

Ein- und Ausgabeprogramm für Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen

gemäss SWKI-Richtlinie 95-3

Ausgearbeitet durch

SWKI, Exacon AG, HTA Luzern

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Dezember 2001

Auftraggeber:

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden
Bundesamtes für Energie

Auftragnehmer:

SWKI, Schweizerischer Verein von Wärme- und Klimaingenieuren
Solothurnstr. 13
3322 Schönbühl

Autoren:

Anton de Martin, Aicher, De Martin, Zweng AG, Luzern (Projektleiter SWKI)
Hanspeter Pfenninger, EXACON AG, Herisau
Stefan Sutter, EXACON AG Herisau
Markus Dürig, HTA Luzern
Bendicht Schütz, HTA Luzern
Prof. Gerhard Zweifel, HTA Luzern

Begleitgruppe:

Robert Gschwend, Waldhauser Haustechnik, St. Gallen
Kurt Hildebrand, HTA Luzern, ZIG
Bruno Soder, W. Wirthensohn AG, Luzern
Mark Zimmermann, EMPA ZEN, Dübendorf (Programmleiter BFE)

2001

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: über Internet: www.empa.ch/ren

Zusammenfassung

Ein Eingabe- sowie ein Berechnungs- und Ausgabeprogramm für die Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen gemäss der Richtlinie 95-3 des Schweizerischen Vereins von Wärme- und Klimaingenieuren SWKI wurden erstellt. Das Eingabeprogramm wird durch den SWKI zusammen mit der Richtlinie verkauft. Es erstellt eine Übertragungsdatei, die auf elektronischem Weg an den Rechnerserver übermittelt werden kann, der an der HTA Luzern betrieben wird. Dort wird mit dem erstellten Berechnungsprogramm die Simulation mit dem Gebäudesimulationsprogramm DOE-2.1E durchgeführt, die Resultate ausgewertet und elektronisch an den Absender zurückgesandt.

Zum Berechnungsprogramm wurden Modelle für die gängigen Typen von Wärmerückgewinnungsanlagen entwickelt.

Ein Transferprogramm für die Übernahme von Daten aus den IDEA-Haustechnik-Programmen der HTA Luzern wurde entwickelt. Die Daten können über eine Transferdatei ins Eingabeprogramm importiert werden.

Summary

An input program and a calculation and output program were developed for the calculation of the yearly energy consumption of ventilation systems according to the guideline 95-3 from the Swiss Association of Heating and Air Conditioning Engineers (SWKI). The input program is sold by SWKI together with the guideline. It creates a transfer file which is sent electronically to the calculation server, which is operated at the University of Applied Sciences of Central Switzerland, School of Engineering and Architecture (HTA Luzern) in Horw. There, the calculation program performs a simulation with the building simulation program DOE-2.1E, evaluates and formats the results and sends them back to the sender.

For the calculation program, models for the frequently used heat recovery types were developed.

A transfer program was written for the import of data from the 'IDEA Haustechnik' program family by HTA Luzern. The data can be imported into the input program.

Inhalt

1	<u>Einleitung</u>	1
1.1	<u>Kontext</u>	1
1.2	<u>Zielsetzung</u>	1
2	<u>Vorgehen</u>	1
2.1	<u>Aufteilung der Arbeiten</u>	1
2.2	<u>Lösungsansatz</u>	1
3	<u>Eingabeprogramm</u>	2
4	<u>Berechnungsprogramm</u>	3
5	<u>Modelle</u>	3
5.1	<u>Allgemeines</u>	3
5.2	<u>Kreislaufverbund-WRG (KVS)</u>	4
5.3	<u>Plattenwärmetauscher</u>	5
5.4	<u>Rotoren</u>	6
6	<u>Transfer von Eingabedaten aus den IDEA-Programmen</u>	6
7	<u>Schlussbemerkung</u>	7
8	<u>Literatur</u>	7
	<u>Anhang 1: Pflichtenheft</u>	
	<u>Anhang 2: Rechenresultat-Beispiel</u>	
	<u>Anhang 3: Berechnung der KVS-WRG</u>	
	<u>Anhang 4: Modellierung Rotor Wärmeübertrager</u>	
	<u>Anhang 5: Berechnung der Leckluftströme von Rotoren</u>	
	<u>Anhang 6: Beispiel einer IDEA-SWKI-Transferdatei</u>	

1 Einleitung

1.1 Kontext

Der Schweizerische Verein von Wärme- und Klimaingenieuren (SWKI) hat Mitte der 90er-Jahre eine neue Richtlinie ‚Jährlicher Energiebedarf Von Lüftungstechnischen Anlagen‘, SWKI 95-3 [1], erarbeitet. Diese Richtlinie enthält als eines der Hauptkapitel eine Sammlung von Standardnutzungen, d.h. Angaben über die internen Wärmequellen und deren zeitliche Verteilung für verschiedene Gebäudenutzungskategorien. Diese Information ist u.a. sehr nützlich im Zusammenhang mit dem Einsatz von Gebäudesimulationsprogrammen. Zudem ist es in vielen Fällen notwendig, für die korrekte Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen solche Programme einzusetzen, insbesondere dort, wo der Anlagenbetrieb auf die im Raum anfallenden Lasten in Form variierender Volumenströme oder Zulufttemperaturen reagieren kann. Entsprechend enthält die Richtlinie auch Angaben zur Gebäudesimulation, insbesondere zum Programm DOE-2 [2].

Bei der Freigabe der Richtlinie für die verlängerte Vernehmlassung wurde beschlossen, zu der Richtlinie ein Hilfsmittel zu erarbeiten, das die Anwendung der Gebäudesimulation für die Aufgabe der jährlichen Energiebedarfsberechnung erleichtert und auch den nicht mit der Handhabung der Gebäudesimulationsprogramme vertrauten Planern zugänglich macht. Während der verlängerten Vernehmlassung sollte dazu ein ein- und Ausgabeprogramm entwickelt werden. Als Basis dazu diente das von der Firma EXACON AG entwickelte Programm, das zur Optimierung der Kreislaufverbund-WRG-Anlagen der Firma Konvekta AG, St. Gallen dient. Dieses Programm arbeitet mit dem DOE-2 als Gebäudesimulationsprogramm im Hintergrund.

Die Richtlinie SWKI 95-3 wurde nach der verlängerten Vernehmlassung überarbeitet und mit der SIA-Norm 380/4 ‚Elektrische Energie im Hochbau‘ [3] und den dazu neu erarbeiteten Vollzugsinstrumenten harmonisiert. Sie ist seit Ende November 2001 in den Verkauf und mit ihr das im Rahmen des im vorliegenden Bericht zusammengefassten Projekts erarbeitete Eingabeprogramm.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel war die Erarbeitung eines produkteneutralen Ein- und Ausgabeprogramms zur vereinfachten Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen mit dem Gebäudesimulationsprogramm DOE-2. Die Berechnung sollte ohne Kenntnisse dieses Programms durch jeden HLK-Planer durchführbar sein.

Die erwarteten Ergebnisse des Projekts waren:

- Ein Ein- und Ausgabeprogramm für die Berechnung des Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen nach SWKI 95-3 mit DOE-2 gemäss dem im Anhang angefügten Pflichtenheft.
- Eine Ergänzung des Eingabeprogramms, die den Austausch von Projekt- und Gebäudedaten mit dem Programmpaket IDEA-Haustechnik der HTA Luzern [4] ermöglicht.
- Eine Einrichtung zur zentralen Durchführung von Berechnungen mit Datenübermittlung.

Detaillierte Anforderungen können dem Pflichtenheft in Anhang 1 entnommen werden.

2 Vorgehen

2.1 Aufteilung der Arbeiten

Die Arbeiten wurden unter den Projektbeteiligten wie folgt aufgeteilt:

- EXACON AG: Erstellung des Eingabeprogramms (inkl. Einlesen der IDEA-Transferdatei) und des Berechnungsprogramms
- HTA Luzern: Erstellung der WRG-Modelle und des Generierungsprogramms für die IDEA-Transferdatei
Einrichten und Betreiben des SWKI-Rechenservers
Durchführung von Tests und stellvertretende Projektleitung

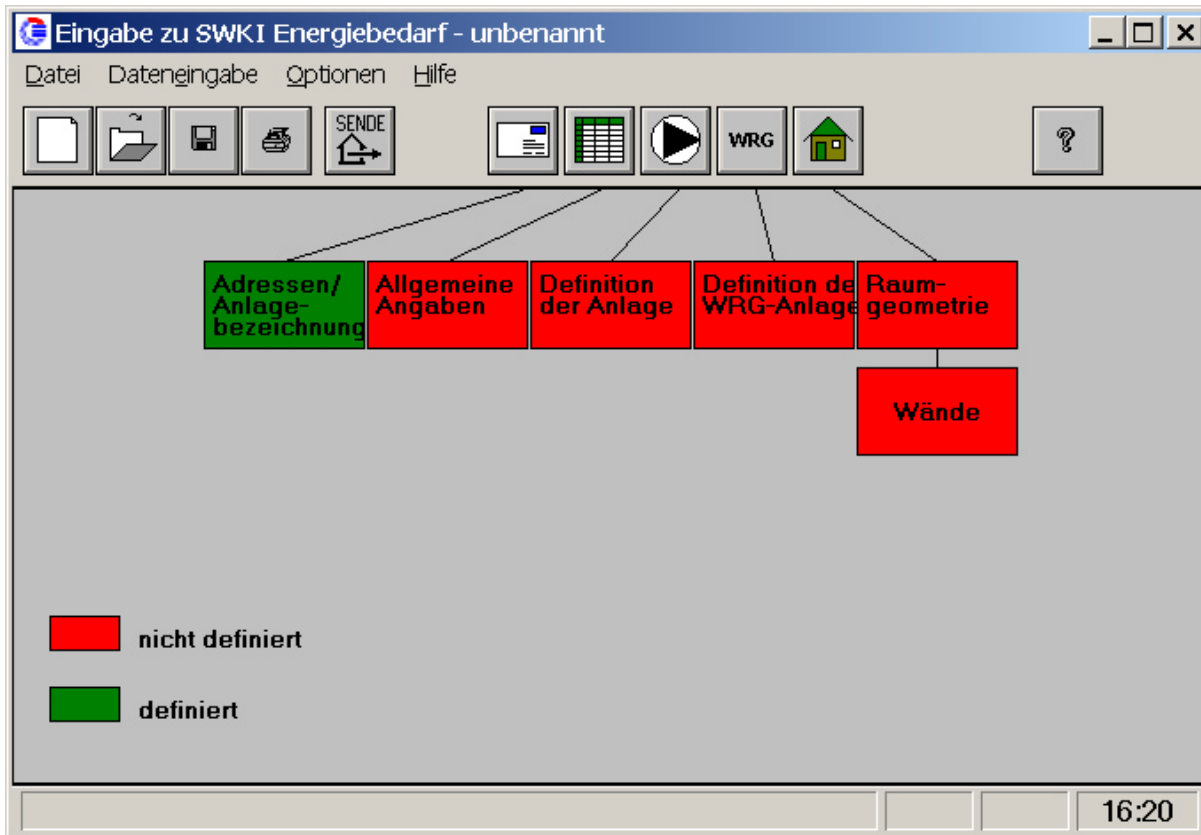
2.2 Lösungsansatz

Das Eingabeprogramm stellt eine geänderte Version des Eingabeprogramms dar, welches für die Optimierung von KVS-Wärmerückgewinnungsanlagen für die Firma Konvekta AG eingesetzt wird und mit eigenen Mitteln entwickelt wurde. Auch die Grundstruktur für das Berechnungsprogramm wurde vom Optimierungsprogramm übernommen und auf die Bedürfnisse der SWKI-Berechnung angepasst.

Die Modelle für die verschiedenen WRG-Typen wurden in Form eines sogenannten ‚Functional Input‘ für das Rechenprogramm DOE-2 aufbereitet. Dies ist eine Möglichkeit, über die Eingabe den Programmcode des DOE-2 an bestimmten Stellen zu verändern.

Der Rechnerserver ist ein selbständiger, im 24-h-Dauerbetrieb arbeitender PC, der für die Berechnungen mit einer eigenen email-Adresse (swki95-3@hta.fhz.ch) zugänglich ist. Ein Programm überwacht die eingegangenen Meldungen, löst die Anhänge mit den Rechenaufträgen heraus und übergibt sie ans Berechnungsprogramm. Nach erfolgter Berechnung werden die Resultate wieder an den Absender zurückgeschickt. Das Programm überwacht auch die Funktion des Netzwerks und gibt Meldungen an den Operator (B. Schütz).

3 Eingabeprogramm



Figur 1: Haupt-Eingabefenster mit Eingabeübersicht

Das Eingabeprogramm ermöglicht die Eingabe folgender Angaben (siehe Fig. 1):

- Adressen und Anlagenbezeichnung
- Allgemeine Angaben zur Lüftungstechnischen Anlage:
 - Meteostation
 - Anlagensteuerung (1-stufig, 2-stufig oder variabler Volumenstrom)
 - Zuluftbefeuchtung ja/nein
 - Kühlung ja/nein
 - minimale Einblastemperatur
 - Verhältnis Aussenluft/Fortluft
 - Steuerungskriterium für 2-stufige Anlagen (nach Schaltuhr oder nach Ablufttemperatur)
 - Verhältnis Volumenstrom kleine zu grosse Stufe
- Angaben zu den Lüftungsgeräten:
 - Max. Strömungsgeschwindigkeit
 - Gesamter Druckverlust Zuluft- und Abluftnetz
- Wärmerückgewinnung:
 - Auswahl des Typs: KVS, Plattenwärmetauscher oder Rotor
 - bei KVS: Wahl der Rückwärmzahl gemäss SWKI 89-1 [5] (untere Grenze, Mitte und obere Grenze des Bereichs)
 - Wahl der Regelung der Pumpe: konstant oder frequenzgeregelt
 - Wahl des Auslegungspunktes: bei Nennbedingungen oder bei den am häufigsten auftretenden Bedingungen
 - bei Plattenwärmetauscher: Wahl der Rückwärmzahl: 3 Typen nach neusten verfügbaren Messresultaten
 - Bei Rotoren:
 - Wahl des Typs (nicht hygroskopisch, hygroskopisch, hygroskopisch-keramisch)
 - Wahl der Regelung (Enthalpie, Temperatur)

Leistung des Antriebsmotors
Minimale Drehzahl
Druck am Rotoreintritt ZUL-Seite
Druck am Rotoraustritt FOL-Seite
Ventilatorstellung

- Gebäude:
 - Raumdaten: Abmessungen, (Standard-)Nutzung, Anzahl gleicher Räume, Temperatursollwerte, max. Volumenstrom
 - Daten für Raumumschliessungsflächen: Abmessungen, Orientierungen, Konstruktionen
 - Nutzungsdaten (Tages- und Jahresgänge)

Es wird darauf verzichtet, von allen Eingabefenstern hier Abbildungen einzufügen. Das Eingabeprogramm ist Bestandteil dieses Schlussberichts und kann implementiert und angeschaut werden.

Das Eingabeprogramm wird auf Disketten durch den SWKI zusammen mit der Richtlinie 95-3 oder separat verkauft.

4 Berechnungsprogramm

Das Berechnungsprogramm verwendet die Grundstruktur der WRG-Optimierung von Konvekta AG, in der die Gebäudesimulation mit DOE-2 als Unterprogramm eingebunden ist. Beim SWKI-Programm kommt davon lediglich ein Teil zur Anwendung. Dieser erledigt folgende Schritte:

- Übersetzung der ankommenden Daten ins DOE-2-Eingabeformat
- Durchführung von zwei Simulationsberechnungen mit DOE-2 mit und ohne Wärmerückgewinnung
- Auswertung der Resultate
- Erstellen einer Ausgabedatei in MS Word.

Ein typisches Resultat ist in Anhang 2 dargestellt.

5 Modelle

5.1 Allgemeines

Wie bereits erwähnt, werden die WGR-Komponenten bei der Simulation mit Hilfe eines sogenannten 'Functional Input' berücksichtigt. Dies ist eine Möglichkeit, den eigentlichen Berechnungsablauf des DOE-2 über die Eingabedatei zu verändern. Ab bestimmten Stellen des Programms kann mit einer Art Interpreter zusätzlicher, in einer 'Quasi-Fortran-Sprache' abgefasster Code eingefügt werden [2].

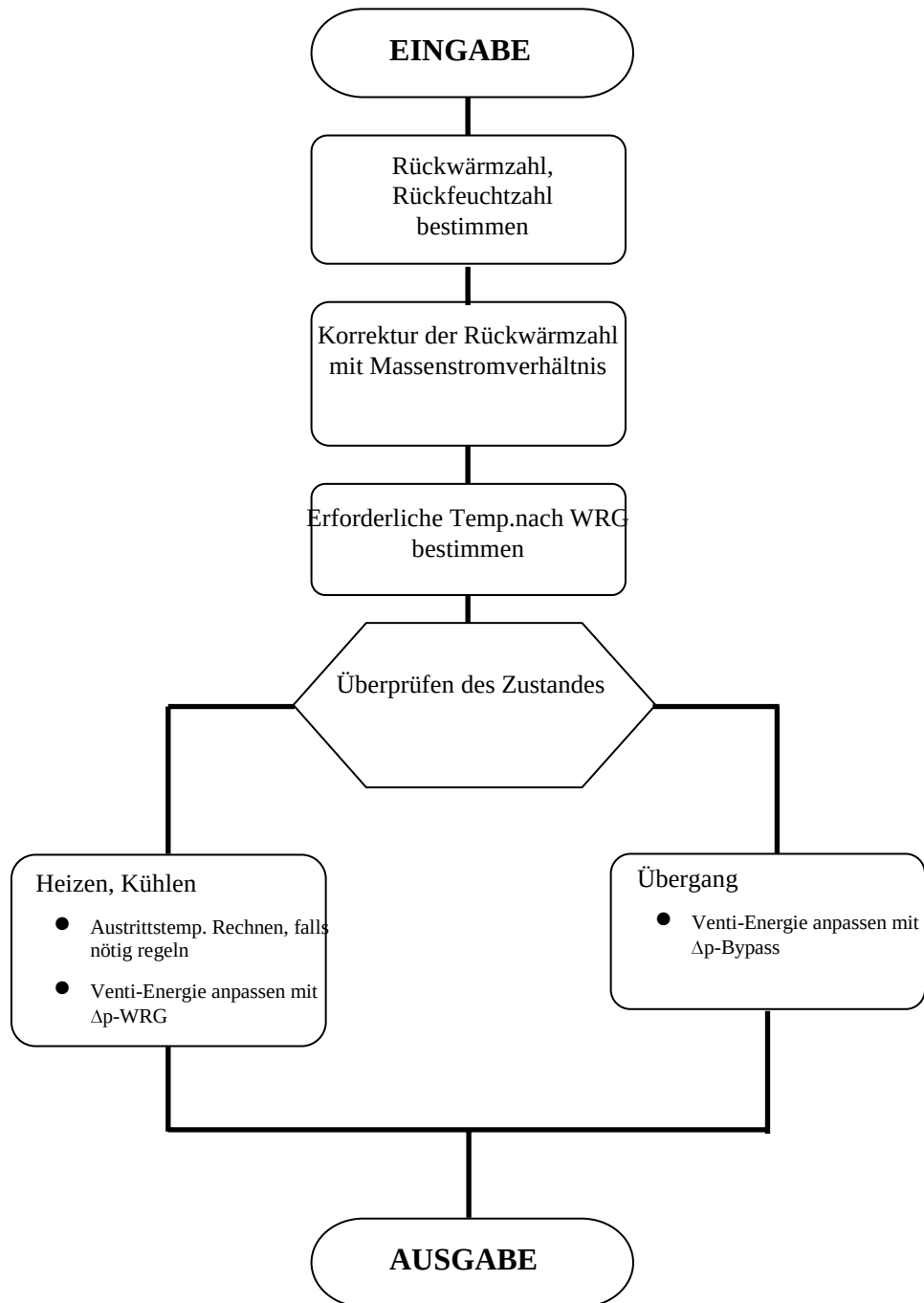
Der für dieses Projekt erstellte 'Functional Input' ist so abgefasst, dass gegenüber den im Eingabeprogramm zur Definition freigegebenen Parametern noch weitere Grössen eingegeben bzw. verändert werden können. Damit ist gewährleistet, dass allfällige spätere Erweiterungen ohne grossen Aufwand möglich sind. Nebst den drei WRG-Typen mit ihren Untervarianten, auf die unten näher eingegangen wird, kann insbesondere auch ein vorgeschaltetes Luft-Erdregister berechnet werden. Dazu besteht momentan im Eingabeprogramm jedoch keine Eingabeschnittstelle, es wird nicht verwendet.

Bei den WRG-Modellen deckt diese Funktion für alle Typen die folgenden Aspekte ab:

- Abhängigkeit der Rückwärmzahl von den Betriebsbedingungen, insbesondere von der Anströmgeschwindigkeit und vom Massenstromverhältnis
- Zusätzlicher Energiebedarf infolge des zusätzlichen Druckverlustes der Komponente
- Regelung der WRG (Ein-Ausschaltpunkte, Bypass etc.)

Der generelle Ablauf der Berechnung ist in Fig. 2 dargestellt.

Je nach WRG-Typ kommen dazu noch weitere typenspezifische Aspekte, die zumeist die Leistung oder den Hilfsenergiebedarf beeinflussen.



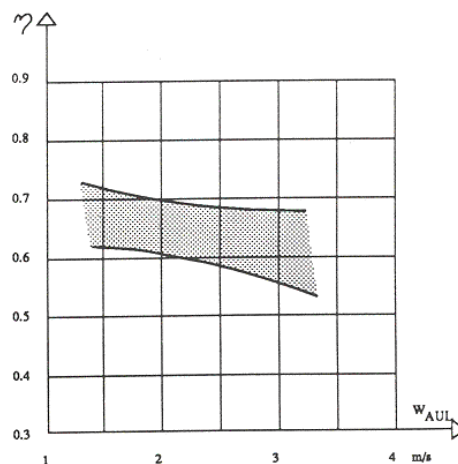
Figur 2: Rechenablauf der WRG-Funktion

5.2 Kreislaufverbund-WRG (KVS)

Das Modell der KVS-WRG orientiert sich in Bezug auf die Berücksichtigung der Abhängigkeit der Rückwärmzahl von der Anströmgeschwindigkeit an der Richtlinie SWKI89-1 [5]. Diese gibt einen Bereich für die erzielbaren Rückwärmzahlen gemäss Figur 3 an. Für das Berechnungsprogramm wurde mit stückweise linearen Funktionen je eine Kurve für den oberen Rand, die Mitte und den unteren Rand des in Figur 3 angegebenen Bereichs angenähert. Diese stehen im Eingabeprogramm zur Auswahl zur Verfügung.

Bei der KVS-WRG kommen zusätzlich folgende Aspekte zum Tragen:

- Pumpenenergiebedarf, abhängig von der Kreislauf- und Pumpenauslegung und -regelung
- Beeinflussung der Rückwärmzahlen für den Fall, wo die Glykolmenge nicht parallel zu den Luftvolumenströmen reduziert werden kann



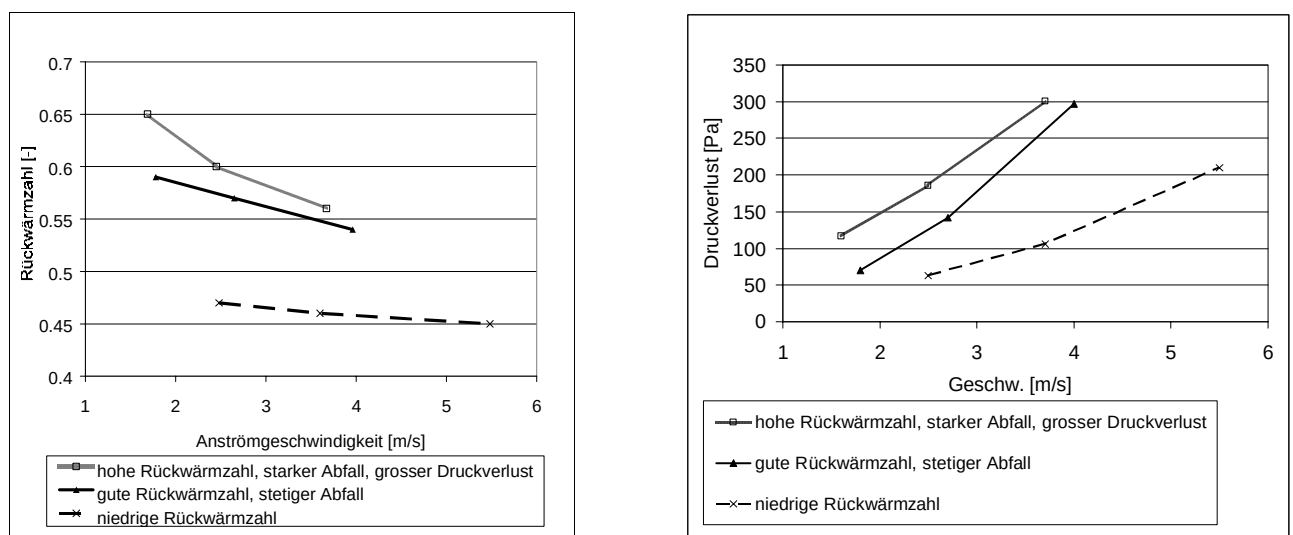
Figur 3: Rückwärmzahlen der KVS-WRG gemäss SWKI 89-1

Beide Aspekte werden mit einem vereinfachten Modell berücksichtigt. Die Pumpenleistung wird bei konstantem Glykolmassenstrom konstant gehalten. Beim Einsatz eines Frequenzumformers wird der Glykolmassenstrom parallel zum Luftvolumenstrom und die Pumpenleistung entsprechend in der 3. Potenz reduziert.

Der Sockelwert des glykolseitigen Massenstroms könnte bei der Funktion beliebig eingegeben werden. Im SWKI-Berechnungsprogramm wird dieser aufgrund der bei der Eingabe getroffenen Wahl zwischen den beiden Auslegungsvarianten der WRG (bei Nennbedingungen oder bei am häufigsten auftretenden Bedingungen) automatisch gesetzt. Dies hat zur Folge, dass für bei Nennbedingungen ausgelegte KVS-WRG-Anlagen die Glykolenmengen auf einem höheren Wert begrenzt werden und somit die Rückwärmzahlen und damit der Jahresnutzungsgrad reduziert werden. Das entsprechende Modell ist in Anhang 3 beschrieben.

5.3 Plattenwärmetauscher

Bei den Plattenwärmetauschern wurden auf neuste Messresultate zurückgegriffen. Da diese im Rahmen von Prüfstellenaufträgen ermittelt wurden, werden hier lediglich die verwendeten Kurven in neutraler Weise ohne Hinweise auf Konstruktionen und Hersteller angegeben.



Figur 4: Rückwärmzahlen und Druckverluste der Plattenwärmetauscher gemäss Messungen

Nebst den Druckverlusten gibt es hier keine weiteren Aspekte mehr zu berücksichtigen.

5.4 Rotoren

Bei den Rotoren wurde für die Berechnung der Rückwärmzahlen ebenfalls auf neuste Messresultate zurückgegriffen [6]. Daneben gibt es einige zusätzliche Aspekte zu berücksichtigen:

- Energieverbrauch des Antriebsmotors
- Feuchteübertragung
- Leckverluste

Die Rückwärmzahlen, die Feuchteübertragung sowie die Antriebsmotorleistung werden alle aufgrund der in [6] enthaltenen Messresultate berechnet. Die Beschreibung des Rechenganges ist in Anhang 4 enthalten.

Für die Leckverluste ist es wichtig, die Einbausituation des Rotors entscheidend. Deshalb ist diese bei der Eingabe anzugeben und gleichzeitig eine Angabe über den am Ein- und Austritt des Rotors auftretenden Druck im jeweiligen Luftstrom zu machen.

Diese Information wird dann dazu verwendet, um die Antriebsleistung der Ventilatoren zu korrigieren, da bei gewissen Einbausituationen zur Aufrechterhaltung des gewünschten Zu- oder Abluftvolumenstroms derjenige durch den Ventilator um den Leckluftstrom erhöht werden muss.

Das Rechenmodell ist in Anhang 5 beschrieben.

6 Transfer von Eingabedaten aus den IDEA-Programmen

Für die Benutzer der Programmfamilie IDEA-Haustechnik [4] wurde die Möglichkeit geschaffen, Daten ins SWKI 95-3-Eingabeprogramm zu transferieren. Dies geschieht über eine Transfer-Datei, die (vorläufig) durch ein selbstständiges IDEA-Programm geschrieben wird. Das SWKI-Eingabeprogramm kann diese Datei lesen und entsprechende Daten übernehmen.

Figur 5: Eingabemaske des IDEA-Transferprogramms

Bedingung für die Möglichkeit des Transfers von Seiten IDEA ist, dass die dynamische Kühllast (SIA 382/2 dynamisch) und/oder die Bedarfsermittlung für Kühlung (SIA 382/3) vollständig durchgearbeitet wurde. In die Transferdatei werden folgende Daten geschrieben:

- Allgemeine Projektdaten
- Konstruktionen
- Bauteile (inkl. Geometrie)
- Raumdaten
- Nutzungsdaten
- Externe Beschattungen

Für die externen Beschattungen wurde eine spezielle Übertragungsmethode gewählt, weil dafür im SWKI-Eingabeprogramm keine Eingabemöglichkeit vorgesehen ist: das entsprechenden Stück DOE-2-Eingabedatei wird direkt an die Transferdatei angehängt und könnte weitergeleitet und durch das Berechnungsprogramm direkt eingefügt werden.

Ein Beispiel einer Transferdatei ist im Anhang 6 angefügt.

Diverse Daten, die in der Transferdatei enthalten sind, werden vom SWKI-Eingabeprogramm in der vorliegenden Ausführung nicht übernommen, weil dafür keine Eingabemöglichkeit vorhanden ist und die demzufolge in der Datenstruktur auch nicht berücksichtigt sind. Übernommen werden

- Allgemeine Projektdaten
- Raumdaten, jedoch ohne Nutzung
- Bauteile, jedoch ohne Geometrie
- Konstruktionen nur, wenn der Konstruktionsname mit demjenigen einer in der Bibliothek des SWKI-Programms vorhandenen Konstruktion übereinstimmt; ansonsten werden sie nicht übernommen

Nicht übernommen werden demzufolge:

- Geometrie
- Konstruktionen, die nicht in der Bibliothek vorkommen
- Nutzungsdaten
- Externe Beschattungsflächen

7 Schlussbemerkung

Es ist mit diesem Projekt gelungen, ein jedem HLK-Planer zugängliches, ohne Kenntnisse in der Gebäudesimulation bedienbares Werkzeug zu entwickeln, das die Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen mittels einer Gebäudesimulation ermöglicht. Das Programm stellt momentan einen Kompromiss zwischen den vielfältigen Möglichkeiten einer Simulation einerseits, dem Bedarf für eine einfache, überschaubare Eingabestruktur sowie einem beschränkten Aufwand für die Erstellung andererseits dar.

Mit der Zentralisierung der Berechnung auf einem Server wurde ein zukunftsweisender Weg eingeschlagen, der insbesondere die Wartung und Weiterentwicklung vereinfacht. Die Eingabestruktur dazu wird sich in einer nächsten Generation mit Vorteil in die Richtung einer Web-Applikation bewegen.

Das Werkzeug wird ab 2002 im Rahmen von Kursen des SWKI und der HTA Luzern in der Branche eingeführt und wird sich bewähren müssen. Dabei werden sicherlich Wünsche zur Verbesserung entstehen, die in eine allfällige Weiterentwicklung einfließen könnten.

8 Literatur

- [1] SWKI Richtlinie 95-3 'Jährlicher Energiebedarf von Lüftungstechnischen Anlagen', Schweizerischer Verein von Wärme- und Klimaingenieuren, Bern, 2001
- [2] DOE-2 Supplement Version 2.1E, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Ca 1993
- [3] SIA Empfehlung 380/4 'Elektrische Energie im Hochbau', Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 1995
- [4] G. Zweifel, S. Hess: IDEA Haustechnik - Programm Bedarfsermittlung SIA 382/3, Beitrag Schweizerisches Statusseminar 1998
- [5] SWKI Richtlinie 89-1 'Wärmerückgewinnung in Lüftungstechnischen Anlagen', Schweizerischer Verein von Wärme- und Klimaingenieuren, Bern, 1989
- [6] R. Furter, P. Keller: Temperatur- und Feuchteübertragungsverhalten von Wärmerückgewinnern im Teillastbetrieb; Schlussbericht BFE Projekt Nr. 38'106, Dez. 2000

Anhang 1: Pflichtenheft

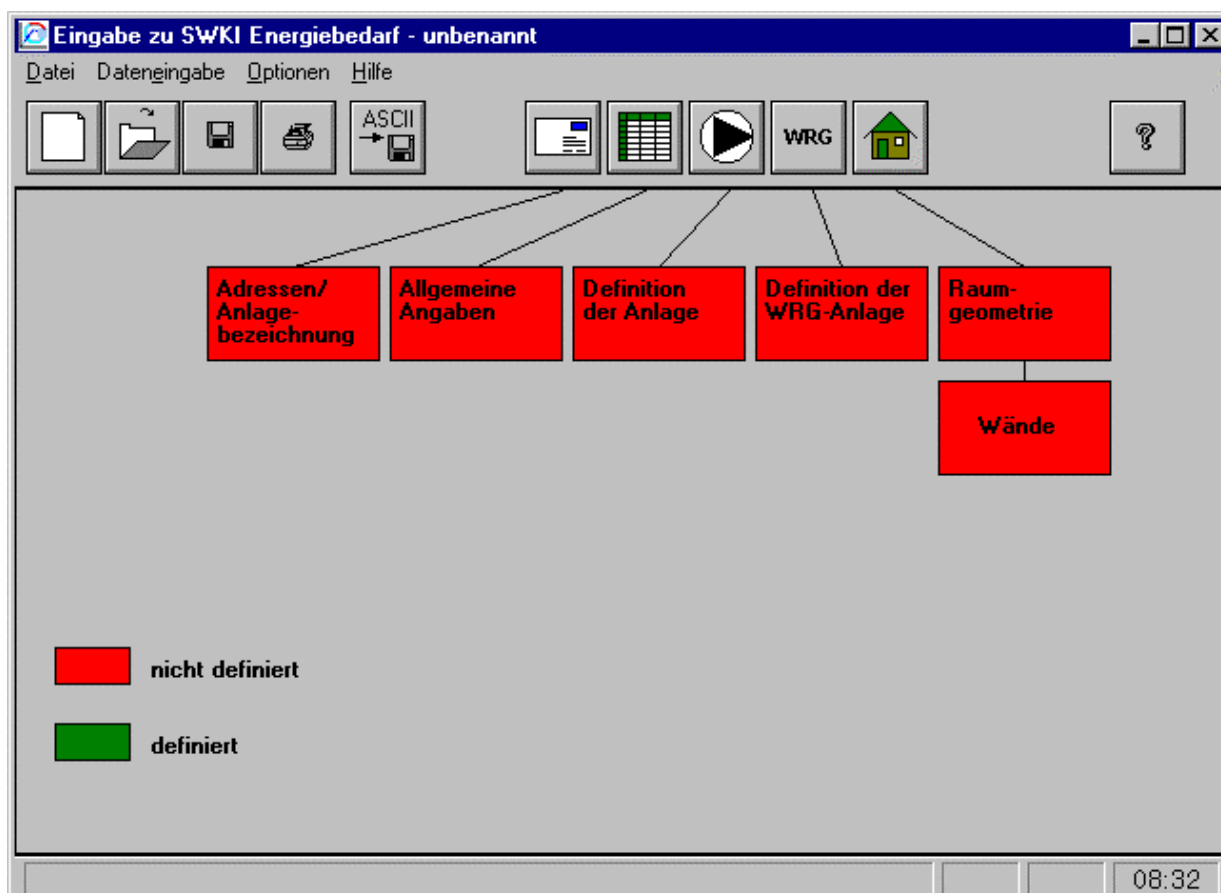
Ein- und Ausgabeprogramm zur Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen nach SWKI 95-3 Pflichtenheft

Zweck:

- Definition aller notwendigen Eingabedaten zur Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen mit DOE-2 nach SWKI 95-3 in einem benutzerfreundlichen Eingabeprogramm. Das Programm bedingt keine speziellen Kenntnisse in der Gebäudesimulation.
- Praxisrelevante Darstellung aller notwendigen Ausgabedaten
- Austausch von Daten, die für andere Berechnungen benötigt werden, mit dem Programmpaket IDEA Haustechnik des ZTL. Diese Verknüpfung ermöglicht insbesondere auch die Bedarfs-ermittlung für Raumkühlung nach SIA 382/3.

Eingabe:

- 1.) Wahl der minimal notwendigen Eingabeparameter inkl. SWKI-Standardnutzungen, in geeigneten Eingabefenstern. Einfach handhabbare Dialoge und praxisgerechte Benutzerführung mit Online-Hilfe.
Die Grundlage dazu bildet der Entwurf des Eingabeprogramms von Exacon AG. Daraus stammen die folgenden Fensterbeispiele:



Eingabe zu SWKI Energiebedarf - unbenannt

Datei Dateneingabe Optionen Hilfe

Adressen/Anlagebezeichnung

Projekt Land

Anlage

Adresse Planer:

Versandadresse für Optimierungs-
berechnung:

Telefon:

Fax:

Sachbearbeiter
Planer:

Sachbearbeiter:

OK Abbrechen Hilfe

08:33

Allgemeine Daten

Meteostation:

Anlagesteuerung:

min. Raumeinblas-
temperatur: °C

Verhältnis AUL/FOL:

Steuerung bei zweistufigen
Anlagen:

Verhältnis Ventilator-drehzahl kleine Stufe zu grosse Stufe:

OK Abbrechen Hilfe

5

Eingabe zu SWKI Energiebedarf - unbenannt

Datei Dateneingabe Optionen Hilfe

Eingabe der Daten für das Lüftungsgerät

Adress Anlage bezeich

Soll Lüftungsgeräte-Grösse optimiert werden

Maximale Geschwindigkeit in beiden Lüftungsgeräten m/s

Anzahl parallelgeschaltete Geräte

	Zuluft	Fortluft
Höhe	0 mm	0 mm
Länge	0 mm	0 mm
Gesamter Druckverlust	700 Pa	600 Pa

☐ nicht definiert
☐ definiert

Eingabe zu SWKI Energiebedarf - unbenannt

Datei Dateneingabe Optionen Hilfe

Adressen/
Anlage-
bezeichnung

Allgemeine
Angaben

Definition
der Anlage

Definition der
WRG-Anlage

Raum-
geometrie

WRG

WRG-System: KVS-WRG
KVS-WRG
Plattentauscher
Rotor (nicht hygroskopisch)
Rotor (hygroskopisch)

Nutzungsgrad SWKI 89-1

OK Abbrechen Hilfe

08:52

Eingabe zu SWKI Energiebedarf - unbenannt

Datei Dateneingabe Optionen

Allgemeine Raumdaten

Raumdaten

Liste der definierten

Raumbezeichnung: Büro

Standardnutzung nach SWKI: Einzelbüro (1-2 Plätze, je 150 W)

Raumbreite: 3.60 m

Raumtiefe: 5.40 m

Raumhöhe: 2.70 m

Anzahl gleicher Räume: 1

Maximaler Volumenstrom je Raum 210 m³/h

Daten für Wände

OK Abbrechen Hilfe

Daten für Wände

Raumbezeich

Wanddaten:

1	Aussenw
2	Innenwai
3	Innenwai
4	Innenwai
5	Boden
6	Zwischen

Daten für Wände

Wand Nr. 1

Wanddaten:

Typ: **Aussenwand** Konstruktion: **Auswahl Liste**

Höhe: **2.50** m

Breite: **3.60** m

Orientierung: **Südost**

Sichtbackstein 12 cm
Isolation 8 cm
Beton 20 cm
k-Wert 0.37

Fensterdaten:

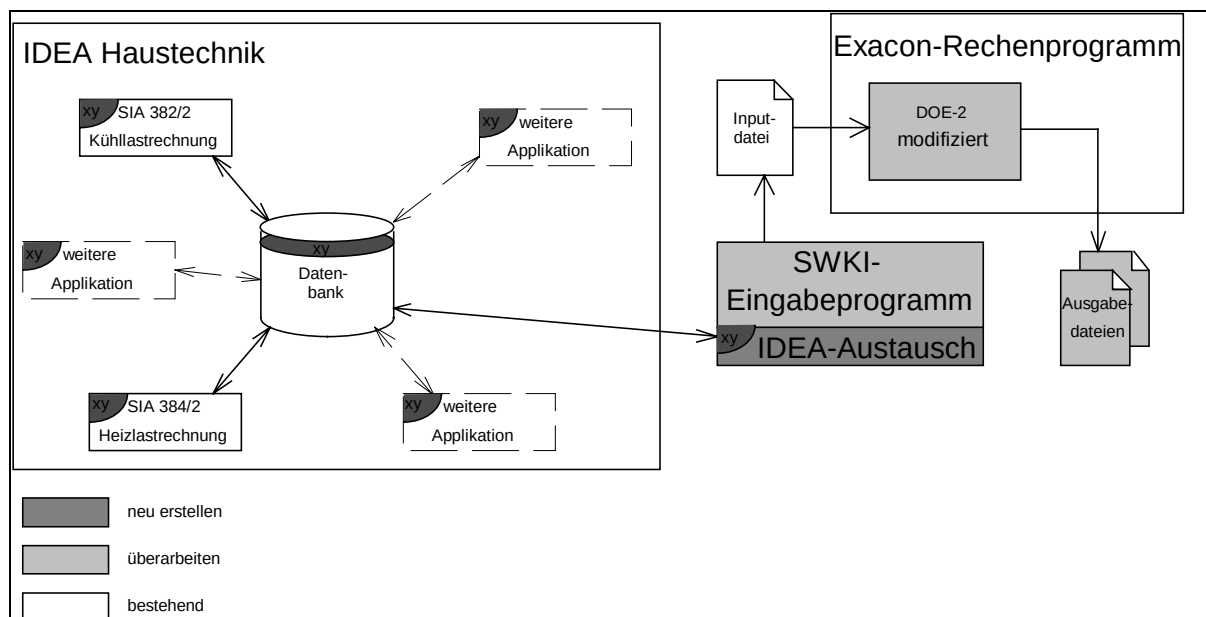
Höhe: **1.25** m Konstruktion: **Auswahl Liste**

Konstruktion für Aussenwände

Aussenwand (Schichten von aussen nach innen)

4: Aussenputz 2 cm, Isolation 12 cm, Backstein 12 cm, k-Wert 0.27

- 2.) Austausch von Daten zu Raumgeometrie, Baukonstruktionen etc. mit der Datenbank des IDEA Haustechnik. Dazu soll das Eingabeprogramm einen Zusatz 'IDEA-Import/Export erhalten, der diesen Austausch ermöglicht. Eine Verwendung ohne IDEA soll ebenfalls möglich sein.



Ausgabe:

- 1.) Standard:

- Wichtige Eingabedaten sowie Änderungen der Standardwerte und Programmannahmen, die zur Verifizierung und zum Nachvollziehen der Berechnung notwendig sind
- Energiebedarf
Dabei wird folgenden Punkten besondere Bedeutung zugemessen:
 - Erwärmung
 - Kühlung
 - Befeuchtung
 - Transport
 Die Resultatdarstellung erfolgt in geeigneter Form
- Kühllastverlauf nach SIA 382/2:
- Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperaturen als Histogramm
- Temperaturverlauf für eine Arbeitswoche:

Berechnungsort und Datenübermittlung

Die Berechnungen werden auf einem SWKI-Computer durchgeführt. Die Datenübermittlung kann mittels Modem, ISDN oder Internet erfolgen. Die Verbindung soll im Programm konfigurierbar sein.

Qualitätskontrolle:

Die durchgeführten Berechnungen sollen auf Wunsch des Kunden gegen Gebühr durch eine neutrale Stelle geprüft werden können (z.B. ZTL oder EMPA).

Weitere Anforderungen:

- Software-Voraussetzungen:
WINDOWS 3.11 oder WINDOWS 95, EXCEL 5.0 oder höher
- Ein Aufbau, der Erweiterungen nach Kundenwünschen zulässt

Vertrieb, Unterhalt, Support:

- Der Vertrieb der Software obliegt dem SWKI. Disketten mit dem Eingabeprogramm werden gegen eine Schutzgebühr durch den SWKI - zusammen mit der Richtlinie 95-3 - verkauft.
- Der SWKI übernimmt den Support sowie die Koordination für den Programmunterhalt und die Datenpflege.
- Der Programmunterhalt und die Datenpflege für das SWKI-Programm wird stellvertretend durch die Exacon AG sichergestellt.
- Bei Programmanpassungen: Vorgängige Begutachtung durch die SWKI-Arbeitsgruppe 95-3. Die Berechnungskontrolle erfolgt durch eine beauftragte neutrale Stelle.
- Der Programmunterhalt und die Datenpflege für IDEA-Haustechnik werden durch das ZTL sichergestellt.
- Die EMPA-erg ist zuständig für das Originalprogramm DOE-2 und gewährleistet dessen Support.

25.2./3.3./27.3./14.4.97/3.2.98 / G. Zweifel, SWKI Arbeitsgruppe 95-3

Anhang 2: Rechenresultat-Beispiel

Energiebedarfsberechnung einer Lüftungstechnischen Anlage

mit Hilfe des Simulationsprogramms DOE-2

Definition Anlagensystem:

Anlagen mit variablen Volumenströmen
ohne Zuluft-Befeuchtung
ohne Kühlung
mit WRG (KVS-WRG)

<u>Erwärmung und Transportenergien</u>		
alle elektr. Energien 3.0-fach bewertet		
Erwärmung der AUL	(kWh/a)	120 300
elektrischer Energiebedarf	(kWh/a)	62 970
ZUL und ABL Ventilatoren		
WRG-System: KVS-WRG		
Bruttogewinn WRG	(kWh/a)	61 630
Bedarf el. Energie durch WRG	(kWh/a)	7 680
Ventilatoren und Pumpen		
Jahres-Nutzungsgrad netto	(%)	49.1
gemäss SWKI-Richtlinie 89-1		
Elektrothermischer Verstärkungsfaktor		25.1
ETV	(-)	
Jährlicher Energiebedarf	(kWh/a)	129 320
Wärme und elektrische Energie		
<u>Kühlung der ZUL</u>		
Jährlicher Kälte-Energiebedarf	(kWh/a)	0
<u>Lüftungstechnische Anlage</u>		
Nenn AUL-Volumenstrom	(m ³ /h)	20 900
Nenn FOL-Volumenstrom	(m ³ /h)	20 900
Minimaler AUL-Volumenstrom	(m ³ /h)	4 180
Minimaler FOL-Volumenstrom	(m ³ /h)	4 180
Druckverlust luftseitig ZUL-Anlage	(Pa)	800
Druckverlust luftseitig FOL-Anlage	(Pa)	400

Wichtigste Grundlagen der Berechnung

Anlagestandort (DRY-Meteodaten)

LUZERN

Verhältnis AUL-Volumenstrom / FOL-Volumenstrom	(-)	1.000
Minimale Raum-Einblasttemperatur	(°C)	18.0
Maximale Luftgeschwindigkeit im Monobloc	(m/s)	2.2

WRG-System

KVS-WRG - gut, obere Grenze

Regelung Umwälzpumpe

mit Frequenzumformer

Gesamtwirkungsgrad ZUL-Ventilator	(%)	65.0
Gesamtwirkungsgrad ABL-Ventilator	(%)	65.0

Daten für Raum 1: Raum 1

Geometrie

Raumbreite, -tiefe, -höhe	(m)	50.0 / 25.0 / 3.0
Anzahl identischer Räume	(-)	1

Warenhaus, Einkaufszentrum (je 3.5 m2) (abgeändert)

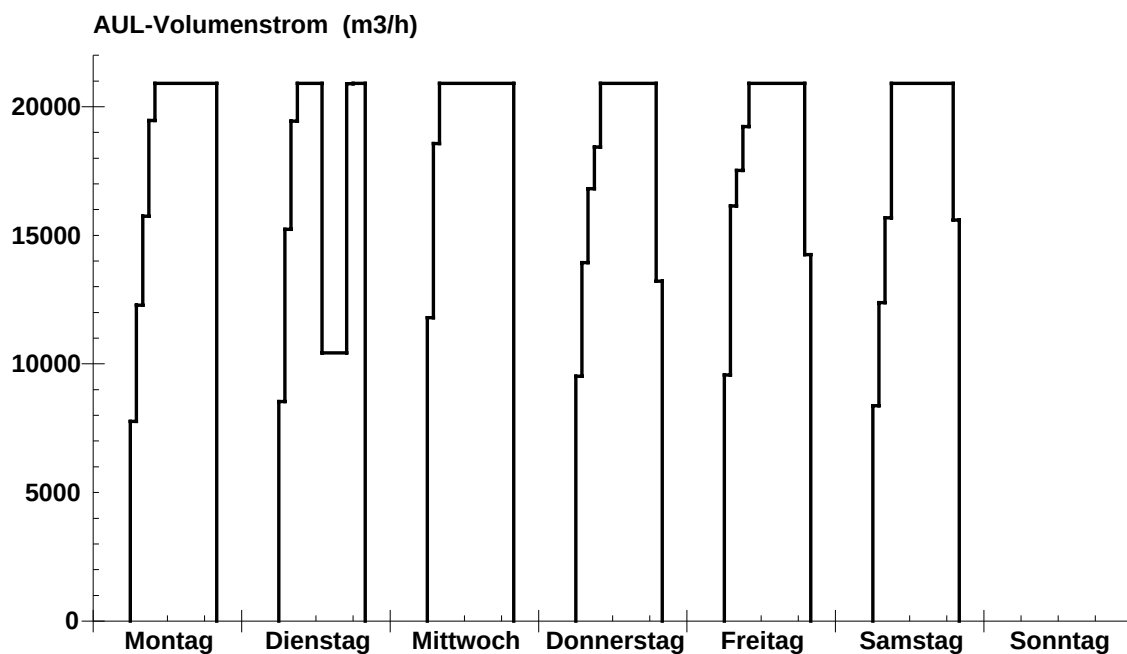
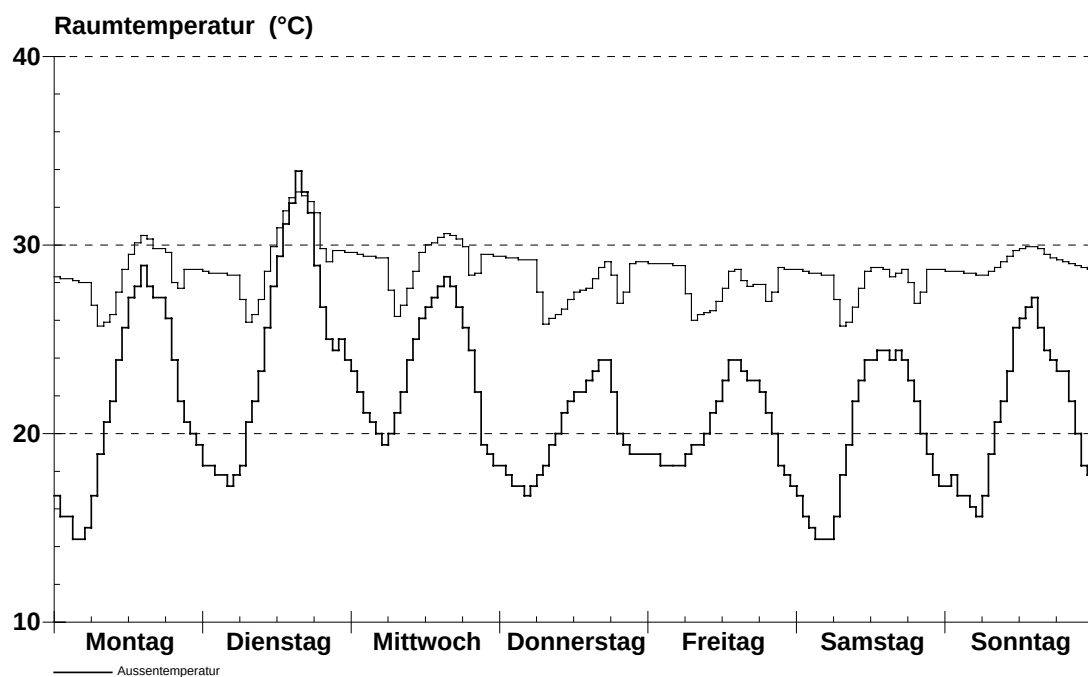
Anzahl Personen im Raum (maximale Belegung)	(-)	417
Sensible Wärmeabgabe je Person	(W)	70
Leistung Beleuchtung je Bodenfläche	(W/m2)	15
Leistung	(W)	2500

AUL-Volumenstrom

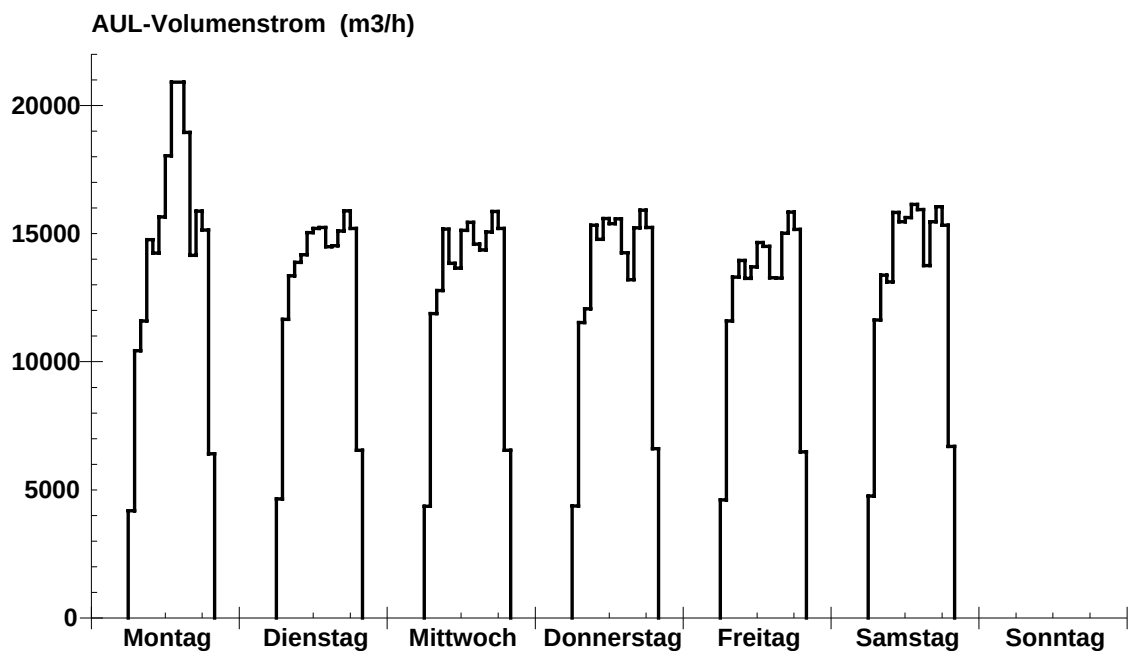
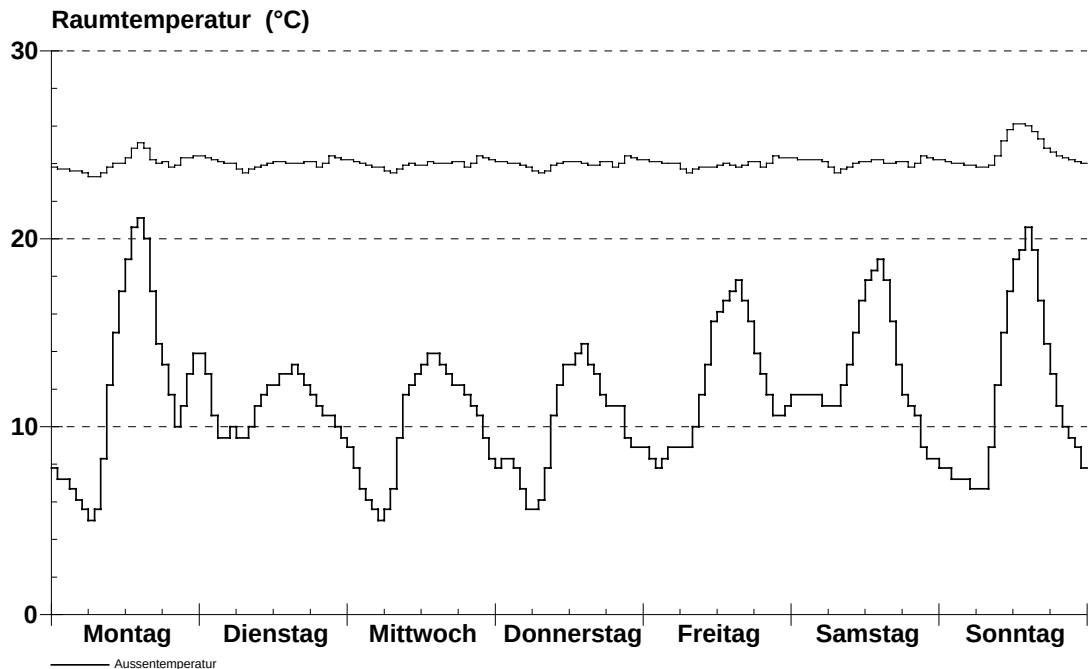
maximal benötigt / LW	(m3/h) / (-)	20900 / 5.6
max. Raumtemperatur	(°C) / (-)	32.8
gegebenes Maximum	(m3/h)	20 900
Standardnutzungswert	(m3/h)	10 430

Regelung Volumenstrom nach Temperatur

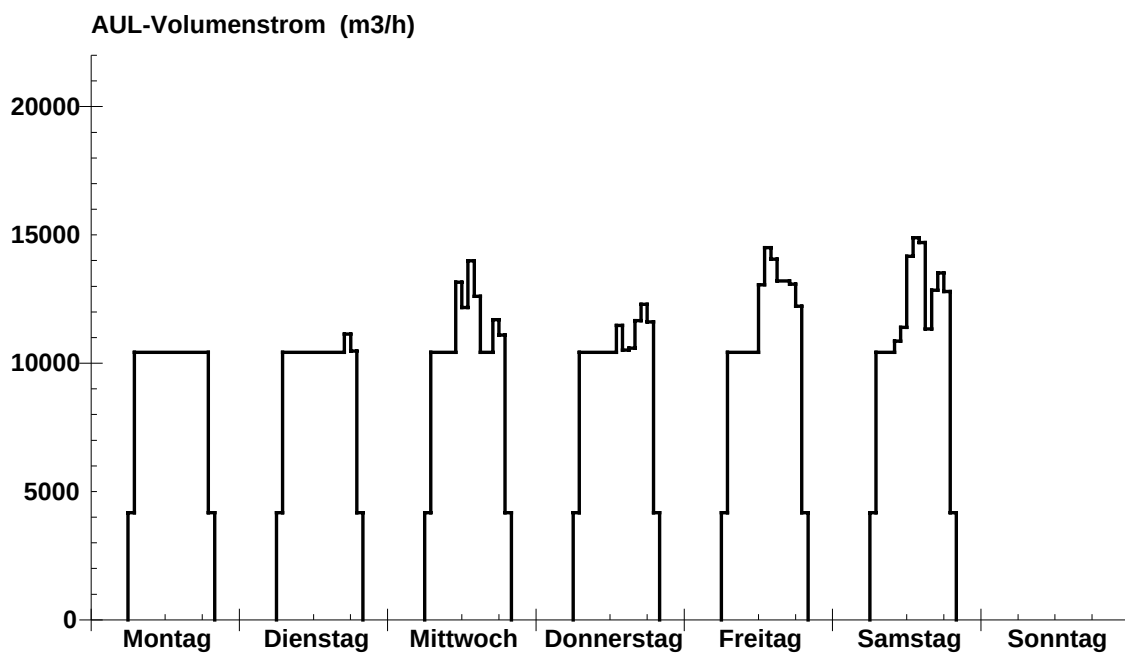
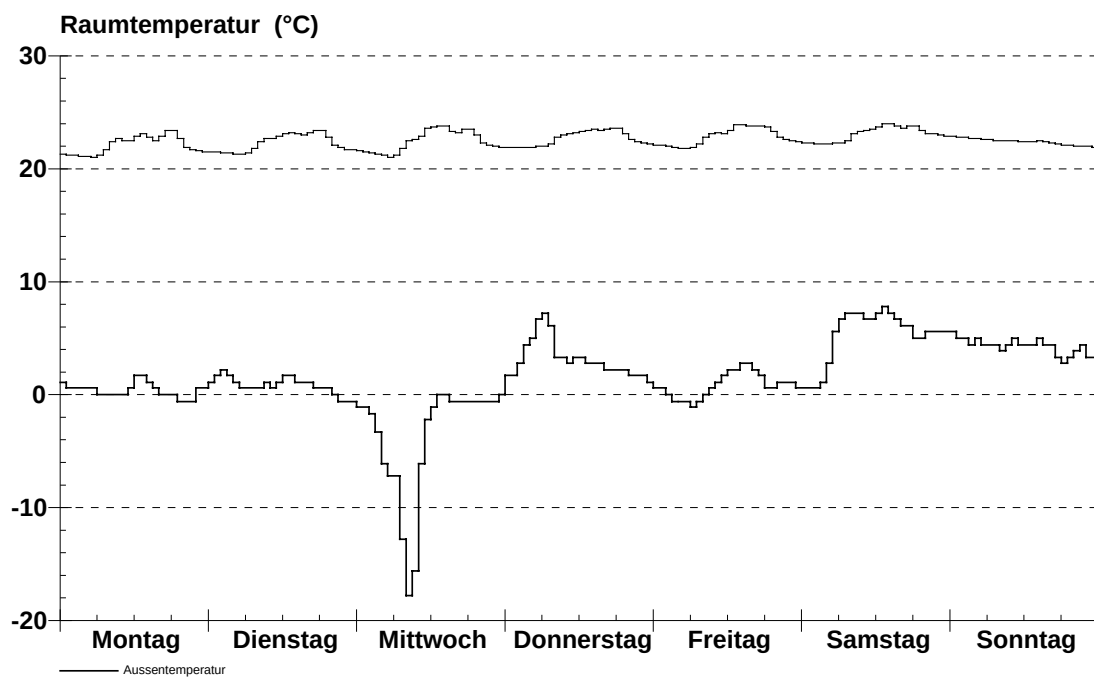
Temperaturen und AUL-Volumenstrom Sommer Raum 1 : Raum 1



Temperaturen und AUL-Volumenstrom Übergangszeit Raum 1 : Raum 1



Temperaturen und AUL-Volumenstrom Winter Raum 1 : Raum 1

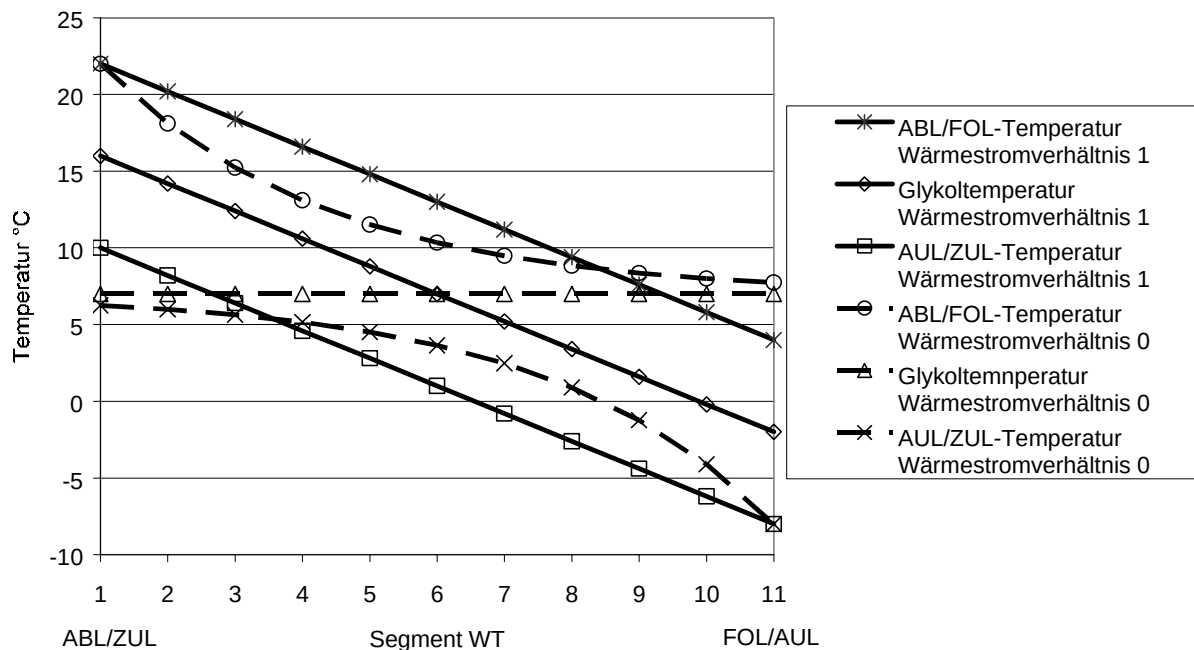


Anhang 3: Berechnung der KVS-WRG

Reduktion der Rückwärmzahl bei nach unten begrenzter Glykolvmenge

Zur Vermeidung von laminarer Strömung und damit einhergehendem Einbruch des Wärmeübergangs können die Glykolvmenen nicht beliebig reduziert, sondern müssen ab einer bestimmten Geschwindigkeit konstant gehalten werden. Dieser Aspekt wird mit einem vereinfachten theoretischen Ansatz berücksichtigt.

Im Idealzustand mit gleichen Wärmeströmen luft- und glykolseitig (d.h. bei Wärmestromverhältnis 1) wird angenommen, dass die Temperaturkurven über die Wärmetauscher linear und parallel verlaufen.



Für die Grenzsituation einer unendlich grossen Glykolvmenge (Wärmestromverhältnis 0, horizontaler Verlauf der Glykol-Temperaturlinie) gibt es das Gesetz der e-Funktion für den Wärmetauscher mit einer einseitig konstanten Temperatur. Ausgehend von der vorher mit der verwendeten Kurve gerechneten Rückwärmzahl werden die Temperaturen gerechnet und dann zwischen den beiden oben erwähnten Grenzzuständen proportional zum Wärmestromverhältnis interpoliert. So erhält man eine neue WT-Austrittstemperatur zuluftseitig und somit eine neue Rückwärmzahl. Das ganze erfordert eine Iteration, die aber schnell konvergiert.

Dieses Modell ist nicht vollständig wissenschaftlich abgestützt, aber gewisse Kontrollen gegenüber Literaturangaben (Glück, Vergleichsprozesse) wurden durchgeführt. Der Effekt wird eher überschätzt.

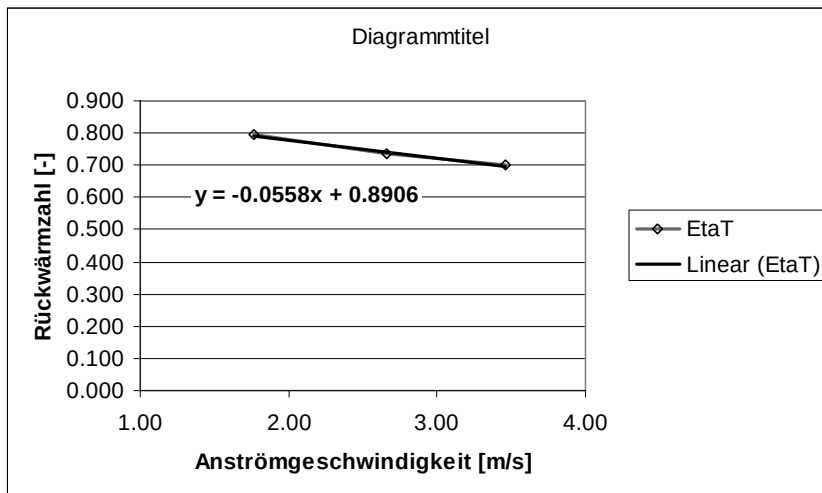
Anhang 4: Modellierung Rotor Wärmeübertrager

Modell Wärmeübertragung

1. Ermittlung der Rückwärmzahl anhand der Anströmgeschwindigkeit
2. Korrektur mit Massenstromverhältnis

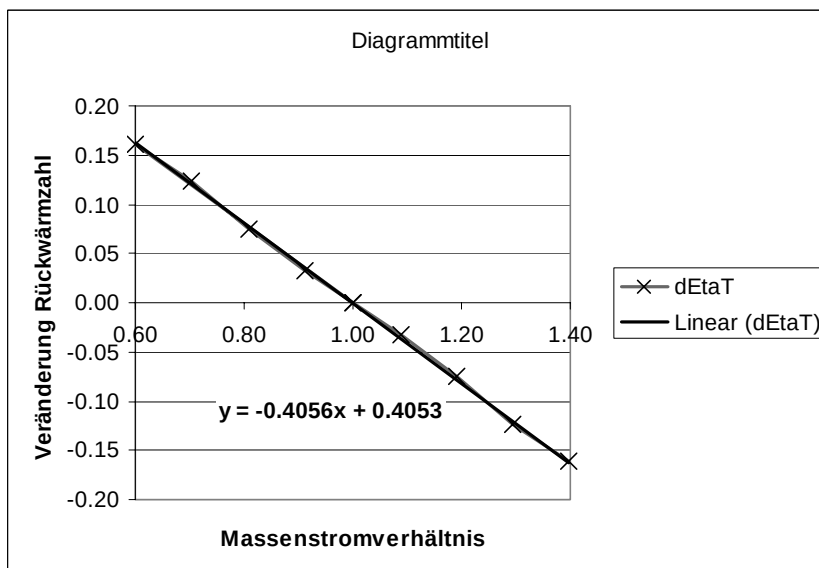
1.

$$\text{EtaT0} = f(\text{Anströmgeschw.})$$



2.

$$d\text{EtaT} = f(\text{Massenstromverhältnis})$$



$$\text{EtaT} = \text{EtaT0} + d\text{EtaT}$$

Regelung

Zur Berechnung des Verhaltens im Teillastbetrieb muss die Reduktion der Rückwärmzahl in Abhängigkeit der Drehzahl bekannt sein. Im Berechnungsgang wird wie folgt vorgegangen:

- Wenn die Austrittstemperatur aus der WRG zu hoch ist, wird die Rückwärmzahl errechnet, die zum Erreichen der geforderten Temperatur notwendig ist.
- Mit der Kenntnis der WRG-Charakteristik kann dann die erforderliche Drehzahl bestimmt werden (Abbildung 0-1).

Im Bereich der tiefen Drehzahlen sind nur wenige Messungen verfügbar. Der genaue Abfall der Rückwärmzahl ist deshalb in diesem Bereich nicht bekannt. Zu diesem Punkt sind folgende Überlegungen zu machen:

- Einerseits werden in der Praxis keine so tiefen Drehzahlen gefahren, so dass dieser Bereich irrelevant ist,
- andererseits müsste man den Betrieb in diesem Drehzahlbereich in Betracht ziehen, wenn auf der Anlage häufig Teillastbetriebszustände (aus der Sicht der WRG) auftreten.

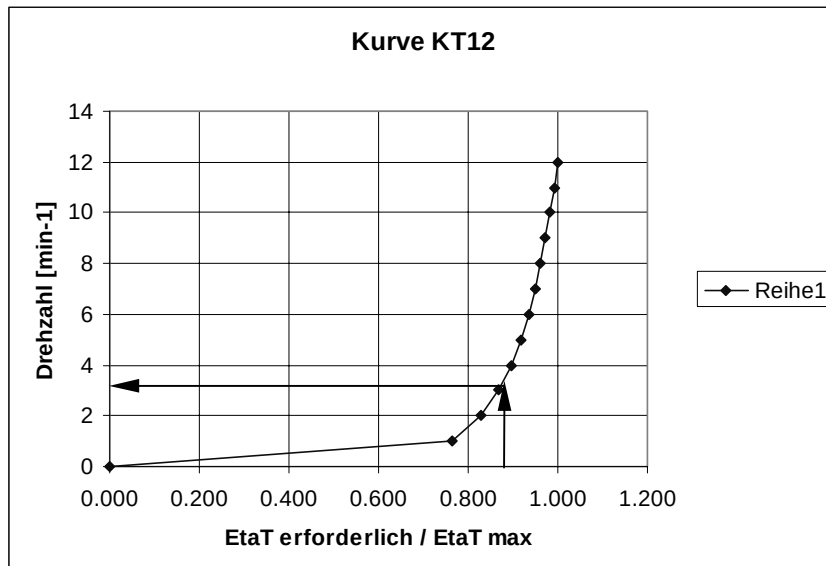


Abbildung 0-1: erforderliche Drehzahl zum Erreichen der gewünschten Rückwärmzahl

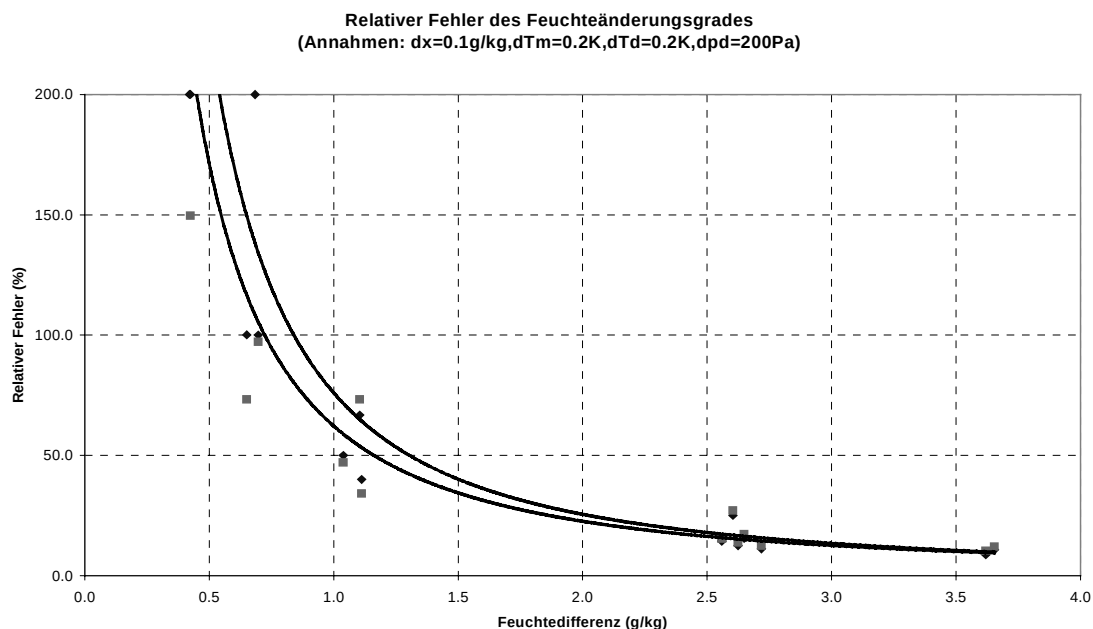
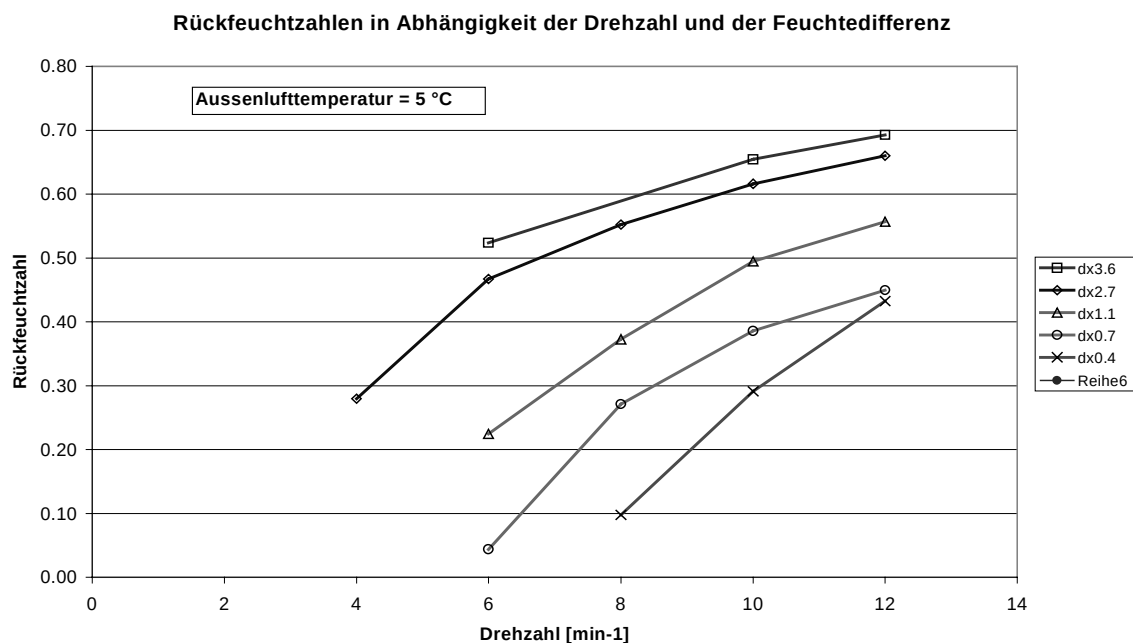
Diese Drehzahl wird einerseits mit der minimalen Drehzahl verglichen und eventuell auf diese zurückgesetzt und andererseits für die Bestimmung der Rückfeuchtzahl verwendet (siehe folgender Abschnitt).

Modell Feuchteübertragung Rotor

Die Messungen zeigen:

- Starke Abhängigkeit von der Feuchtedifferenz ABL – AUL (dx)
- Starker Abfall mit sinkender Rotordrehzahl. Dieses Verhalten ist umso ausgeprägter, je kleiner die Feuchtedifferenz ist.
- grosse Fehler bei kleinen Feuchtedifferenzen

Feuchteübertragung und Messfehler (Abschätzung) für den hygroskopischen Rotor (Typ 2).

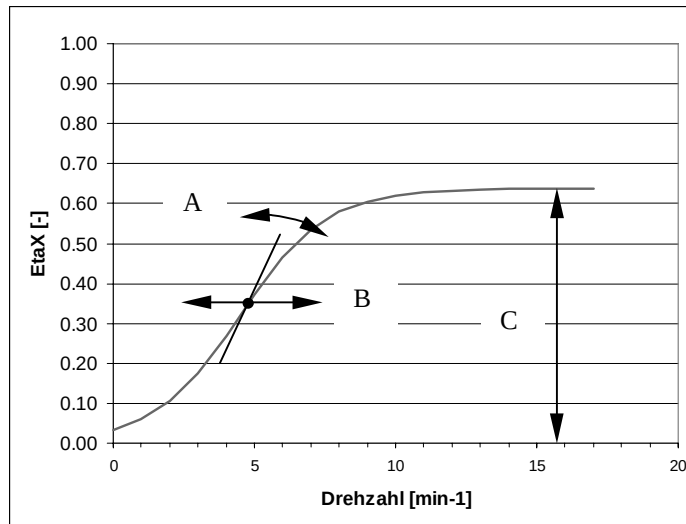


Abhängigkeit Drehzahl, Feuchtedifferenz ABL - AUL

Es wird der folgende Ansatz für die Funktion $\text{EtaX} = f(\text{Drehzahl}, dx)$ verwendet:

$$\text{EtaX} = C * \left(\frac{1}{1 + e^{-[A * (nr - B)]}} \right)$$

Gl. 0-1



- A Steilheit der Kurve
- B Horizontale Verschiebung
- C Asymptote

Die Parameter A, B und C werden in Funktion von dx bestimmt:

Parameter A:

$$\text{parA} = \text{parA1} + dx * \text{parA2}$$

mit der Randbedingung

Gl. 0-2

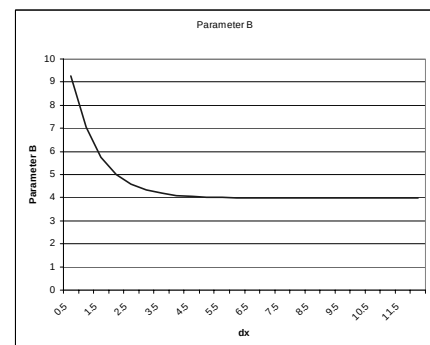
$$0 \leq \text{parA2}$$

Parameter B:

$$\text{parB} = (\text{parB1} - \text{parB2}) * e^{(-\text{parB3} * dx)} + \text{parB2}$$

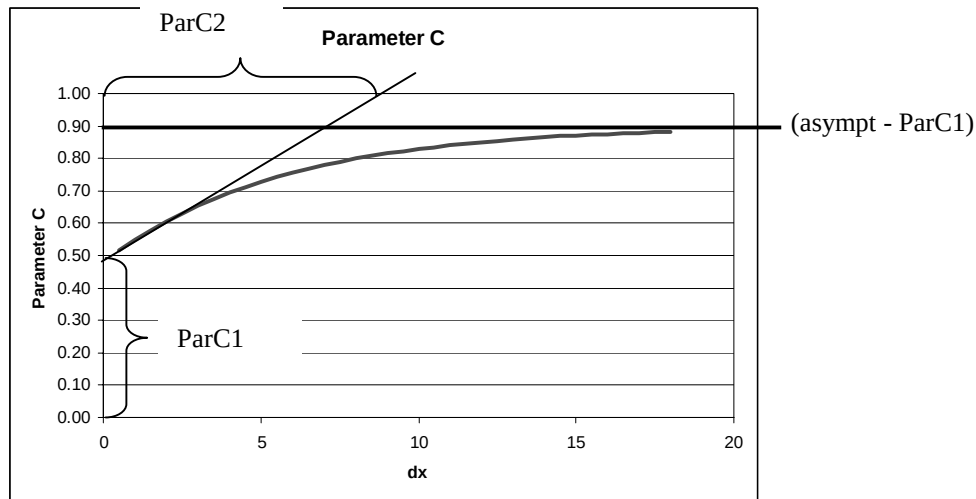
Gl. 0-3

Damit wird eine Funktion beschrieben, die asymptotisch von parB1 (bei $dx=0$) nach parB2 geht:



Parameter C:

$\text{parC} = (\text{asym} - \text{parC1}) * (1 - e^{(dx/\text{parC2})}) + \text{parC1}$ mit der Randbedingung
 $\text{asym} \leq 0.99$



Die Gleichungen für die Parameter A, B und C eingesetzt in die Gleichung 1-1 ergibt die folgende Formel für die Rückfeuchtzahl:

$$\eta_{X0} := \frac{(\text{asym} - \text{paramC1}) \left(1 - e^{\left(-\frac{dx}{\text{paramC2}} \right)} \right) + \text{paramC1}}{1 + e^{(-(paramA1 + paramA2 dx) (nr - (paramB1 - paramB2) e^{(-paramB3 dx)} - paramB2))}}$$

Gl. 0-4

Die Parameter A1, A2, B1, B2, B3, C1, C2 und asym werden anhand von Messwerten mit dem LSQ - Verfahren bestimmt.

zusätzliche Korrekturen

EtaX0 wird bei den Bedingungen bestimmt, bei denen die Messungen für die Variation Drehzahl / dx gemacht wurden. Für den Rotor, Typ 2 sind dies:

ϑ_{11}	=	21.1	°C
ϑ_{21}	=	5.1	°C
Anströmgeschwindigkeit	=	2.61	m/s
Massenstromverhältnis	=	1.0	-

Bei davon abweichenden Betriebsbedingungen sind zusätzliche Korrekturen notwendig:

Korrektur nach Aussenlufttemperatur ϑ_{AUL}

Die Rückfeuchtzahl wird in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur mit einem quadratischen Ansatz korrigiert:

$$\Delta\text{EtaX}_1 = A * \vartheta_{AUL}^2 + B * \vartheta_{AUL} + C$$

Korrektur nach Anströmgeschwindigkeit w_{22}

Als Anströmgeschwindigkeit wird die Geschwindigkeit an der Stelle 22 (am WRG-Austritt auf der Zuluftseite) bezeichnet.

$$\Delta\text{EtaX}_2 = D * w_{22} + E$$

Korrektur nach Ablufttemperatur ϑ_{ABL}

$$\Delta\text{EtaX}_3 = F * \vartheta_{ABL} + G$$

Korrektur nach Massenstromverhältnis MV

$$\Delta\text{EtaX}_4 = H * MV + I$$

Resultierende Rückfeuchtzahl

Die Rückfeuchtzahl aus der Grundgleichung Gl. 0-4 wird gemäss Abschnitt 0 korrigiert. Damit wird die endgültige Rückfeuchtzahl bestimmt:

$$\text{EtaX} = \text{EtaX}_0 + \sum_{i=1}^{i=4} \Delta\text{EtaX}_i$$

Parametrisierung

Bezeichnung	Feuchteübertragung	Produktebezeichnung
Typ 1	nicht hygroskopisch	
Typ 2	Hygroskopisch	ECONOVENT ABB
Typ 3	hygroskopisch, spezial (Ionenharz)	

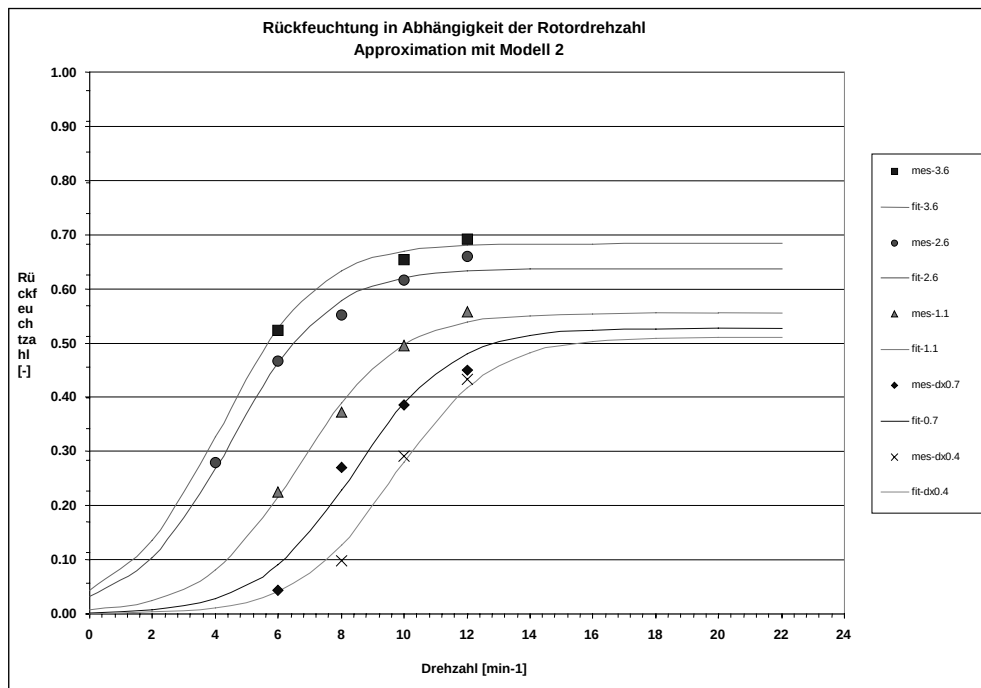
Abhängigkeit Drehzahl / Feuchtedifferenz

		Typ 1	Typ 2	Typ 3 ¹
EtaX = f(dx, nr)	ParamA1	0.613	0.6532	0.554
	ParamA2	0	0.0000	0
	ParamB1	10.549	13.0596	4.117
	ParamB2	5.209	3.9786	4.117
	ParamB3	0.156	1.0903	1
	ParamC1	0.308	0.4802	0.688
	ParamC2	5.616	5.5833	-100000
	Asymptote	0.559	0.8992	1.688
Korrekturen	A	-0.0016	-0.0004	0
	B	-0.0272	- 0.0068	0
	C	0.1528	0.0454	0
	D	-0.0634	-0.1084	0.123
	E	0.1816	0.2957	0.313
	F	-0.0188	-0.0125	-0.0057
	G	0.4176	0.3153	0.1297
	H	0.6168	-0.3484	-0.5805
	I	-0.6168	0.3481	0.5786

¹ Die Rückfeuchtzahl dieses Rotors ist praktisch nicht von der Aussenlufttemperatur und der Feuchtedifferenz ABL – ZUL abhängig. Die Parameter für EtaX = f(dx, nr) sind dementsprechend gewählt worden.

Grafische Darstellung, Rotor Typ 2

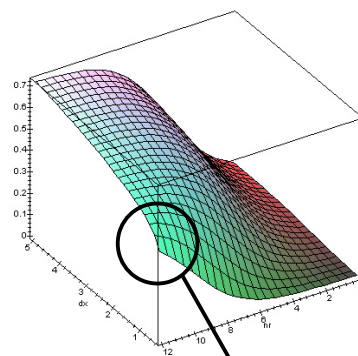
Rückfeuchtzahl Modell (Linien) im Vergleich zu den Messwerten (Punkte) in Abhängigkeit von Feuchtedifferenz und Drehzahl.



Die Messung kann mit dem Modell gut approximiert werden. Bei einer Extrapolation mit grösseren Feuchtedifferenzen als die gemessenen, wird die durch die Parameter (asympt - parC1) bestimmte Asymptote der Rückfeuchtzahl nicht überschritten.

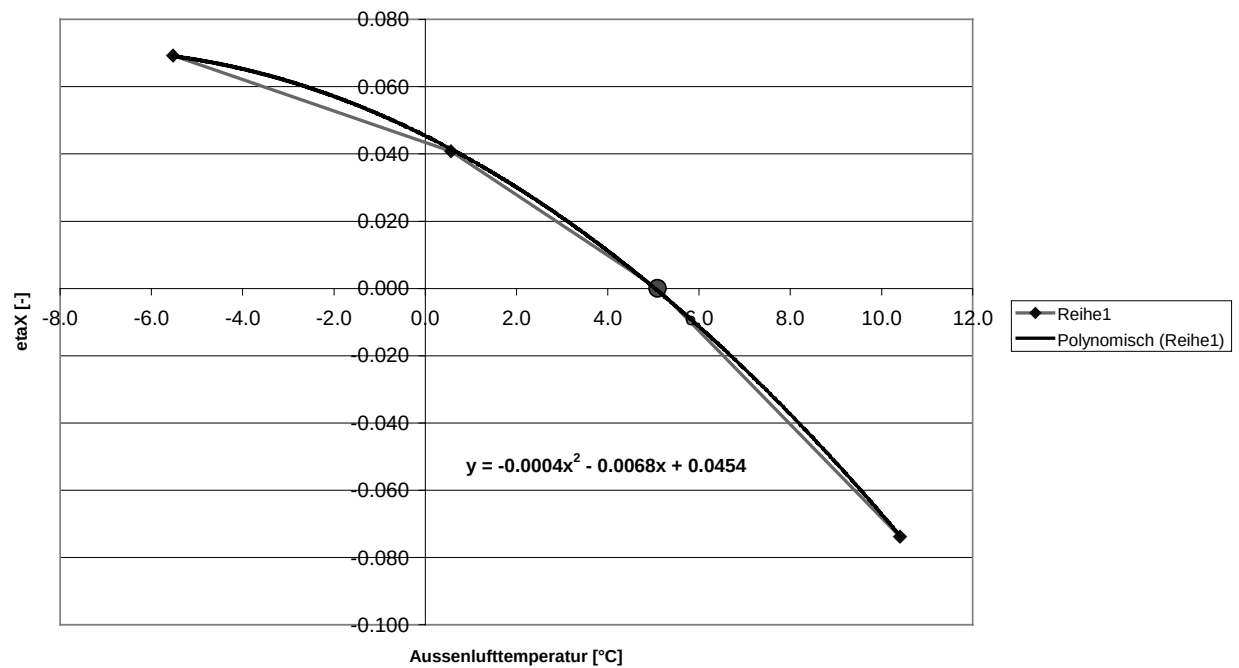
Weitere Messungen wären jedoch nötig, um das folgende Verhalten genauer bestimmen zu können:

- Abflachung von η_{R} bei höheren Drehzahlen. Für die verschiedenen dx wäre je eine Messung bei z.B. 14 und 20 min^{-1} notwendig.
- Messungen bei kleineren dx (Problem Messfehler !): bei den vorhandenen Messungen werden auch bei kleinem dx (0.4 g/kg) noch relativ hohe Rückfeuchtzahlen erreicht. Bei $dx=0$ muss die Rückfeuchtzahl jedoch $=0$ sein. Ohne weitere Messungen können die entsprechenden Modellparameter nicht bestimmt werden.

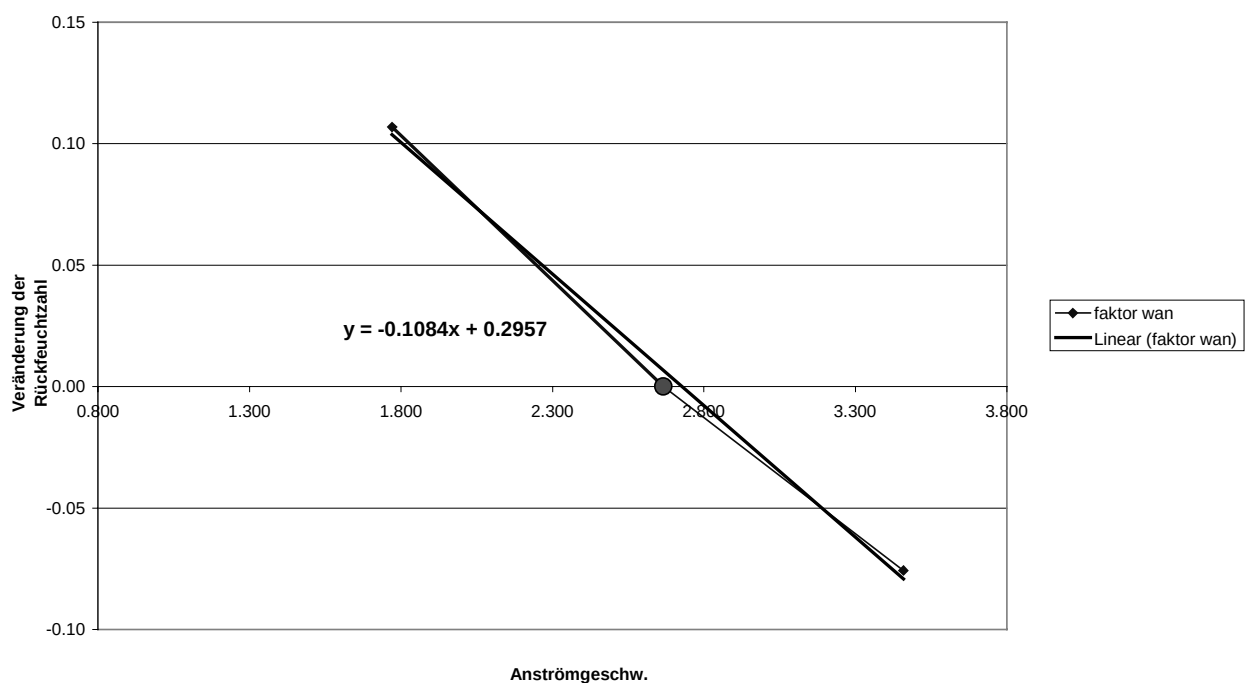


Mit mehr Messpunkten könnte das Verhalten bei kleinen dx besser

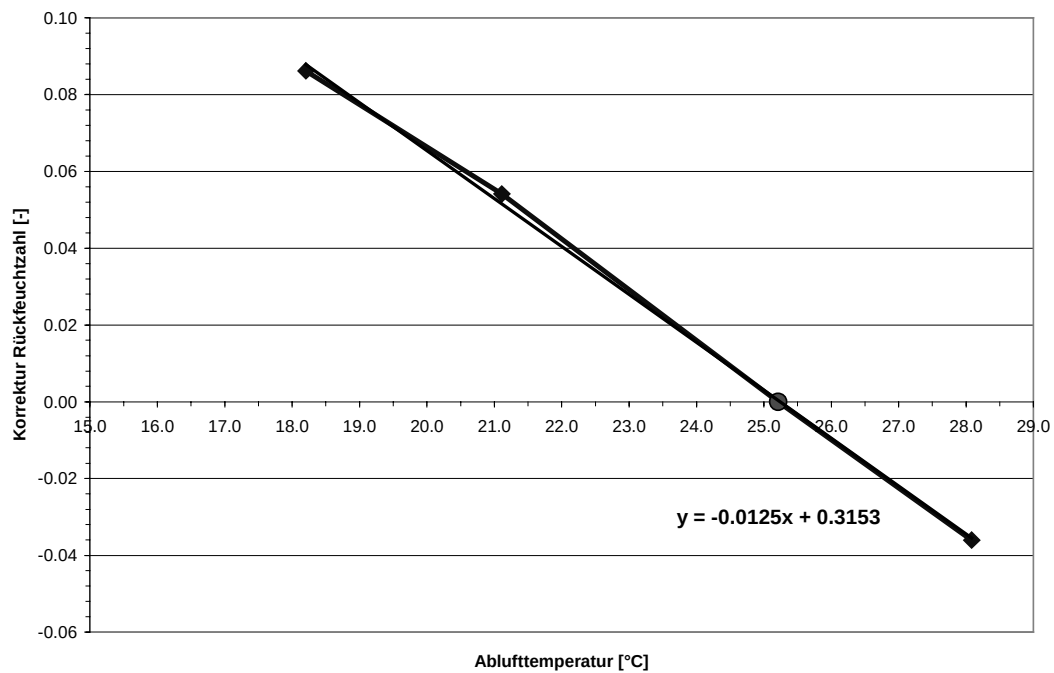
Veränderung von EtaX in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur



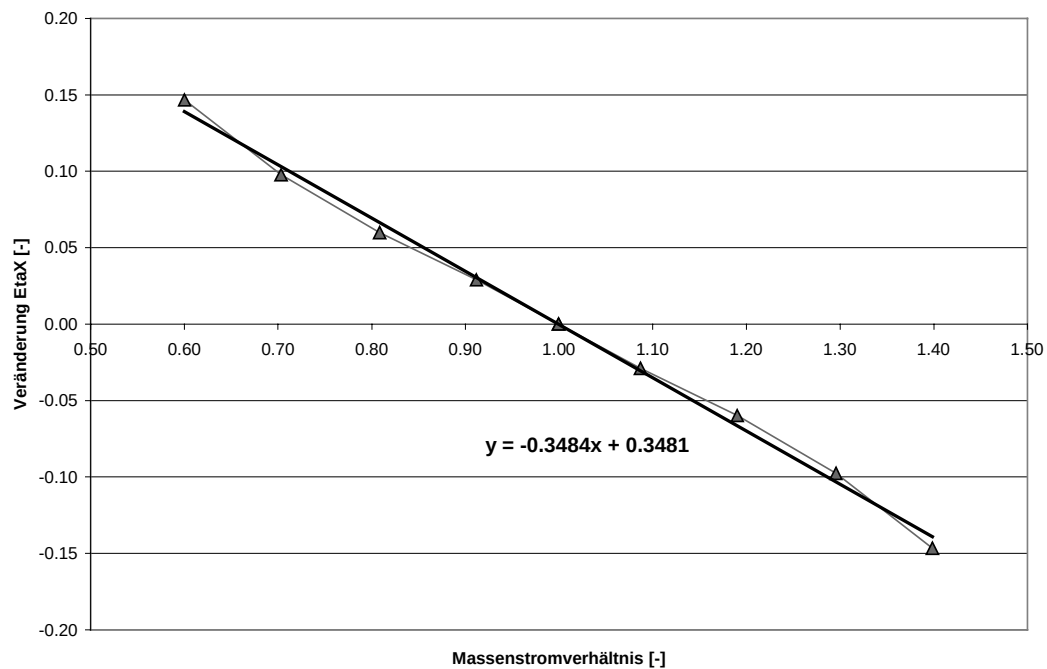
Veränderung von EtaX in Abhängigkeit der Anströmgeschwindigkeit



Korrektur Rückfeuchtzahl nach Ablufttemperatur



Veränderung der Rückfeuchtzahl in Abhängigkeit des Massenstromverhältnisses



Anhang 5: Berechnung der Leckluftströme von Rotoren

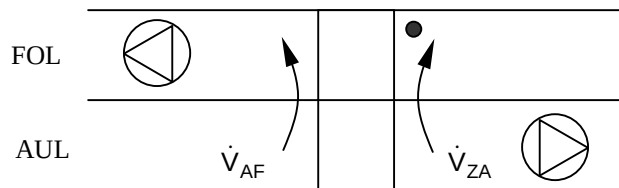
Der jeweilige Leckluft-Volumenstrom wird aufgrund der lokalen Druckdifferenz mit folgender, durch Curve-Fitting von Messdaten gefundener Gleichung berechnet:

$$\dot{V} = 1.4 \cdot 10^{-8} \cdot (\Delta p)^2 + 5.7 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta p + 0.0078$$

Je nach Druckverhältnissen können bei Ventilatoranordnungen 1 und 3 Leckluftströme in beide Richtungen auftreten. Bei den Anordnungen 2 und 4 ist naturgemäss nur eine Flussrichtung der Leckluftströme möglich.

Ventilatoranordnung 1

Leckluftstrom positiv

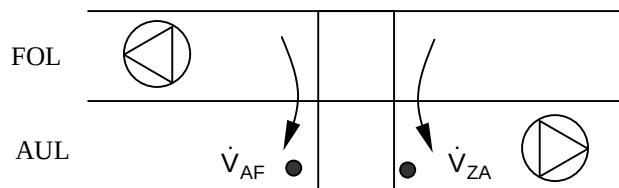


Ventilatoranordnung	1
Thermischer Fall	1

$$V_{ABL-V} = V_{ABL} + V_{AF} + V_{ZA}$$

$$V_{ZUL-V} = V_{ZUL}$$

Leckluftstrom negativ



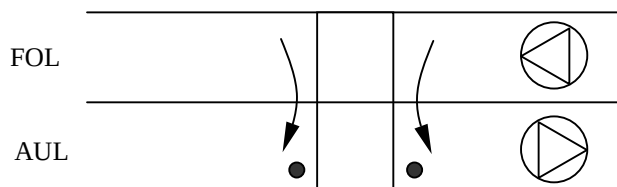
Ventilatoranordnung	1
Thermischer Fall	2

$$V_{ABL-V} = V_{ABL} - V_{AF} - V_{ZA}$$

$$V_{ZUL-V} = V_{ZUL}$$

Ventilatoranordnung 2

Es ist nur eine Richtung der Leckluftströme möglich: ABL → ZUL / FOL → AUL



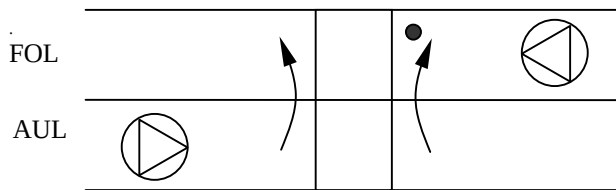
Ventilatoranordnung	2
Thermischer Fall	2

$$V_{ABL-V} = V_{ABL}$$

$$V_{ZUL-V} = V_{ZUL}$$

Ventilatoranordnung 3

Leckluftstrom positiv

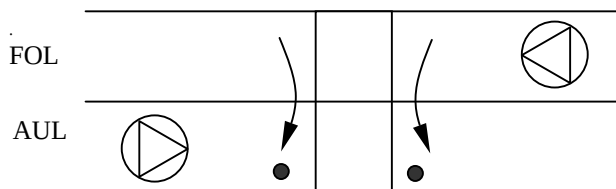


Ventilatoranordnung	3
Thermischer Fall	1

$$V_{ABL-V} = V_{ABL}$$

$$V_{ZUL-V} = V_{ZUL} + V_{AF} + V_{ZA}$$

Leckluftstrom negativ



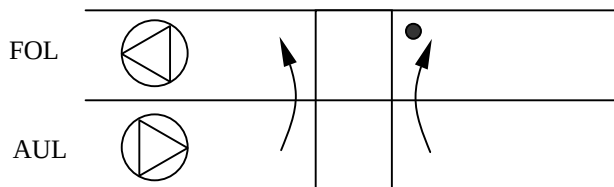
Ventilatoranordnung	3
Thermischer Fall	2

$$V_{ABL-V} = V_{ABL}$$

$$V_{ZUL-V} = V_{ZUL} - V_{AF} - V_{ZA}$$

Ventilatoranordnung 4

Es ist nur eine Richtung der Leckluftströme möglich: AUL → FOL / ZUL → ABL



Ventilatoranordnung	4
Thermischer Fall	1

$$V_{ABL-V} = V_{ABL} + V_{AF} + V_{ZA}$$

$$V_{ZUL-V} = V_{ZUL} + V_{AF} + V_{ZA}$$

Anhang 6: Beispiel einer IDEA-SWKI-Transferdatei

```
[HEADER]
  IDEA Transfer 1.03
[/HEADER]

[ALLGEMEINE ANGABEN]
  Testbeispiel SWKI 95-3
  3 Schulräume
  G. Zweifel
  -
  -
  Zürich SMA
  SMA00.DRY
  47.02
  -8.18
  -1
  0
[/ALLGEMEINE ANGABEN]

[RAUM]
  Klassenzimmer 1
  20
  26
  40
  50
  26
  40
  50
  22
  40
  50
  9
  9
  3.5
  0
  0
  0
  0
  0
  Bezeichnung
  ti
  tr_Sommer
  Phi_min_Sommer
  Phi_max_Sommer
  tr_Herbst
  Phi_min_Herbst
  Phi_max_Herbst
  tr_Winter
  Phi_min_Winter
  Phi_max_Winter
  Länge
  Breite
  Höhe
  X
  Y
  Z
  Azimuth

[NUTZUNG]
  9 Schulzimmer
  3
  5
  0
  20
  10
  0
  189
  Bezeichnung
  MaxBelegungsdichte
  Aussenluft
  q_Ger
  q_Pers
  q_Bel
  q_Bel_Dek
  Lastsumme

[PERSONEN]
  1,1,1,0,0,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,30.06,01.08,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,
  0,0,0,1,1,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00

[/PERSONEN]
[MASCHINEN]
  1,1,1,0,0,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,30.06,01.08,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,
  0,0,0,1,1,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00

[/MASCHINEN]
[BELEUCHTUNG]
  1,1,1,0,0,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,30.06,01.08,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,
  0,0,0,1,1,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00

[/BELEUCHTUNG]
[BELUEFTUNG]
  1,1,1,0,0,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00,
  1.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
  0.00,01.01,30.06,01.08,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00
```

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden REN	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Bundesamt für Energie BFE
---	--	---------------------------

0,0,0,1,1,0,0, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00, 1.00,
1.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00,
0.00,01.01,31.12,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00,00.00

[/BELUEFTUNG]

[GRUNDSLASTHEIZUNG]

[/GRUNDSLASTHEIZUNG]

[/NUTZUNG]

[BAUELEMENTE]

[AUSSENWAND]

AW3

S

9

3.8

1

-

-

0

0

0

[FENSTER]

2IV

8

2.5

1

-

-

0.5

0.8

[/FENSTER]

[/AUSSENWAND]

[BODEN]

B04

N

9

9

1

adiabatisch

-

0

0

0

[/BODEN]

[ZWISCHENDECKE]

B04

N

9

9

1

adiabatisch

-

0

0

0

[/ZWISCHENDECKE]

[INNENWAND]

IW3

N

9

3.5

1

adiabatisch

-

0

0

0

[/INNENWAND]

[INNENWAND]

IW3

E

9

3.5

1

adiabatisch

-

0

0

0

Konstruktion

Orientierung

Länge

Breite

Anzahl

Nachbar

t_NB

X

Y

Z

Konstruktion

Länge

Breite

Anzahl

B_So

B_He

X

Y

Konstruktion

Orientierung

Länge

Breite

Anzahl

Nachbar

t_NB

X

Y

Z

Konstruktion

Orientierung

Länge

Breite

Anzahl

Nachbar

t_NB

X

Y

Z

Konstruktion

Orientierung

Länge

Breite

Anzahl

Nachbar

t_NB

X

Y

Z

Konstruktion

Orientierung

Länge

Breite

Anzahl

Nachbar

t_NB

X

Y

Z

[/INNENWAND]	
[INNENWAND]	
IW3	Konstruktion
W	Orientierung
9	Länge
3.5	Breite
1	Anzahl
adiabatisch	Nachbar
-	t_NB
0	X
0	Y
0	Z
[/INNENWAND]	
[/BAUELEMENTE]	
[/RAUM]	
[BAUKONSTRUKTION]	
[AUSSENWAND]	
AW3	BK_KurzBez
8	Alpha_Innen
20	Alpha_Aussen
0.3589232	k_wert
-	g_besonnt
-	g_beschattet
-	I_GTC
[SCHICHTEN]	
Steinwolleplatten	Bezeichnung
90	Dichte
0.09	Dicke
0.036	Lambda
-	Lambda_D
0.6	c
1	Element
Aspeztzement, einseitig glatt	Bezeichnung
1800	Dichte
0.05	Dicke
0.45	Lambda
-	Lambda_D
0.9	c
2	Element
[/SCHICHTEN]	
[/AUSSENWAND]	
[FENSTER]	
2IV	BK_KurzBez
-	Alpha_Innen
-	Alpha_Aussen
2.7	k_wert
0.15	g_besonnt
0.75	g_beschattet
2001	I_GTC
[/FENSTER]	
[BODEN]	
B04	BK_KurzBez
8	Alpha_Innen
8	Alpha_Aussen
1.005653	k_wert
-	g_besonnt
-	g_beschattet
-	I_GTC
[SCHICHTEN]	
Linoleum	Bezeichnung
1000	Dichte
0.01	Dicke
0.17	Lambda
-	Lambda_D
0.9	c
1	Element
Unterlagsböden	Bezeichnung
2200	Dichte
0.07	Dicke
1.5	Lambda
-	Lambda_D
0.9	c
2	Element
Steinwolleplatten	Bezeichnung
120	Dichte
0.02	Dicke

0.04	Lambda
-	Lambda_D
0.9	c
3	Element
Stahlbeton	Bezeichnung
2400	Dichte
0.25	Dicke
1.8	Lambda
-	Lambda_D
0.9	c
4	Element
[/SCHICHTEN]	
[/BODEN]	
[INNENWAND]	
IW3	BK_KurzBez
8	Alpha_Innen
8	Alpha_Aussen
0.4406365	k_Wert
-	g_besonnt
-	g_beschattet
-	I_GTC
[SCHICHTEN]	
Gips	Bezeichnung
1000	Dichte
0.015	Dicke
0.4	Lambda
-	Lambda_D
0.8	c
1	Element
Glasfaserplatten	Bezeichnung
90	Dichte
0.07	Dicke
0.036	Lambda
-	Lambda_D
0.6	c
2	Element
Gips	Bezeichnung
1000	Dichte
0.015	Dicke
0.4	Lambda
-	Lambda_D
0.8	c
3	Element
[/SCHICHTEN]	
[/INNENWAND]	
[/BAUKONSTRUKTION]	
[GEBSCHATTEN]	
\$----- IDEA Transfer 1.03 Gebäudeschatten -----	
\$----- BUILDING-SHADE -----	
Nachbar	= BUILDING-SHADE
X	= -5.00
Y	= -10.00
Z	= -3.00
H	= 20.00
W	= 19.00
AZ	= 180
TILT	= 90
TRANSMITTANCE	= 0.00
..	
\$----- BUILDING-SHADE -----	
[/GEBSCHATTEN]	