

Modellbildung von Lüftungsgeräten und Apparaten für das KWL-Tool

Prof. Heinrich Huber

Leiter Prüfstelle Gebäudetechnik

**Hochschule Luzern
Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE**



Berlin, 22./23. März 2018

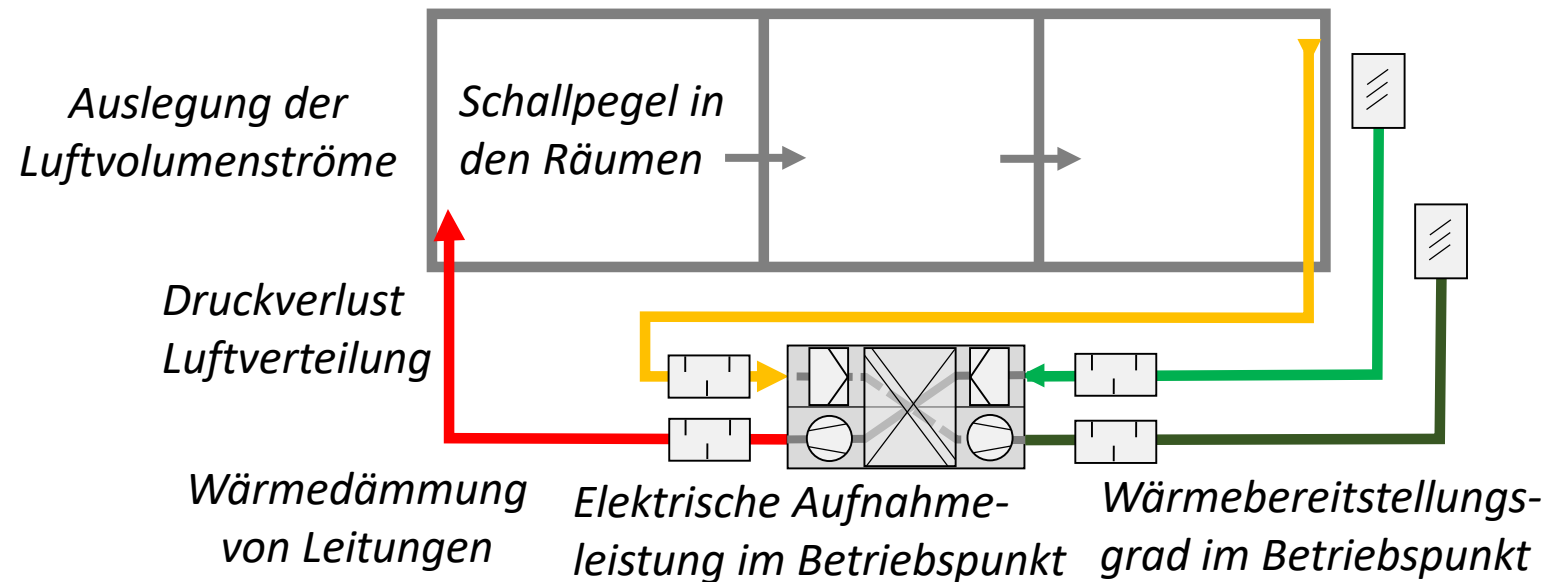
Inhalt

1. Ausgangslage
 2. Anforderungen an die Modelle
 3. Volumenstrom/Druck-Kennlinie und Betriebspunkt
 4. Modell für die elektrische Leistung
 5. Modell für den Schalleistungspegel von Lüftungsgeräten
 6. Modell für Wohnungslüftungs-Boxen
 7. Hinweise zum KWL-Tool
- Schlussbemerkungen

In diesem Beitrag wird die Kurzform *KWL* für zentrale Wohnraumlüftungsanlagen mit Zu- und Abluft sowie Wärmerückgewinnung verwendet.

1. Ausgangslage

Bei KWL-Anlagen werden teilweise Planungsleistungen nicht vollständig erbracht oder mind. nicht ausreichend dokumentiert.



Um die Qualität und das Image von energieeffizienten KWL-Anlagen zu fördern, haben Kanton und Stadt Zürich die Entwicklung eines unabhängigen Planungstools unterstützt.

Im KWL-Tool steht eine **Bibliothek** von **neutralen Produkten** (z.B. Luftleitungen) und von **realen Produkten** verschiedener Lieferanten zur Verfügung.

Normen und Fachliteratur stellen für folgende Themen Modelle zur Verfügung

- Auslegung der Luftvolumenströme
- Druckverlustberechnung
- Akustische Berechnung der Luftverteilung

Für die Umrechnung von Leistungsdaten von Lüftungsgeräten und Wohnungslüftungsboxen standen keine geeigneten Modelle zur Verfügung.



Bildquellen: Firmen Brink, Drehsohn, Helios, Hoval, Zehnder

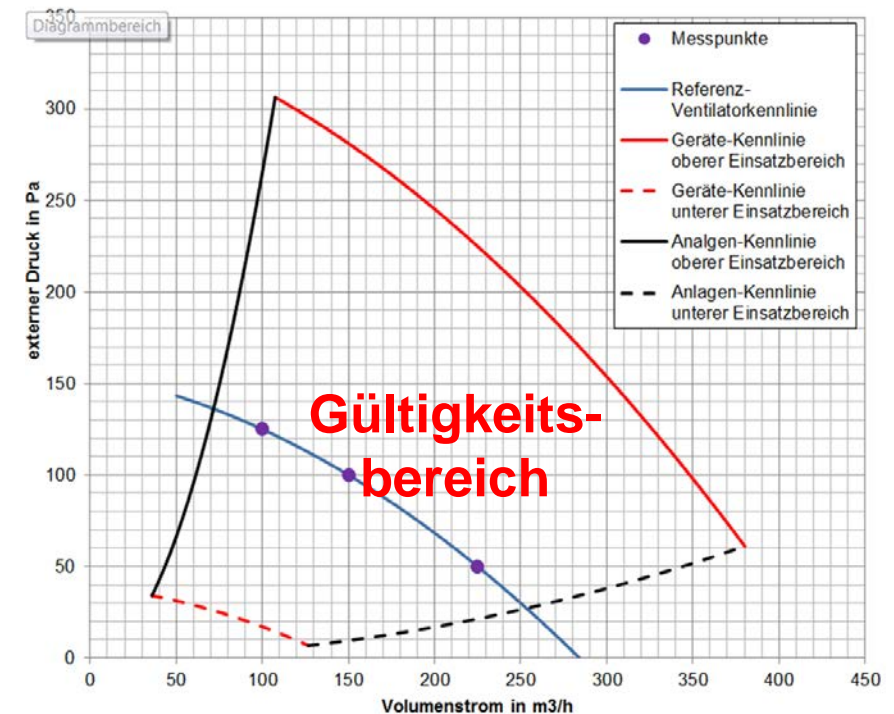
2. Anforderungen an die Modelle

Die Modelle für die Umrechnung von Leistungskenndaten sollen

- im üblichen Einsatzbereich der Geräte eine praxisgerechte Genauigkeit liefern und
- einen geringen Zusatzaufwand für messtechnische Prüfungen verursachen.

Für die elektrische Leistung und den Schallleistungspegel werden vier Prüfpunkte sowohl als zumutbar wie auch als ausreichend erachtet.

Für die thermische Prüfung genügt ein Prüfpunkt.



3. Volumenstrom/Druck-Kennlinie und Betriebspunkt

$$p_{tot,i} = \left(\frac{n_i}{n_{ref}}\right)^2 \cdot c_{v0} + \left(\frac{n_i}{n_{ref}}\right) \cdot c_{v1} \cdot q_{v,i} + c_{v2} \cdot q_{v,i}^2$$

$p_{tot,i}$

Gesamtdruckerhöhung im Betriebspunkt

c_{v0}, c_{v1}, c_{v2}

Parameter der Ventilator Kennlinie

n_i

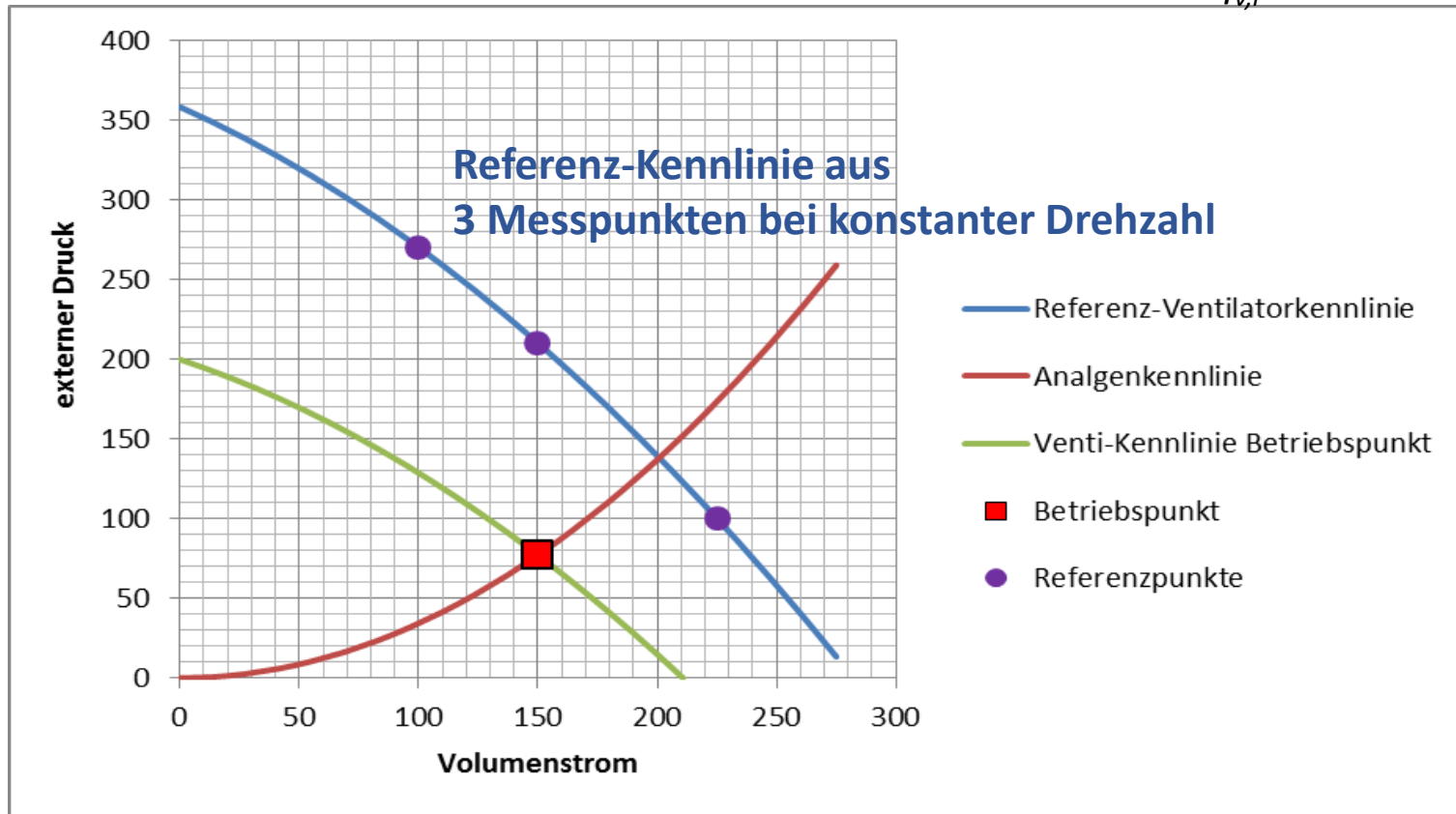
Drehzahl des Ventilators im Betriebspunkt

n_{ref}

Drehzahl des Ventilators bei der Referenzkennlinie

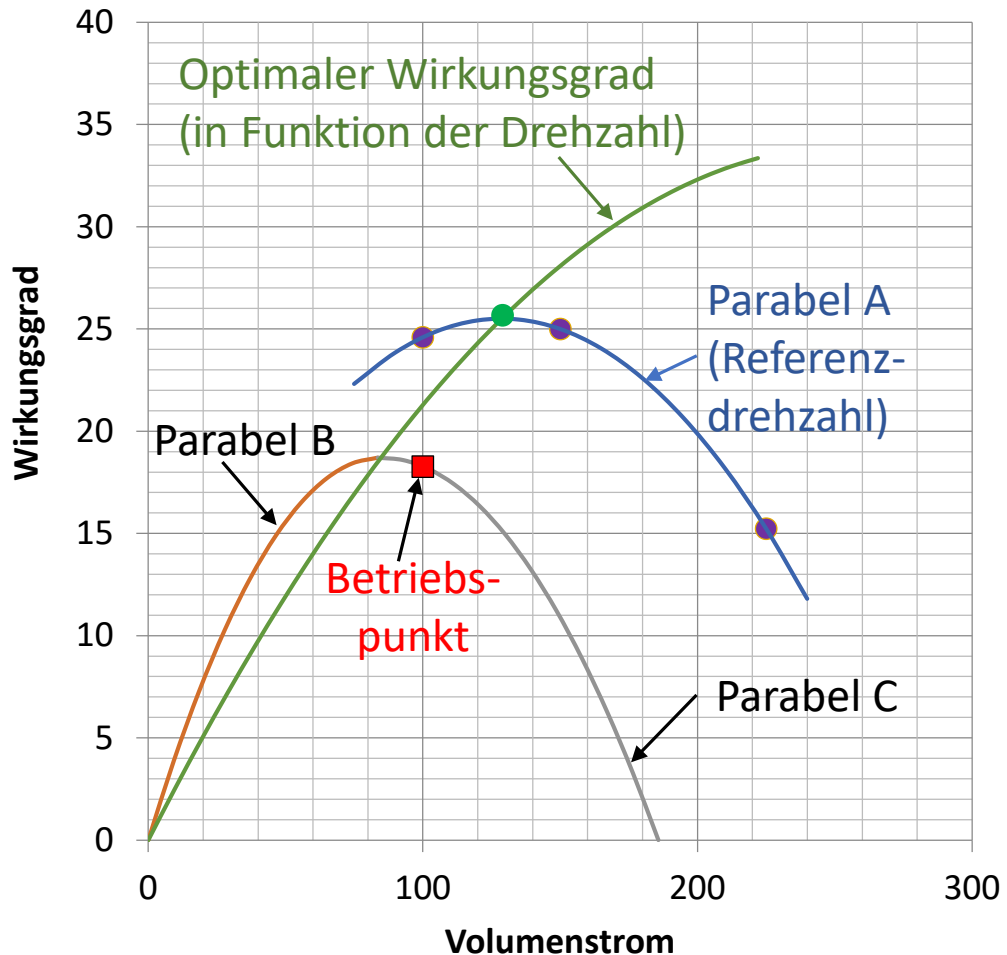
$q_{v,i}$

Volumenstrom des Gerätes beim Betriebspunkt



Mit quadratischen Gleichungen wird für beliebige Betriebspunkte die Drehzahl, resp. das Drehzahlverhältnis bestimmt.

4. Modell für die elektrische Aufnahmeleistung



Bei der Referenzdrehzahl wird das Wirkungsgradoptimum aus 3 Messpunkten bestimmt (Parabel A).

Der Verlauf des optimalen Wirkungsgrades (in Funktion der Drehzahl) wird als Parabel angenähert. Dazu wird der Wirkungsgrad eines 4. Messpunktes benötigt.

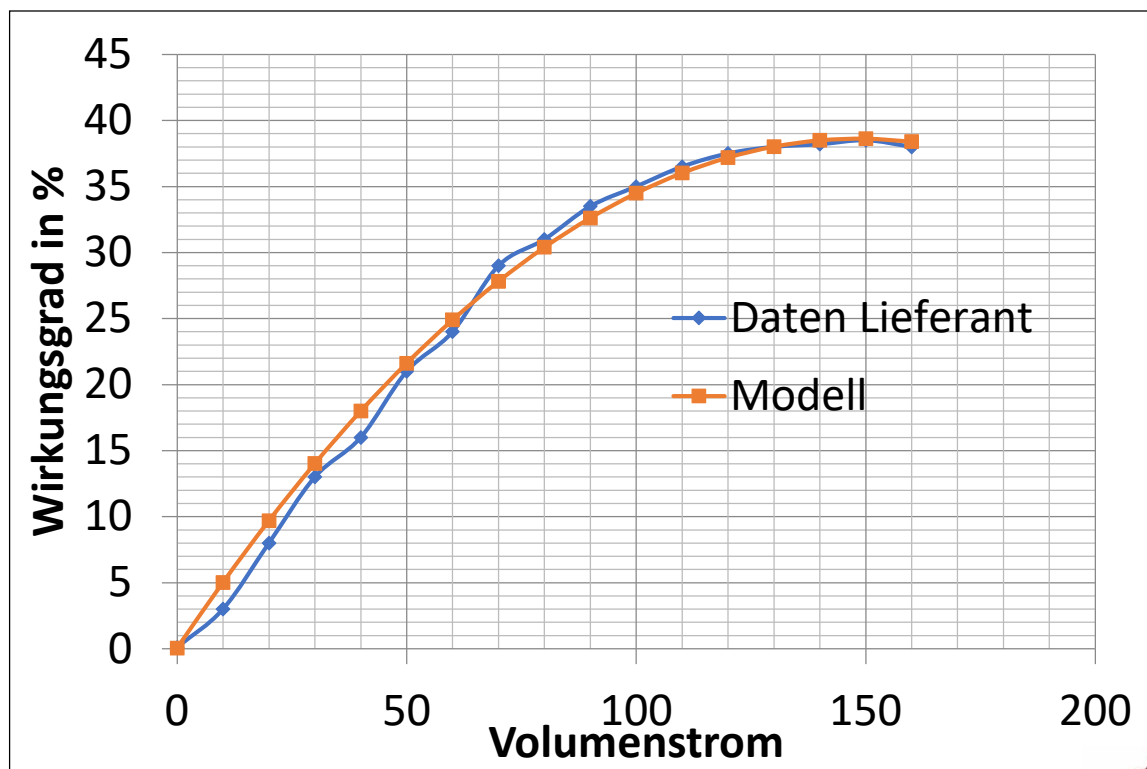
Bei der Drehzahl des Betriebspunktes werden für den Wirkungsgrad (in Funktion des Volumenstroms) zwei Parabeln gebildet:

- Parabel B: durch Nullpunkt und Maximum beim Volumenstrom mit dem opt. Wirkungsgrad
- Parabel C: Maximum beim Volumenstrom mit dem opt. Wirkungsgrad und Null bei Null Förderdruck

Der Wirkungsgrad des Betriebspunktes liegt auf der Parabel B oder C (quadratische Gleichung).

Im typischen Einsatzbereich von KWL-Geräten kann die elektrische Aufnahmeleistung mit dem Modell auf ca. 5% genau berechnet werden.

Beispiel für einen Wirkungsgradverlauf eines Ventilators entlang der Anlagekennlinie durch den Bestpunkt



Beispiel eines berechneten SPI-Kennfeldes eines KWL-Geräts

		Spezifische Geräteleistung SPI in W/(m³/h)																
		50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
Förderdruck (pro Seite) in Pa	150	0.59	0.52	0.48	0.45	0.43	0.41	0.41	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.41	0.41	0.42		
	140	0.55	0.49	0.45	0.43	0.41	0.4	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.4	0.41	
	130	0.52	0.47	0.43	0.4	0.39	0.38	0.37	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.38	0.39	0.39	
	120	0.49	0.44	0.4	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.36	0.37	0.38	
	110	0.46	0.41	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.37	
	100	0.43	0.38	0.36	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.33	0.34	0.34	0.35
	90	0.4	0.36	0.33	0.32	0.31	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.31	0.31	0.32	0.33	0.34	
	80	0.37	0.33	0.31	0.3	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.3	0.31	0.31	0.32
	70	0.34	0.3	0.29	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.3	0.31	
	60	0.31	0.28	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	
	50	0.28	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	
	40	0.25	0.23	0.22	0.21	0.21	0.2	0.21	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	
	30	0.22	0.2	0.19	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.2	0.2	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	
	20	0.19	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.18	0.19	0.19	0.2	0.21	0.22	0.23	0.24	
	10	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2	0.21	0.22	0.23	
		50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
		Volumenstrom in m³/h																

5. Modell für den Schalleistungspegel von Lüftungsgeräten

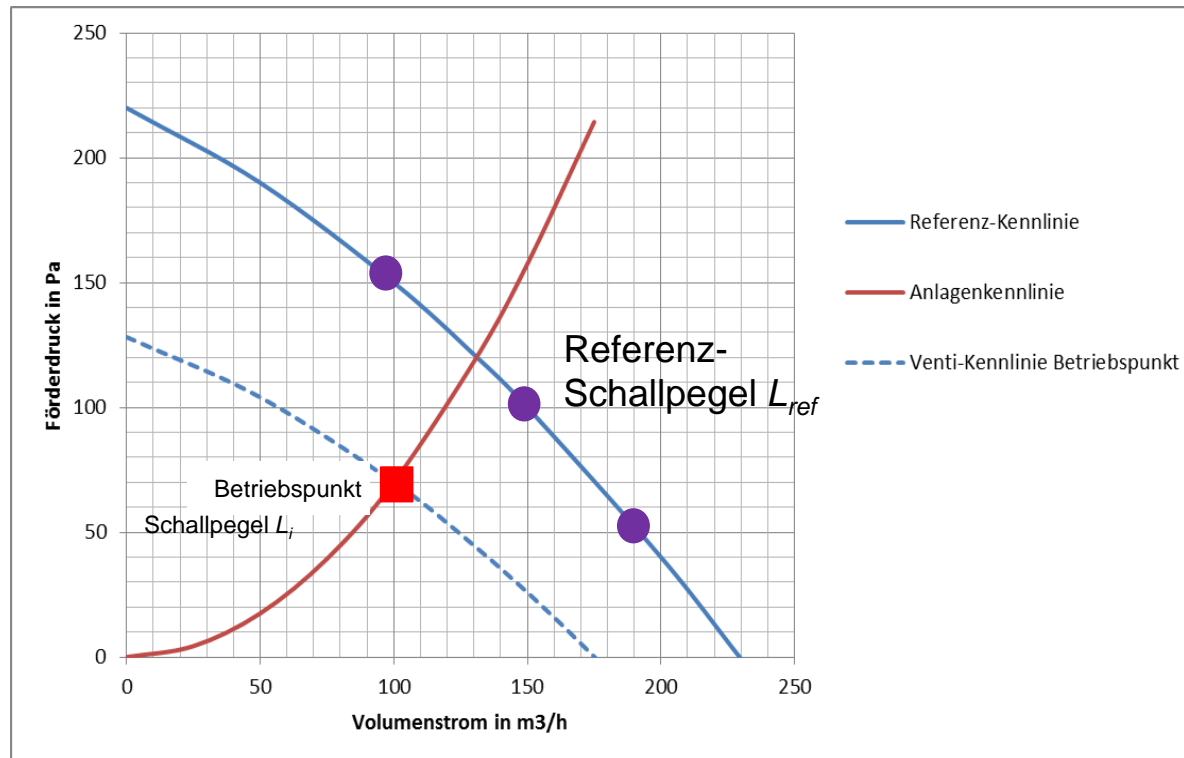
$$L_i = L_{ref} + f_n \cdot 10 \lg \left(\frac{n_i}{n_{ref}} \right)$$

L_i Schalleistungspegel bei der Drehzahl n_i , in dB

L_{ref} Schalleistungspegel bei der Referenzdrehzahl n_{ref} , in dB

f_n Faktor für den Einfluss der Drehzahl

n_i/n_{ref} Drehzahlverhältnis



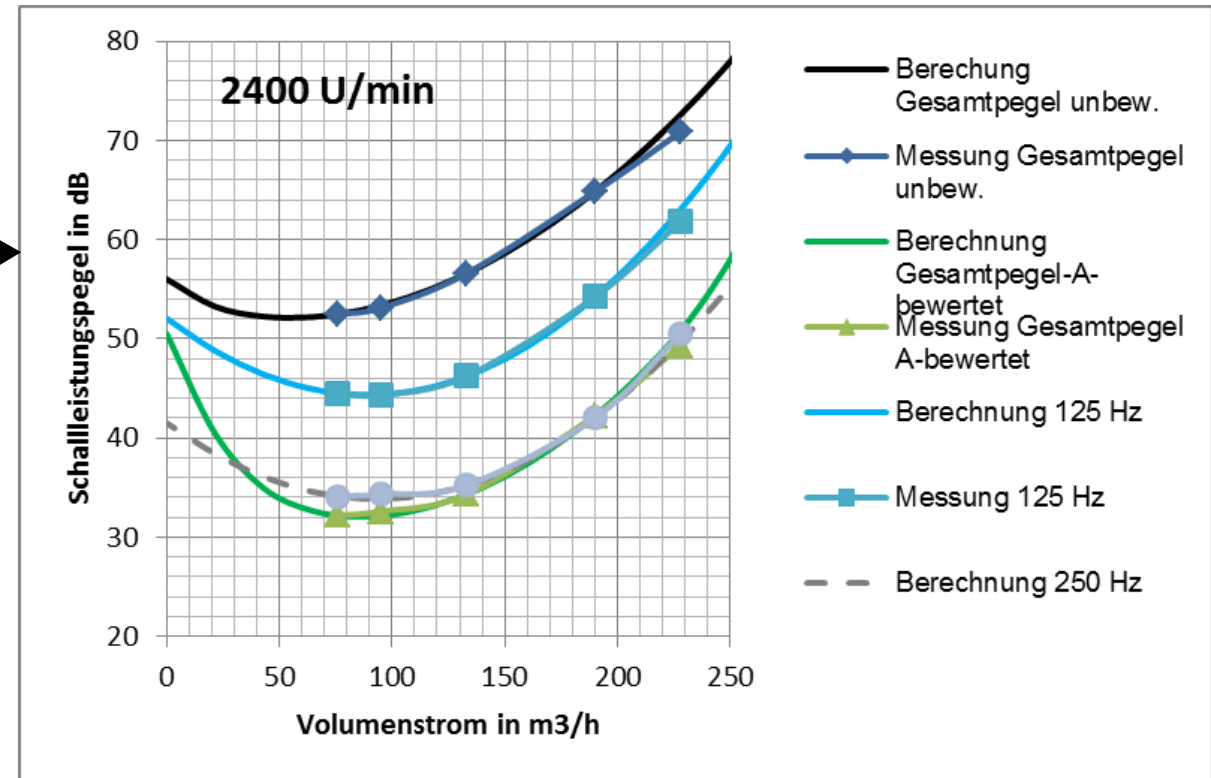
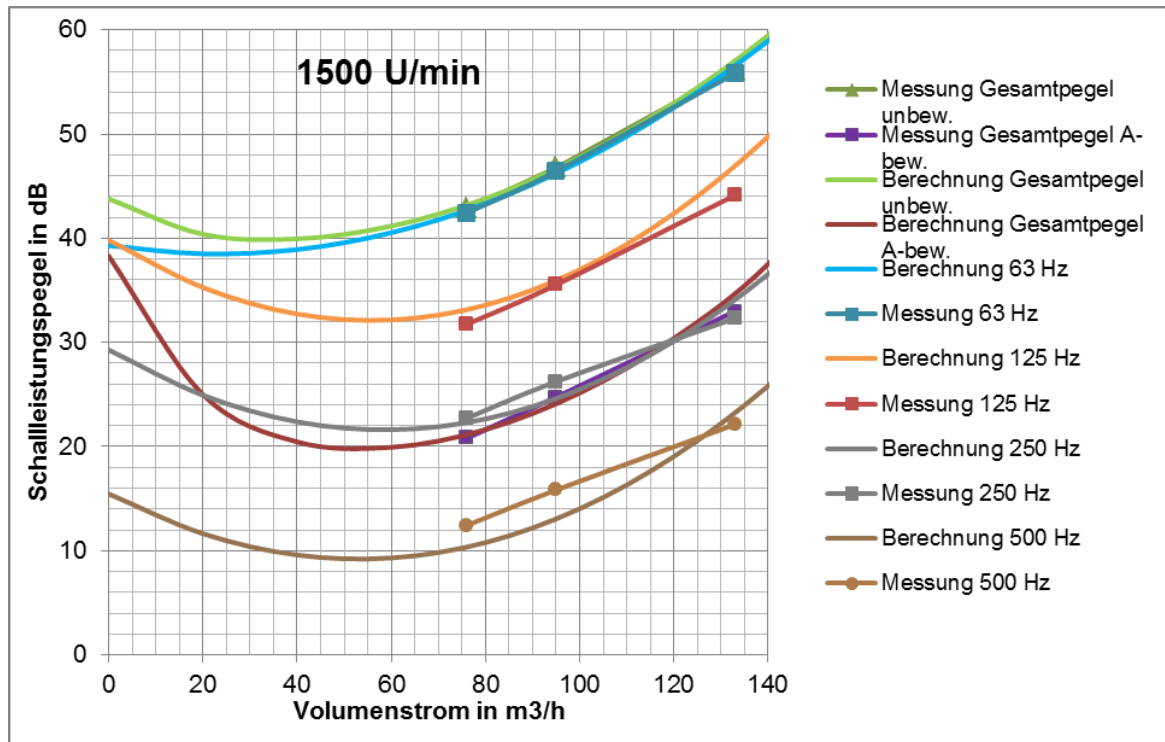
3 Messpunkte bei Referenzdrehzahl im oberen Einsatzbereich
1 weiterer Messpunkt bei einer weiteren Drehzahl zur Bestimmung des Faktor f_n

In der Literatur finden sich für Ventilatoren f_n Werte von 50 ... 60.
Bei realen KWL-Geräten wurden bisher Werte von 30 bis 60 beobachtet.

Entlang den Kennlinien mit konstanter Drehzahl wird der Schallleistungspegel als Parabel (aus drei Messpunkten) angenähert.

Beispiel für Validierung des Modells mit Daten eines realen Ventilators

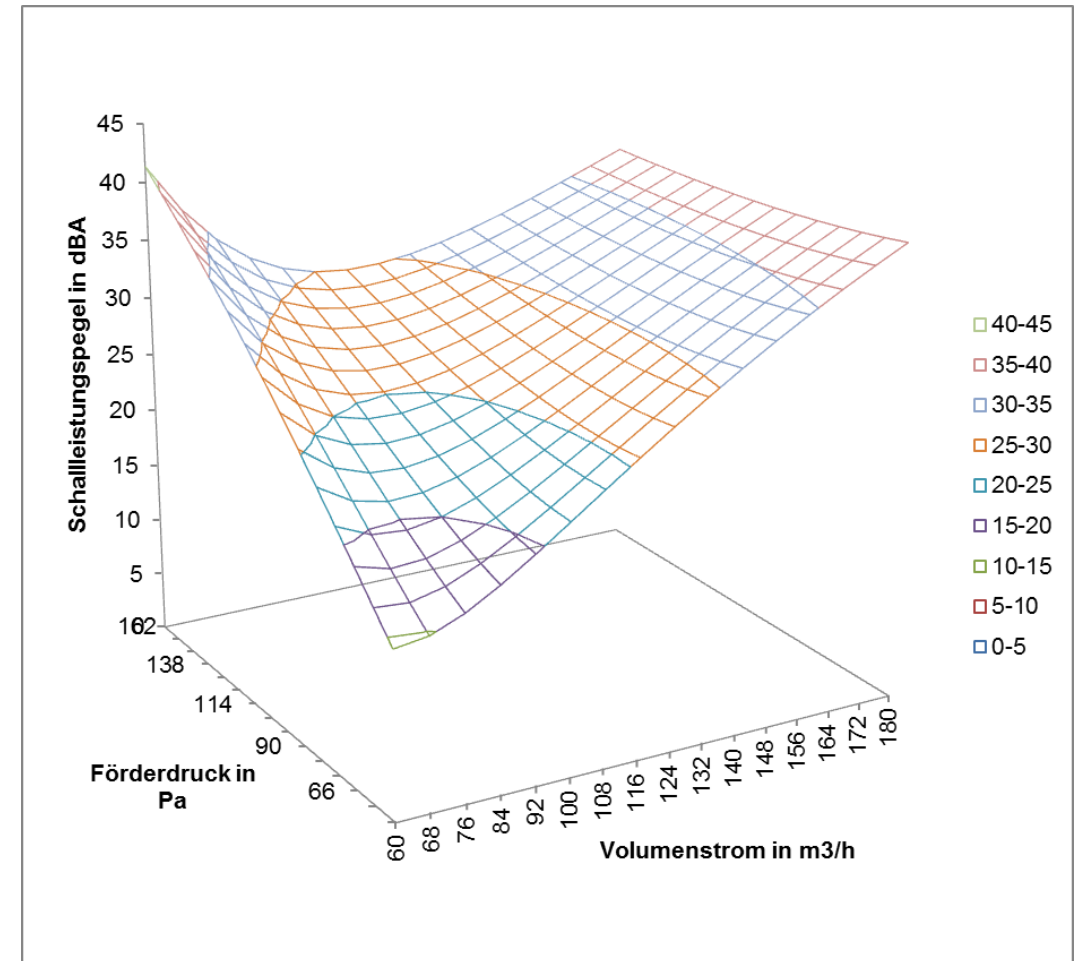
Messwerte bei Referenzkennlinie →



← Umrechnung und Kontrollmessung

Im typischen Einsatzbereich von KWL-Geräten kann der Schalleistungspegel mit dem Modell auf ca. 2 dB genau berechnet werden.

Beispiel für das Kennfeld des A-bewerteten Schalleistungspegels eines realen Geräts



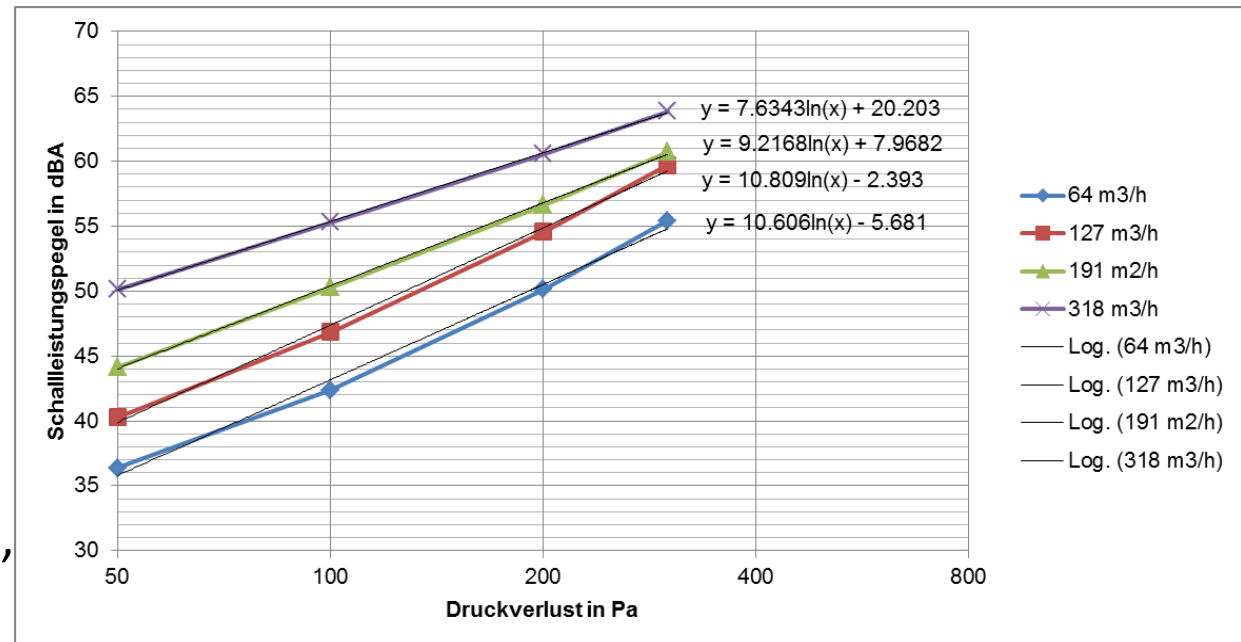
6. Modell für den Schalleistungspegel von Wohnungslüftungsboxen

$$L_P = c_0 + c_1 \cdot \lg(q_v) + c_2 \cdot \lg(\Delta p)$$

- L_P Schalleistungspegel Betriebspunkt, in dB
 c_0 empirische ermittelter Parameter Grundwert, in dB
 c_1 empirische ermittelter Parameter für Volumenstrom, dB
 c_2 empirische ermittelter Parameter für Druckverlust, dB
 q_v Volumenstrom, in m³/h
 Δp Druckverlust, in Pa



Beispiel eines A-bewerteten Schalleistungspegels einer VAV-Regleinheit in Funktion des Druckverlusts, bei verschiedenen Volumenströmen



7. Hinweise auf das KWL-Tool

www.kwl-tool.ch

- webbasiertes Dimensionierung- und Berechnungstool
- für Anwender frei nutzbar
- Auslegung der Luftvolumenströme nach der Schweizer Wohnungslüftungsnorm
- Strömungstechnische Auslegung und Druckverlustberechnung
- Akustische Auslegung und Berechnung des Schalldruckpegels in allen Räumen
- Berechnung der elektrischen Aufnahmeleistung und des Wärmebereitstellungsgrads
- Bibliothek mit produkteneutralen Elementen (Luftleitungen, Formstücke) sowie mit Komponenten und Geräten von diversen Anbietern
- Import und Export von Projekten, z.B. Datenaustausch per Email

Schlussbemerkungen

- Auf Basis von nur 4 Prüfpunkten können die elektrische Aufnahmeleistung und der Schalleistungspegel von Wohnraumlüftungsgeräten für die Praxis hinreichend genau berechnet werden.
- Für Wohnungslüftungsboxen werden als Basis für eine Berechnung des Schalleistungspegels 9 Prüfpunkte empfohlen.
- Die einfachen Modelle halten den Messaufwand tief und ermöglichen so die Aufnahmen von diversen Geräten ins KWL-Tool oder andere Projektierungssoftware.
- Eine Ausdehnung auf grössere Geräte und Anlagen ist denkbar, aber die Modelle müssen dazu noch validiert werden.