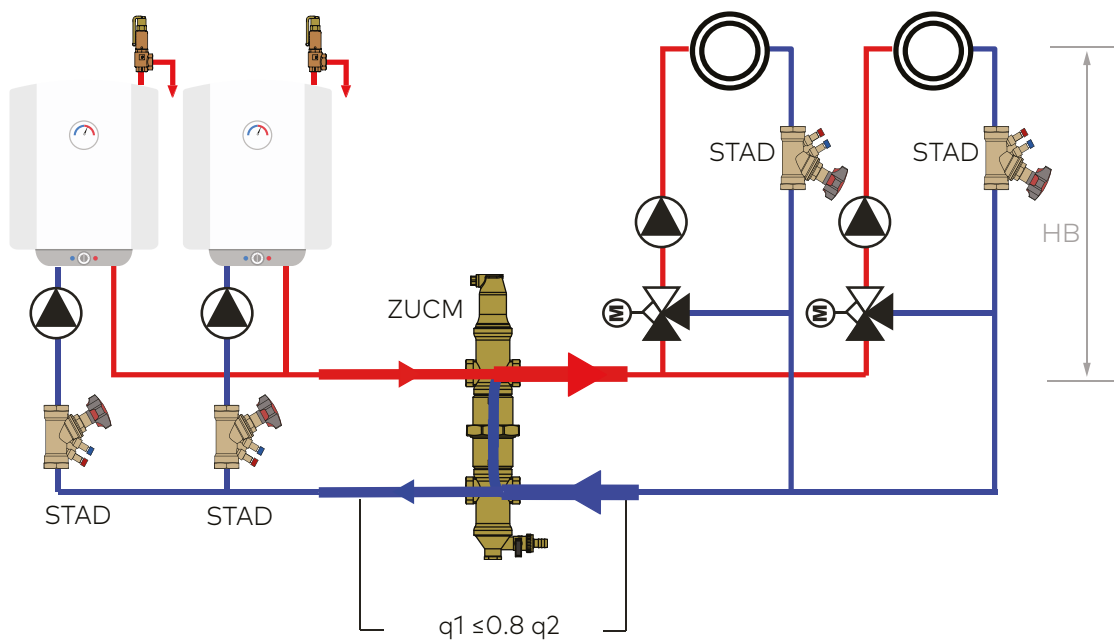




Zeparo ZUCM

Hydraulische Weiche,
Ausführung Collect mit
Abscheider für Mikroblasen
und Schlammartikel,
mit Magnet.

Kombination aus Abscheider und hydraulischer Weiche mit variablem Durchfluss auf der Primär- und Sekundärseite



ZUCM	q1[m³/h]
20	≤1,25
25	≤2
32	≤3,7
40	≤5

ANLAGE A

Aus dem FACTBOOK ZUR EFFIZIENZ HYDRAULISCHER VERTEILSYSTEME

Fakt Nr. 11

Korrosion und Schmutzablagerungen in Rohren können die Stromkosten für die Pumpen in einem Heiz- oder Kühlsystem um bis zu **35 %** (*) in den ersten Betriebsjahren erhöhen.

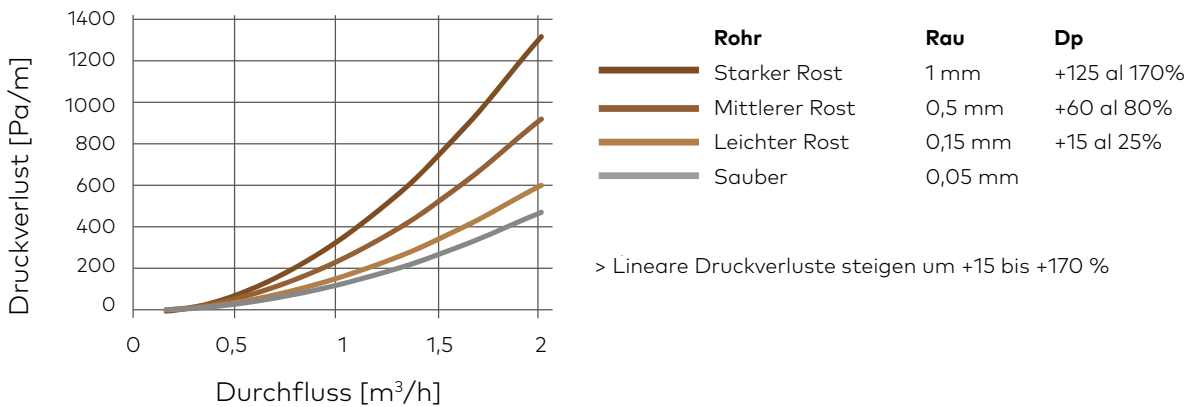


Der Druckverlust in Rohren (oft als linearer Druckverlust bezeichnet) ist abhängig von:

- dem Innendurchmesser des Rohrs
- der Rauheit der Rohrinnenoberfläche
- der Dichte und Viskosität des Wassers (Wärmeträgerflüssigkeit)
- dem Durchfluss
- dem Vorhandensein von Sauerstoff als Folge unzureichender oder falsch gewarteter Druckhaltungen, wobei der Sauerstoff Korrosion verursacht
- Schmutzablagerungen (aufgrund schlechter Wasserqualität und unzureichender Fließgeschwindigkeit des Wassers in einigen Teilen der Anlage), die die Rauheit in den ersten Jahren um 15 % bis 70 % und nach 20 bis 50 Jahren um 150 % bis 240 % (**) verändern. Um diese Erhöhung des Druckverlusts auszugleichen, muss der Pumpendruck um denselben Betrag erhöht werden, was zu einer entsprechenden Zunahme des Stromverbrauchs für die Pumpen führt.

Beispiel:

Rohr DN 25 aus Stahl DIN 2440, ISO 65 Serie



(*) Wenn der Druckabfall in einer Rohrleitung 50 % des gesamten Druckabfalls des Systems ausmacht, wirkt sich eine Erhöhung des Druckabfalls in der Rohrleitung um 70 % direkt mit 35 % auf den Stromverbrauch aus, der erforderlich ist, um den gleichen Durchfluss zu erreichen. (**) Quelle: Ergebnis veröffentlicht von der Utah State University, Pr Rahmaye.

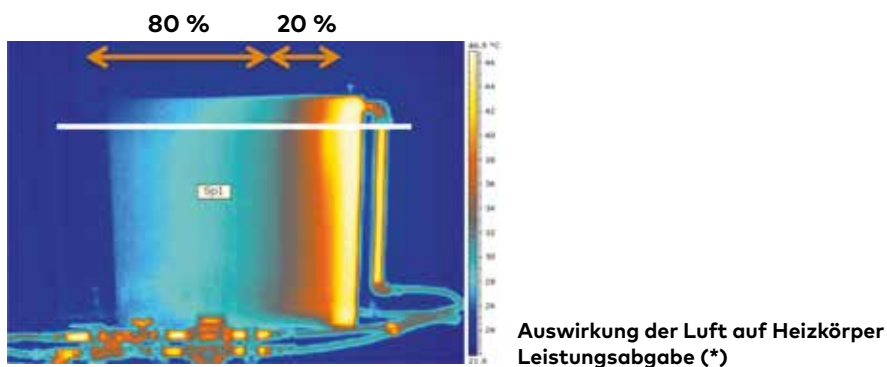
Fakt Nr. 18

Luftansammlungen in Heizkörpern können dessen Leistungsabgabe drastisch reduzieren, und zwar um bis zu **80 %**.

Das Vorhandensein von Luft im Wasser muss minimiert werden, nicht nur um Korrosion und Geräusche zu vermeiden, sondern auch, weil es die Wärme-Abstrahlung verringert.

Das Wärmebild (siehe Beispielbild) zeigt, dass die Bildung von Luftteinschlüssen die Wasserzirkulation im Heizkörper verhindert und die Lastabgabe drastisch beeinträchtigt.

Um den mangelnden Komfort aufgrund der geringeren Heizkörperabstrahlung zu kompensieren, erhöhen die Nutzer die Vorlauftemperatur am Wärmeerzeuger und den Pumpenvolumenstrom. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch einer Heizungsanlage (siehe Fakten Nr. 4, 8 und 12)(**).



(*) Wärmemessung des Instituts „Karel de Grote Hoge School“

(**) Weitere Energiedaten finden Sie unter *IMI Hydronic Engineering Energy Facts 2021*.

Maßeinheiten

- Wenn nicht anders angegeben, sind Drücke als Überdrücke angegeben.
- Die in ml/l angegebenen Gasgehalte in Wasser beziehen sich auf den Normzustand 0 °C, 0 bar.
- Stickstoff N₂: 1ml/l = 1,25046 mg/l
- Sauerstoff O₂: 1ml/l = 1,42895 mg/l

Begriffe

Wenn wir im Zusammenhang mit Entgasern von einem Vakuum sprechen, meinen wir nicht ein physikalisches Vakuum (oder eine Abwesenheit von Materie), sondern einen Unterdruckbereich zwischen dem örtlichen Atmosphärendruck und dem Sättigungsdruck des Mediums.

Quellen

- [1] „Gase in kleinen und mittleren Wasserheiznetzen“, Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, koordinierter Schlussbericht, AiF Forschungsthema Nr. 11103 B, November 1998
- [2] „Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen - Steinbildung und wasserseitige Korrosion“ VDI 2035 Bl. 1, März 2021
- [3] Rühling, K. „Test von Entgasern in Technikums-Kreisläufen mit Wasser“, Technische Universität Dresden, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung im Auftrag der IMI Hydronic Engineering Switzerland AG, November 2017 und Januar 2018
- [4] Koch, F.; Rühling, K.; Heymann, M. „Test von Entgasern in Technikums-Kreisläufen mit Wasser-Ethylenglykol-Gemisch“, Technische Universität Dresden, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung, Februar 2022



Luft und Schmutz: Probleme, Ursachen, Technologie

Wie gelangen Luft und andere Gase in Heiz- und Kühlsysteme? Welches sind die wirksamsten Abhilfemaßnahmen? Wie entsteht Magnetschlamm? Wie vermeidet man dieses Phänomen und wie wird man den Schmutz wieder los? Dieser technische Leitfaden beantwortet diese und viele andere Fragen zu Luft und Schmutz in diesen Systemen. IMI Hydronic Engineering verfügt über das umfassendste Angebot an automatischen Entlüftern, Schmutz- und Mikroblasenabscheidern und Cyclone-Vakuumentgasern, so dass wir für jedes durch Luft und Schmutz verursachte Problem die beste Lösung anbieten können.



IMI Hydronic Engineering
Postfach 1124, 59592 Erwitte, Deutschland
Telefon +49 2943 891-0
Telefax +49 2943 891-100
E-Mail: info.de@imi-hydronic.com

www.imi-hydronic.de

MI Hydronic Engineering Ges.m.b.H
Industriestrasse 9 Objekt 5, Postfach 45
2353 Guntramsdorf, Austria
Tel. +43 2236 230 00-0
E-Mail: info.austria@imi-hydronic.com

www.imi-hydronic.at

