

DRUCKANSTIEG BEI BELÜFTUNGSSYSTEMEN

Ergebnisse weiterführender Untersuchungen

W. Frey, Korneuburg

1. Allgemeines

Der vorliegende Beitrag ist als Ergänzung zu den Vorträgen der letzten Jahre zu sehen (FREY 2002, 2003, 2004a). Beim letzten Sprechertag 2004 wurden die ersten Ergebnisse der Druckmessungen an verschiedenen Anlagen präsentiert. Im vergangenen Jahr wurde die Vorgangsweise der Messungen weiter adaptiert und getestet. Speziell wurden Fragen nach den am schwierigsten zu ermittelnden Informationen und den Konsequenzen des Fehlens dieser Informationen untersucht. Nach Abschluss der Untersuchungen und Messungen an 27 Anlagen können nun die Ergebnisse der Druckmessungen präsentiert und eine Handlungsanweisung für die Vorgangsweise bei der Ermittlung des Druckverlustes von Druckbelüftungselementen vorgelegt werden.

2. Erfahrungen bei den durchgeführten Messungen

An der schon 2004 angegebenen Vorgangsweise

- Erheben anlagenspezifischer Daten
- Messungen der Wassertiefe und des Druckes
- Auswertungen, Berechnung des Druckverlustes der Belüfterelemente

hat sich nichts geändert.

Bei den Besuchen auf den Anlagen hat sich gezeigt, dass die Dokumentationsunterlagen oft sehr umfangreich und wenig übersichtlich sind. Auf älteren Anlagen wurden die Dokumentationen oft nicht ergänzt. Aufgrund dieses Sachverhaltes war es oft schwer oder sogar unmöglich alle benötigten Informationen zu erhalten. Konkret gab es immer wieder Probleme folgende Informationen zu finden:

- Hersteller, Type und Abmessungen der Belüfterelemente
- Aktuelle Anzahl der Belüfterelemente
- Druckverlustkurven der Belüfterelemente

Oft war nur durch die Erinnerung des Betriebspersonals und das Vorzeigen von Bildern eine Identifikation möglich.

Die Angaben zu den Gebläsen waren am einfachsten durch einen Lokalaugenschein im Gebläsehaus finden. Die Durchführung von Drehzahlmessungen hat sich jedoch als zu aufwändig (Abstellen der Gebläse, Demontage von Schallschutzeinrichtungen und Schutzkäfigen) gezeigt. Die Ermittlung des aktuellen Luftvolumenstromes war nur auf wenigen Anlagen möglich.

Die Messung der Wassertiefe war in der Regel kein Problem. Die Berechnung der Einblastiefe erfordert auch die Kenntnis der Einbauhöhe der Belüfter und war mitunter problematisch.

Die Druckmessungen waren häufig einfach durchzuführen. Auf Anlagen ohne Entwässerungsleitungen oder Stutzen in der Rohrleitung wurde auf Druckmessungen am Druckstutzen der Gebläse zurückgegriffen.

2.1 Ermittlung des Druckverlustes der Belüfterelemente

Grundsätzlich sollte versucht werden den Druckverluste der Belüfterelemente so zu ermitteln wie er im Beitrag 2004 beschrieben wurde.

Auf Grund der Erfahrungen mit dem Messprogramm soll an dieser Stelle eine vereinfachte Vorgangsweise gezeigt werden. Ausschlaggebend für die Vereinfachung sind folgende Punkte:

- Es gibt auf den Anlagen praktisch keine detaillierten Informationen zur Abhängigkeit des Druckverlustes des jeweiligen Belüfterelementes.
- Die Ermittlung der Anzahl oder Fläche der Belüfterelemente ist aufwändig und häufig nur durch Recherchen beim Lieferanten oder Planer zu erreichen.
- Die Messungen und Berechnungen zur Ermittlung des aktuellen Luftvolumenstromes übersteigen die Möglichkeiten des Betriebspersonales (Drehzahlmessgeräte, Kennwerte und Berechnungsformeln für den jeweiligen Gebläsetyp, usw.).

Die vereinfachte Berechnung orientiert sich an der Einblastiefe und dem gemessenen Differenzdruck im Luftleitungssystem.

HINWEIS: Die Einheit des Druckes ist Pascal (Pa) früher war die Einheit Bar oder Millibar (mbar) gebräuchlich. Oft wurde zur Beschreibung des Druckes auch Meter Wassersäule (mWS) verwendet. Da die Einheit Pascal „unhandlich“ ist und viele Fachleute ihren Erfahrungsschatz (die Größenordnungen wichtiger Messwerte) in Bar oder Millibar im Kopf haben werden folgende Umrechnungen verwendet:

$$100\,000\text{ Pa} = 1\text{ bar} \quad \text{es gilt daher } \mathbf{1\text{ hPa} = 1\text{ mbar}} \quad (100\text{ Pa} = 0,001\text{ bar})$$

wir benötigen häufig die Umrechnung $1\text{ mWS} = 98,1\text{ hPa} = 98,1\text{ mbar}$

Üblicherweise werden Differenzdruckmessgeräte eingesetzt, d.h. der abgelesene Druck ist der Überdruck in der Rohrleitung gegenüber dem Luftdruck. Dieser Überdruck resultiert aus der Einblastiefe, dem Druckverlust in der Rohrleitung von der Messstelle bis zum Belüfterkörper, dem Druckverlust des Belüfterkörpers (Düsenöffnungen, Drosselbohrungen, Schutzkappen, Rückschlagsicherungen, usw.) und dem Druckverlust der Membran.

$$\Delta p_{\text{mess}} = \text{Einblastiefe} + \text{Rohrleitung} + (\text{Belüfterkörper} + \text{Membran})$$

Die Einblastiefe erhält man aus der Wassertiefe minus der Einbauhöhe der Belüfterelemente. Sie ist in der Regel in den Plänen eingetragen. Falls solche Pläne nicht existieren kann man sich mit folgenden Werten behelfen:

Teller und Rohre sind üblicherweise ca. 20 – 30 cm über der Sohle montiert. Platten werden entweder direkt an der Sohle befestigt oder ca. 10-20 cm aufgeständert.

Aus der ermittelten Einblastiefe kann der hydraulische Druck berechnet werden. Es gilt:

$$p_{\text{hydraulisch}} [\text{mbar}] = \text{Einblastiefe} [\text{m}] \times 98,1$$

Bei Messungen an der Entwässerungsleitung oder an der Beckenkronen ist der Anteil der Rohrleitung am Gesamtdruckverlust gering. Für Abschätzungen kann der Rohrleitungsdruckverlust mit ausreichender Genauigkeit mit 2-5 mbar angesetzt werden. Wird der Druck beim Gebläse gemessen ist der Druckverlust mit 10-20 mbar anzusetzen.

Die Summe aus dem Druckverlust des Belüfterkörpers und der Membran ist der Druckverlust des Belüfterelementes. Wie schon besprochen ist es häufig mit vertretbarem Aufwand nicht möglich den Druckverlust eines neuen Belüfterelementes in Abhängigkeit des Luftdurchsatzes zu ermitteln. Die Auswertung einer Reihe von Druckverlustdatenblättern verschiedener Hersteller von Belüfterelementen hat folgende Werte ergeben:

- Teller ca. 35 hPa
- Rohre: ca. 45 hPa
- Platten ca. 55 hPa

Obige Werte gelten für die üblicherweise auftretenden Luftbeaufschlagungen. Die Abweichungen überschreiten selten $\pm 10\%$. Durch die Verwendung dieser Werte wird der Vergleich mit dem messtechnisch ermittelten Druckverlust wesentlich einfacher. Es entfällt die Luftvolumenstromermittlung und die Suche nach den Datenblättern der Belüfter.

3. Handlungsanweisung zur Ermittlung der Veränderung des Druckverlustes von Belüfterelementen

Folgende Erhebungen und Messungen sind zur Abschätzung der Veränderung des Druckverlustes mindestens erforderlich:

Messung der Wassertiefe:

- Aus bekannten Planmassen oder Niveaus von Überfallkanten etc. und der Messung einer Höhendifferenz wird die Wassertiefe berechnet
- Direkte Messung mit einer langen Stange oder Kette mit Gewicht. ACHTUNG bei starker Strömung kann diese Messung nicht erfolgen.

Ermittlung der Einblastiefe

In der Regel aus Plänen oder nach Angaben in der Anlagendokumentation zu entnehmen. Wenn keine Angaben existieren kann auf die genannten Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

Messung des Druckes

Dafür wird am günstigsten ein digitales Handmanometer eingesetzt. Es gibt viele Anbieter die günstigsten Geräte kosten derzeit ca. € 150,- (ohne Ust). Vorzugsweise sollte möglichst nahe am Becken, falls vorhanden an einer Entwässerungsleitung gemessen werden.

ACHTUNG: Leitung vor der Messung jedenfalls öffnen um Wasser zu entfernen. Wenn kein Wasser kommt und auch keine Luft austritt, ist die Leitung verlegt und kann für die Druckmessung nicht verwendet werden.

3.1.1 Berechnungsbeispiel

Die oben beschriebene Methode soll an einer Anlage mit Tellerbelüftern vorgezeigt werden.

Bei einer Wassertiefe von 6,2 m und einer Einbauhöhe von 30 cm resultiert eine Einblastiefe von 5,9 m. Der hydraulische Druck errechnet sich zu

$$p_{\text{hydraulisch}} = 5,9 \text{ m} \times 98,1 = 579 \text{ mbar}$$

An der Entwässerungsleitung beim Becken wurde der Differenzdruck (Δp_{mess}) zu 668 mbar gemessen. Mit der Gleichung

(Belüfterkörper + Membran) = Δp_{mess} - Einblastiefe – Rohrleitung erhält man

(Belüfterkörper + Membran) = 668 mbar – 579 mbar – 3 mbar = 86 mbar

Verwendet man zu Vergleichszwecken nun den Druckverlust eines neuen Tellerbelüfters bei üblicher Luftbeaufschlagung von 35 mbar so errechnet man einen prozentuellen Druckanstieg von

$$\frac{86-35}{35} = 146\% (!)$$

Die Belüftungsenergie ist direkt proportional dem Gegendruck, man kann aus dem Verhältnis der Drücke „nach Gebrauch“ und im Neuzustand den Mehrverbrauch errechnen:

$$\frac{579+3+86}{579+3+35} = 1,08 \text{ d.h. der Energieverbrauch ist theoretisch um 8\% höher als im Neuzustand.}$$

4. Ergebnisse der Druckmessungen

Während der Erarbeitung der Vorgangsweise zur Ermittlung der Veränderung des Druckverlustes von Belüfterelementen wurden über 30 Kläranlagen besucht. Auf 27 konnten auch Messungen durchgeführt und Resultate erhalten werden. 14 Anlagen waren mit Tellerbelüftern, 3 mit Rohrbelüftern und 9 mit Streifen bzw. Plattenbelüftern ausgerüstet. Die Auswertungen sind teils nach der exakten Methode (Ermittlung des Luftvolumenstromes, Vorlage eines Belüfterdatenblattes für den Druckverlust in Abhängigkeit des Luftdurchsatzes) und teils nach der vereinfachten Methode erfolgt.

In der Abbildung 1 ist der Druckverlust eines neuen Belüfterelementes und der bei den Untersuchungen ermittelte Druckverlust gegenübergestellt. Die Anlagen 1-14 Waren mit Tellerbelüftern, die Anlagen 15-17 mit Rohrbelüftern und die Anlagen 18-27 mit Plattenbelüftern ausgerüstet.

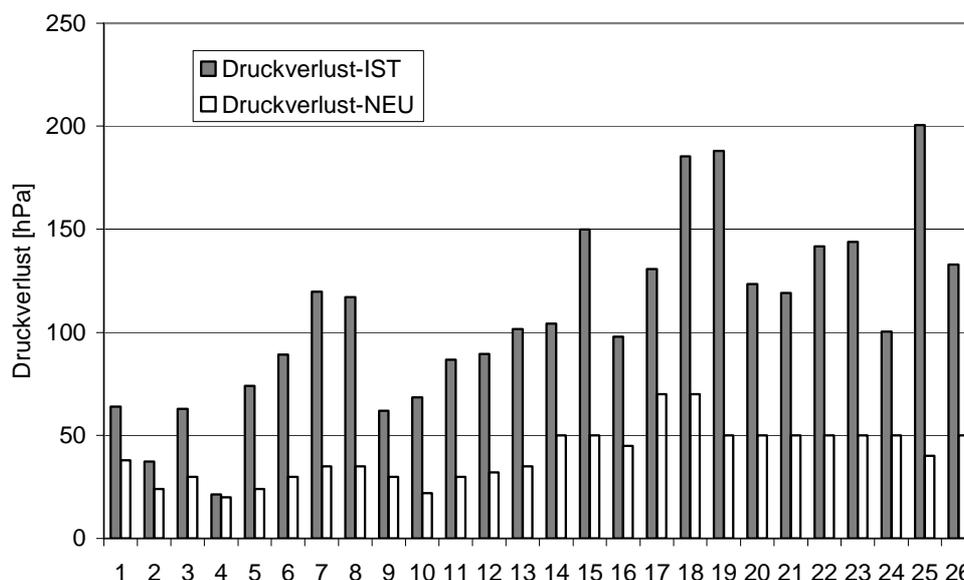


Abbildung 1: Vergleich Druckverlust neuer Belüfter mit dem ermittelten Druckverlust

In der Abbildung 2 ist die prozentuelle Druckerhöhung der gebrauchten Belüfterelemente zu neuen Belüfterelementen dargestellt. 50% der Anlagen (Medianwert) weisen eine Druckerhöhung um mehr als 166% auf. Auffällig ist hier die Anlage 25 mit dem 5 fachen Druckverlust im Vergleich zu einem neuwertigen Belüfter.

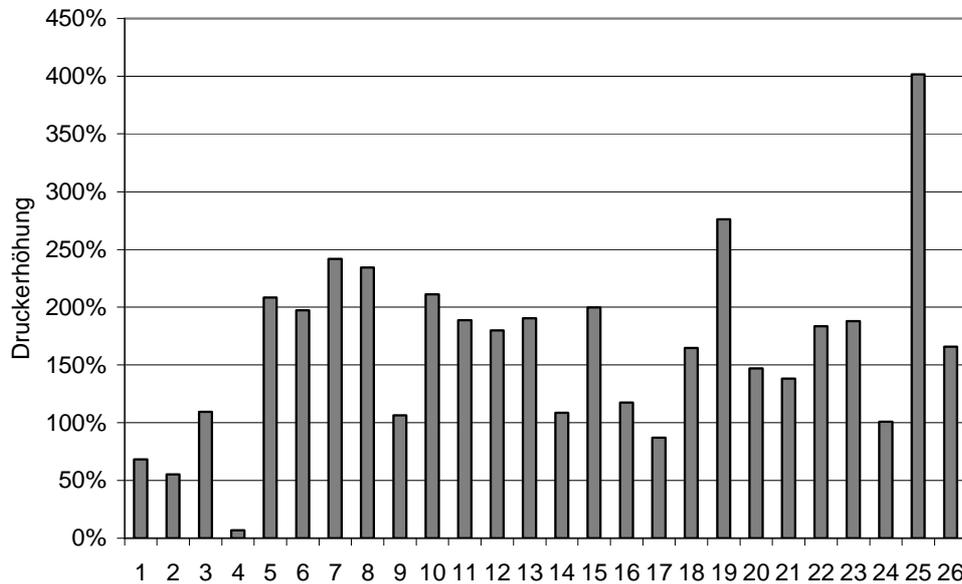


Abbildung 2: Prozentuelle Druckerhöhung im Vergleich zu neuen Belüftern

In der Abbildung 3 ist der prozentuelle Energiemehrverbrauch der gebrauchten Belüfterelemente zu neuen Belüfterelementen eingetragen. Berechnet man den Medianwert so zeigt sich, dass durch die Druckerhöhung bei mehr als der Hälfte der Anlagen ein Energiemehrverbrauch von 13 % verursacht wird.

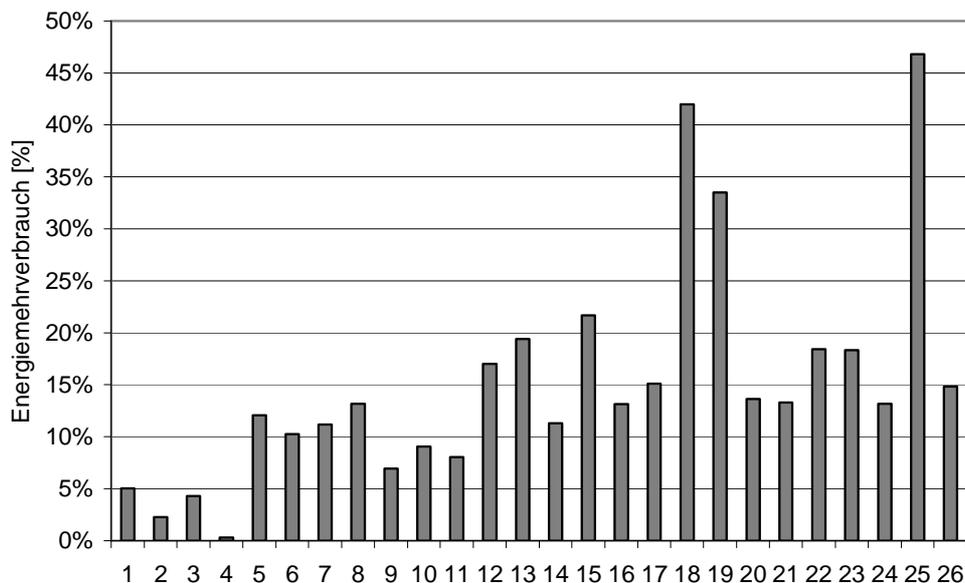


Abbildung 3: Prozentuelle Erhöhung des Energieverbrauches der Belüftung

Von den Herstellern werden üblicherweise Druckerhöhungen von 30-40 hPa nach einigen Betriebsjahren genannt und von den Betreibern auch akzeptiert. Auf sehr vielen der untersuchten Anlagen (78%) treten Druckerhöhungen auf die größer als 40 hPa sind. Bei 33% der Anlagen ist der Zuwachs des Druckverlustes mindestens doppelt so groß. Bei diesen Anlagen

wird dringend empfohlen Maßnahmen zur Reduktion des Druckverlustes zu setzen um Schäden an den Belüfterelementen zu verhindern und den Energiemehrverbrauch zu reduzieren (FREY 2004b, 2004c).

Die Messergebnisse zeigen, dass die Veränderungen des Druckverlustes ist in vielen Fällen stark sind und auch mit der vereinfachten Handlungsanweisung identifiziert werden können.

5. Zusammenfassung

Bei der Durchführung von Messungen auf 27 Kläranlagen wurde eine Handlungsanweisung zur Ermittlung der Veränderung des Druckverlustes von Belüfterelementen erarbeitet und erprobt. Es hat sich gezeigt, dass zur Beurteilung der Situation ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden kann. Bei dieser Methode wird auf die Erfassung des Luftvolumenstromes verzichtet und der Druckverlust neuer Belüfterelemente auf Basis von Erfahrungswerten vorgenommen.

Die im Rahmen der Erprobung der Methode gesammelten Messwerte zeigen, dass auf vielen Anlagen der Zuwachs der Druckverluste der Belüfterelemente oft mehr als das Doppelte der von den Herstellern angegeben Werten beträgt. Bei diesen Anlagen wird dringend empfohlen Maßnahmen zur Reduktion des Druckverlustes zu setzen um den Energiemehrverbrauch zu reduzieren und Schäden an den Belüfterelementen zu verhindern.

6. Literatur

FREY W. (2002): Betriebserfahrungen mit Belüftungssystemen, KAN, Folge10

FREY W. (2003): Fragebogen Belüftungssysteme, KAN, Folge11

FREY W. (2004a): Druckanstieg bei Belüftungssystemen - Neue Erkenntnisse, KAN, Folge12

FREY W. (2004b): Mechanische Reinigung feinblasiger Druckbelüftungselemente, KA-Betriebs-Info 2004 (34) Nr.2

FREY W. (2004c): Chemische Reinigung feinblasiger Druckbelüftungselemente, KA-Betriebs-Info 2004 (34) Nr.4

Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Frey
Ingenieurkonsulent für Maschinenbau
Abwassertechnische Ausbildung und Beratung
Leobendorf / Hofgartenstraße 4/2
A-2100 Korneuburg

Telefon : ++43 (0) 2262 68173

Fax: ++43 (0) 2262 66 385

e-mail: aab.frey@aon.at