

Optimierung von Wärme- und Kälteverteilungen im Bestand Untersuchung und hydraulische Sanierung

Mängel bestehender Verteilungsanlagen aus Sicht des Kunden

- Es wird in einigen Räumen/Bereichen nicht warm, in anderen zu warm.
- Es kommt zeitweilig zu störenden Heizungsgeräuschen.
- Die erhofften Energie- und Kosteneinsparungen nach dem Einbau einer Brennwertheizung treten nicht ein.
- Die Anschlussleistung bei Fernwärmeanlagen ist zu groß - der Leistungspreis ist zu hoch.
- Die Warmwasserbereitung funktioniert nicht richtig.
- Die Heizungsfirmen sind mit ihrem Latein am Ende, der Einbau von Strangregulierventilen und größeren Pumpen hat nichts gebracht.

Mängel bestehender Verteilungsanlagen aus Sicht des Fachmannes

Die Verteilung von Wärme (Heizung, Prozesswärme) und Kälte (Kühlung, Klima) in bestehenden Anlagen weist häufig versteckte Mängel auf und verursacht auf Grund der langen Laufzeiten von Pumpen und Gebläsen hohe Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten.

- Die vorhandenen Pumpen (oft auch die Wärme- bzw. Kälteerzeuger) sind aus Unkenntnis des tatsächlichen Bedarfs und aus Gründen der Versorgungssicherheit in der Regel überdimensioniert.
- Die Autorität der Regelorgane ist nicht an den tatsächlichen Bedarf angepasst. Dies führt zu einem unbefriedigenden Regelverhalten.
- Unnötig hoher Druck führt zu erhöhtem Volumenströmen und verkleinert die Temperaturspreizung.
- Unnötig hoher Druck führt bei reduziertem Verbrauch und gedrosselten Ventilen dort zu Strömungsgeräuschen.
- Oft werden Anlagen aus einem falsch verstandenen Sicherheitsbedürfnis mit konstantem Volumenstrom betrieben. Dies führt zu verschlechterten Wirkungsgraden der Wärme- und Kälteerzeugung und zu einem unnötig hohen Energieverbrauch bei der Verteilung.
- Überströmungen und Bypässe verschlechtern die Temperaturspreizung und reduzieren die Transportkapazität von Verteilungsnetzen.
- Sanierungsmaßnahmen bei den Verbrauchern haben den Wärme- bzw. Kältebedarf verringert.

Was ist zu tun?

- Es reicht nicht bei einer Begehung auf die Armaturen zu sehen. Da man nicht in die Leitungen hineinsehen kann haben wir kein gutes Gefühl für die Zusammenhänge in einer Wärmeverteilung.
- Für die Wärmeverteilung muss ein "Langzeit-Belastungs-EKG" erstellt werden. Um die individuellen Anforderungen einer tatsächlich vorhandenen Wärme- bzw. Kälteverteilung mit all ihren zwischenzeitlichen Änderungen festzulegen, ist es erforderlich, die tatsächlichen Betriebsbedingungen (Volumenstrom, Temperaturen, Drücke, Stromverbrauch der Pumpen etc.) kontinuierlich über den Zeitraum mehrerer Tage zu erfassen und zu analysieren.

Verdeckte Mängel werden erkannt

Die Untersuchung des realen Betriebes ermöglicht es, fehlerhafte Betriebszustände und deren Ursachen zu diagnostizieren. In der Folge können diese Mängel im Rahmen der Betriebsführung und der ohnehin erforderlichen Sanierung beseitigt werden. Die nicht erkannten Mängel der Verteilung führen auch zu Mehrverbräuchen an Wärme und Kälte. Eine Sanierung der Verteilungsanlage senkt in der Folge auch diese Energieverluste.

Welche hydraulischen Mängel gibt es und wie werden sie beseitigt ?

- Die vorhandenen Pumpen sind überdimensioniert. Es wird zu viel Druck erzeugt und der Durchfluss ist zu groß. Als Folge ist die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf zu gering.
- Die Verbraucher sind nicht hydraulisch abgeglichen. Nahe der Pumpe fließt zu viel Wasser im Kurzschluss. Entfernte Verbraucher werden nicht ausreichend versorgt.
- Bypässe, oft an Lüftungsgeräten, 4-Wege-Ventilen oder falsch angeschlossenen 3-Wege-Ventilen führen zu hydraulischen Kurzschlüssen.

Sekundärpumpen verschärfen Versorgungsmängel

- Der Betrieb von Sekundärpumpen in Mischkreisen erhöht die Kosten und führt oft zu einem unbefriedigenden Betriebsverhalten. Ursache hierfür ist die Tatsache, dass die Sekundärpumpen bei steigender Last (Öffnendem Mischventil) in den Rücklauf drücken und es dadurch teilweise zu einer Umkehr der Druckverhältnisse in der primären Versorgungsleitung kommt. Die Folge ist, dass von der Hauptpumpe entfernte Teilbereiche nicht mehr versorgt ausreichend werden. Diese Mängel treten verstärkt bei Lastspitzen in Verbindung mit Ablaufregelungen auf. Die dann übliche Erhöhung der Sekundärpumpenleistung verschärft nur die vorhandenen Probleme.

Wie soll saniert werden?

- Durch einen hydraulischen Abgleich aller einzelnen Verbraucher wird die Rohrnetzkenlinie der Anlage optimiert.
- Danach wird die Pumpleistung an den neuen Bedarf angepasst.
- Eine geeignete Regelung der Pumpleistung verhindert unerwünschte Druckerhöhungen.
- Es werden ausreichende Vorlauftemperaturen eingestellt.
- Nutzungsabhängige Regelungen und Nachtabsenkungen verringern Wärmeverluste.

Hydraulischer Abgleich ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Sanierung der Anlage

- Hydraulische Kurzschlüsse werden beseitigt und zu hohe Durchflussmengen bei jedem Verbraucher einreguliert.
- In diesem Fall kann in der Regel auf Strangreguliertventile verzichtet werden.
- Der hydraulische Abgleich geschieht sinnvollerweise durch den Einbau voreinstellbarer (Thermostat-)ventile und deren entsprechende Einregulierung. Moderne Ventile gestatten eine Messung des Durchflusses während des Betriebes.
- In der Folge steigt die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf. In der Praxis zeigt sich, dass Rücklauftemperaturen von 30 - 35°C problemlos erreicht werden. Diese entspricht einer Temperaturspreizung von 35 - 40K. Gegenüber einer Temperaturspreizung von 5K bedeutet dies eine Verringerung der Wassermengen um den Faktor 7-8.
- Der hydraulische Abgleich der Verbraucher reduziert die benötigten Volumenströme und erlaubt eine Minimierung des

	<p>erforderlichen Druckes. Trotzdem wird jeder Verbraucher ausreichend versorgt.</p> <ul style="list-style-type: none">- Bei reduzierter Wassermenge steigt die Transportkapazität des Netzes und häufig kann auf geplante Netzerweiterungen verzichtet werden.
Volumenstromregelung optimiert den Pumpenbetrieb	<p>Verbrauchsänderungen bewirken über die Änderung der Rohrnetzkenlinien eine Veränderung des tatsächlichen Volumenstromes.</p> <ul style="list-style-type: none">- Betrachtet man die zu jedem Betriebszustand gehörende Rohrnetzkenlinie und erforderlichen Volumenstrom, ergibt sich eine dynamische Förderkenlinie. Diese kennzeichnet den Zusammenhang zwischen Volumenstrom im Teillastfall und dem erforderlichen Differenzdruck.- Damit wird es möglich die Drehzahl der Pumpe und damit auch deren Druck an den tatsächlichen Volumenstrom anzupassen.- Das Prinzip der lastabhängigen Regelung mit variablem Druck kann auch in Druckerhöhungsanlagen genutzt werden.- Eine Volumenstromregelung der Pumpe und Gebläse passt die Antriebsleistung lastabhängig an den jeweiligen Bedarf an.- Das Betriebsverhalten der Verteilungsanlage, insbesondere bei Laständerungen, wird stabiler und vorhandene Mängel wie Unterversorgung in Teilbereichen, geringe Temperaturspreizung und Fließgeräusche werden behoben.
Gemeinsame Temperaturregelung eröffnet großes Einsparpotential	<p>In Heizkreisen ist es üblich, individuelle Heizkurven vorzugeben. Dies erfordert entsprechende Armaturen, Pumpen und Regeleinrichtungen.</p> <ul style="list-style-type: none">- In der Praxis stellt man fest, dass der tatsächliche Betrieb weitgehend gleich ist.- Verzichtet man auf individuelle Vorlauftemperaturen, werden wesentliche Vereinfachungen des Anlagenbetriebes möglich. Dabei können auch Luffertizer in der Regel mit den gleichen, außentemperaturabhängigen Vorlauftemperaturen beaufschlagt werden.- Die Einsparungen betreffen sowohl die Sanierungs-, Instandhaltungs-, Wartungs- und Betriebskosten.- Gemeinsame Vorlauftemperaturen erlauben eine wesentliche Vereinfachung der Wärme- bzw. Kälteverteilung. Auf eine Vielzahl von Pumpen, Mischern und Reglern kann verzichtet werden. Die Wartungs und Instandhaltungskosten sinken. Negative Auswirkungen auf die Druckverhältnisse im Primärnetz werden verhindert.- Der Ersatz von Warmwasserbereitern mit innenliegendem Wärmetauscher durch externe Wärmetauscher verringert die Wassermenge und bietet ein großes Optimierungspotential.
Sanierung von Warmwasserbereitern	
Einzelraumregelung reduziert den Verbrauch bei optimalem Komfort	<p>Bei Einzelraumregelungen kann auf den Einsatz von Thermostatventilen verzichtet werden, die Ventile müssen aber immer noch voreinstellbar sein, um einen Abgleich der Wassermengen durchzuführen. Der Vorteil von Einzelraumregelungen ist darin zu sehen, dass eine individuelle Beheizung einzelner Räume ermöglicht wird. In diesem Fall kann darauf verzichtet werden einzelne Stränge durch Motorklappen abzusperrern. Bei steigendem Komfort sinkt der Verbrauch und auf die zusätzlichen Investitionen kann verzichtet werden. Nachteilig kann sich eine Einzelraumregelung dann auswirken, wenn die Ventile thermelektrisch betrieben werden. In diesem Fall kommt es zu einem nennenswerten Stromverbrauch durch diese Ventile.</p>

**Einsparungen beim
Ersatz von
Komponenten**

Als Folge der Analyse und Auswertung werden richtig dimensionierte Komponenten eingebaut.

- Die Verteilungsanlagen können vereinfacht werden und es werden Mischer, Regler, Absperrarmaturen usw. eingespart.
- Die dadurch erzielte Kostenersparnis ist häufig größer, als die Kosten der Untersuchung. Zudem verringert sich der Instandhaltungsaufwand und die Energieeinsparungen erweisen sich als ein Extragewinn.
- Die maximalen Energieeinsparungen werden durch den hydraulischen Abgleich, verbesserte Wirkungsgrade von richtig dimensionierten Pumpen und Motoren sowie durch eine lastabhängige Regelung erreicht.

**Richtwerte für die
Sanierung**

Für die Sanierung bestehender Heizungsanlagen kann als Richtwert die schweizer Norm SIA 380 herangezogen werden. Der dort angegebene Wert von $1 W_{el}$ pro $1 kW_{th}$ wird durch eigene Messungen bestätigt. Bei Kälteverteilungen erscheint wegen der geringeren Temperaturspreizung ein Richtwert von $4 W_{el}$ pro $1 kW_{th}$ angemessen.

**Beispiele
durchgeführter
Sanierungen**

In einem Wohnungsgebäude mit 24 Wohnungen und einer Nutzfläche von $1.100 m^2$ konnte, nach einem Vollwärmeschutz der den Wärmebedarf auf 58 kW gesenkt hat, der Stromverbrauch der Heizungsumwälzpumpe, durch den Einsatz einer von Biral neu entwickelten Pumpe, der Stromverbrauch von 450 W auf 20 W gesenkt werden. Die Einsparung beträgt rund 96%, bei einem spezifischen Stromverbrauch von $<1 W/Wohnung$. Bei einer jährlichen Betriebszeit von 6.000 Stunden ergibt sich eine Stromeinsparung von 2.580 kWh/a. Bei einem Strompreis von 13 Ct/kWh ergibt sich eine Einsparung von 335 Euro/a bzw. 14 Euro/Wohnung. Der Stromeinsparung bewirkt eine Verringerung der CO_2 -Emission von 1,6 t/a.

In der Universitätsklinik Düsseldorf wurde in einem Gebäude die Heizungsverteilung umgerüstet. Es wurden 92 Sekundärpumpen entfernt und die vorhandene Hauptversorgung mit einer Volumenstromregelung optimiert. Die Einsparung an elektrischer Leistung betrug 52 kW und an elektrischer Arbeit 338.000 kWh. Gegenüber den ursprünglich geplanten Sanierungsmaßnahmen ergibt sich einschließlich der Untersuchungs- und Investitionskosten eine einmalige Kostenersparnis von Euro 220.000. Bei den jährlichen Kosten ergeben sich beim Stromverbrauch Einsparungen von 22.000, bei der Wärme von 28.000 und bei der Instandhaltung von 11.000 Euro. Die elektrische Leistung konnte von 55 auf 3 kW gesenkt werden. Dies bedeutet eine Leistungseinsparung von 94%. Die CO_2 -Emission konnte um 123 t/a gesenkt werden.

In einem Gymnasium in Hamburg konnte durch eine hydraulische Sanierung, den Fortfall von 8 Strangpumpen und eine Volumenstromregelung der Stromverbrauch um 95% gesenkt werden.

Checkliste für durchzuführende Maßnahmen

- **Analyse des Istzustandes**
Was ist bekannt, welche Informationen werden benötigt
(Verbrauch, Leistung, Vor- und Rücklauftemperaturen, Wassermengen, Heizkurve, Aufheizverhalten, Zustand der Wärmeverteilung, Sanierungsbedarf, wo kommt es zu Versorgungsproblemen, werden bei Fernwärmeversorgung Wärmetauscher eingesetzt, wie ist die Warmwasserbereitung aufgebaut und wie hoch ist der Verbrauch)
- **Einbau/Ersatz von voreinstellbaren Thermostatventilen**
(können Ventileinsätze ausgetauscht werden, müssen Ventiloberteile erneuert werden, ist eine Brennwertnutzung geplant)
- **Umbau von Wärmeverteilungen**
(Sanierungsbedarf von Ventilen, Mischern und Pumpen, arbeiten die Mischventile richtig, kommt es zu Bypässen an Mischventilen, Klimaanlage, kann der Aufbau vereinfacht werden)
- **Ersatz von Pumpen**
(Welche Wassermengen und Drücke werden benötigt, welcher Regelungsbedarf besteht)

Checkliste Sparpotentiale bei Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen

Kälteverteilungen	ab 50 kW _{th}	ab 2.000 Betriebsstunden	sinnvoll	
		ab 4.000 Betriebsstunden	groß	
		ΔP-Regelung	sinnvoll	
		4-stufige Regelung	groß	
		Pumpenleistung > 3 kW ΔT < 4K	groß	
		offene Rückkühlwerke	sehr groß	
		gleichzeitiger Betrieb mehrerer Umwälzpumpen	groß	
		Beimischungseinrichtungen	sehr groß	
Heizungsverteilungen	bis 500 kW _{th}	bis 3.000 Betriebsstunden	sinnvoll	
		ab 500 kW _{th}	Überströmeinrichtung	groß
			ungeregelte Pumpe	groß
	dP-Regelung		sinnvoll	
	ab 5.000 Betriebsstunden		groß	
	inst. Pumpleistung (prim.+sek.) > 3W _{el} /kW _{th}		groß	
	ΔP-Regelung vorhanden		groß	
	ab 500 kW _{th}	Überströmeinrichtungen	sehr groß	
		ungeregelte Pumpen	sehr groß	
		inst. Pumpleistung (prim.+sek.) > 5W _{el} /kW _{th}	sehr groß	
		sekundäre Heizungspumpen vor- handen	sehr groß	
		innenliegende Wärmetauscher	sehr groß	
		Warmwasserbereitung	T-Rücklauf > 40°C	groß
ΔT < 30 K			groß	
Fernwärme	ab 1 MW _{th}		Außentemperaturgeregelte Vor- lauftemperatur	sinnvoll
			Grädigkeit Wärmetauscher > 5K	sinnvoll
Fernwärme	ab 1 MW _{th}		Grädigkeit Wärmetauscher > 10K	groß
		Warmwasserbereitung mit Rück- lauftemperaturen >50°C	groß	
		Überströmungseinrichtungen für Primärkreis	sehr groß	
		Erfassung der Volumenströme über Messblenden	sehr groß	