

BA 007



Bachelorarbeit

Design von Bachelorarbeiten

Design of bachelor's thesis

Aachen, Januar 2050

Dein Name

Matrikelnummer: 000815

betreut von:

Dipl.-Phys. Max Mustermannin

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller

Die Arbeit wurde vorgelegt am:

E.ON Energy Research Center | ERC

Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate | EBC

Mathieustraße 10, 52074 Aachen

Kurzfassung

Überall dieselbe alte Leier. Das Layout ist fertig, der Text lässt auf sich warten. Damit das Layout nun nicht nackt im Raume steht und sich klein und leer vorkommt, springe ich ein: der Blindtext. Genau zu diesem Zwecke erschaffen, immer im Schatten meines großen Bruders »Lorem Ipsum«, freue ich mich jedes Mal, wenn Sie ein paar Zeilen lesen. Denn esse est percipi - Sein ist wahrgenommen werden.

Und weil Sie nun schon die Güte haben, mich ein paar weitere Sätze lang zu begleiten, möchte ich diese Gelegenheit nutzen, Ihnen nicht nur als Lückenfüller zu dienen, sondern auf etwas hinzuweisen, das es ebenso verdient wahrgenommen zu werden: Webstandards nämlich. Sehen Sie, Webstandards sind das Regelwerk, auf dem Webseiten aufbauen. So gibt es Regeln für HTML, CSS, JavaScript oder auch XML; Worte, die Sie vielleicht schon einmal von Ihrem Entwickler gehört haben. Diese Standards sorgen dafür, dass alle Beteiligten aus einer Webseite den größten Nutzen ziehen. Testtest

Im Gegensatz zu früheren Webseiten müssen wir zum Beispiel nicht mehr zwei verschiedene Webseiten für den Internet Explorer und einen anderen Browser programmieren. Es reicht eine Seite, die - richtig angelegt - sowohl auf verschiedenen Browsern im Netz funktioniert, aber ebenso gut für den Ausdruck oder die Darstellung auf einem Handy geeignet ist. Wohlgemerkt: Eine Seite für alle Formate. Was für eine Erleichterung. Standards sparen Zeit bei den Entwicklungskosten und sorgen dafür, dass sich Webseiten später leichter pflegen lassen. Natürlich nur dann, wenn sich alle an diese Standards halten. Das gilt für Browser wie Firefox, Opera, Safari und den Internet Explorer ebenso wie für die Darstellung in Handys. Und was können Sie für Standards tun? Fordern Sie von Ihren Designern und Programmieren einfach standardkonforme Webseiten. Ihr Budget wird es Ihnen auf Dauer danken. Ebenso möchte ich Ihnen dafür danken, dass Sie mich bis zum Ende gelesen

Diese Kurzzusammenfassung hat 300 Wörter

Abstract

Er hörte leise Schritte hinter sich. Das bedeutete nichts Gutes. Wer würde ihm schon folgen, spät in der Nacht und dazu noch in dieser engen Gasse mitten im übel beleumundeten Hafenviertel? Gerade jetzt, wo er das Ding seines Lebens gedreht hatte und mit der Beute verschwinden wollte! Hatte einer seiner zahllosen Kollegen dieselbe Idee gehabt, ihn beobachtet und abgewartet, um ihn nun um die Früchte seiner Arbeit zu erleichtern? Oder gehörten die Schritte hinter ihm zu einem der unzähligen Gesetzeshüter dieser Stadt, und die stählerne Acht um seine Handgelenke würde gleich zuschnappen? Er konnte die Aufforderung stehen zu bleiben schon hören. Gehetzt sah er sich um. Plötzlich erblickte er den schmalen Durchgang. Blitzartig drehte er sich nach rechts und verschwand zwischen den beiden Gebäuden.

Beinahe wäre er dabei über den umgestürzten Mülleimer gefallen, der mitten im Weg lag. Er versuchte, sich in der Dunkelheit seinen Weg zu ertasten und erstarrte: Anscheinend gab es keinen anderen Ausweg aus diesem kleinen Hof als den Durchgang, durch den er gekommen war. Die Schritte wurden lauter und lauter, er sah eine dunkle Gestalt um die Ecke biegen. Fieberhaft irrten seine Augen durch die nächtliche Dunkelheit und suchten einen Ausweg. War jetzt wirklich alles vorbei, waren alle Mühe und alle Vorbereitungen umsonst? Er presste sich ganz eng an die Wand hinter ihm und hoffte, der Verfolger würde ihn übersehen, als plötzlich neben ihm mit kaum wahrnehmbarem Quietschen eine Tür im nächtlichen Wind hin und her schwang. Könnte dieses der flehentlich herbeigesehnte Ausweg aus seinem Dilemma sein?

Langsam bewegte er sich auf die offene Tür zu, immer dicht an die Mauer gepresst. Würde diese Tür seine Rettung werden? Er hörte leise Schritte hinter sich. Das bedeutete nichts Gutes. Wer würde ihm schon folgen, spät in der Nacht und dazu noch in dieser engen Gasse mitten im übel beleumundeten Hafenviertel? Gerade jetzt, wo er das Ding seines Lebens gedreht hatte und mit der Beute verschwinden wollte! Hatte einer seiner zahllosen Kollegen dieselbe Idee gehabt, ihn beobachtet und abgewartet, um ihn nun um die Früchte seiner Arbeit zu erleichtern? Oder gehörten die Schritte hinter ihm zu einem der unzähligen Gesetzeshüter dieser Stadt, und die stählerne Acht um seine Handgelenke würde gleich zuschnappen? Er konnte die Aufforderung stehen zu bleiben schon hören. Gehetzt sah er sich um. Plötzlich erblickte er den schmalen Durchgang. Blitzartig drehte er sich nach rechts und verschwand zwischen den beiden Gebäuden. Beinahe wäre er dabei über den umgestürzten Mülleimer gefallen, der mitten im Weg lag. Er versuchte, sich in der Dunkelheit seinen Weg zu ertasten und erstarrte: Anscheinend gab es keinen anderen Ausweg aus diesem kleinen Hof als den Durchgang, durch den er gekommen war. Die Schritte wurden lauter und lauter, er sah eine dunkle Gestalt um die Ecke biegen. Fieberhaft irrten seine Augen durch die nächtliche Dunkelheit

und suchten einen Ausweg. War jetzt wirklich alles vorbei, waren alle Mühe und alle Vorbereitungen umsonst? Er presste sich ganz eng an die Wand hinter ihm und hoffte, der Verfolger würde ihn übersehen, als plötzlich neben ihm

Dieser Abstract hat 500 Wörter

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	v
Abbildungsverzeichnis	x
Tabellenverzeichnis	xi
Vorwort	xii
1 Teil1	2
1.1 Motivation	2
1.2 Enthalpieübertrager	3
1.3 Membran	5
1.4 Stand der Technik	7
2 Teil2	10
2.1 Modell	10
2.1.1 Stofftransport	10
2.1.2 Zusammenfassend	14
Literaturverzeichnis	16
A Wichtiger Anhang 1	18
A.1 Die Versalien	18
B Ähnlich wichtiger Anhang	20

Nomenklatur

Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Fläche	m^2
c_p	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
C	Wärmekapazität	W/kg
H	Enthalpie	J
\dot{H}	Enthalpiestrom	J/s
E	Exergie	J
e	spezifische Exergie	J/kg
\dot{m}	Massenstrom	kg/s
p	Druck	Pa
\dot{Q}	Wärmestrom	W
R	spezifische Gaskonstante	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
S	Entropie	J/K
\dot{S}	Entropiestrom	W/K
T	Temperatur	K
t	Zeit	s
U	innere Energie	J
U_T	Wärmedurchgangskoeffizient	$\text{W}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
h	Wärmeübergangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
V	Volumen	m^3
\dot{V}	Volumenstrom	m^3/s
\dot{W}	Leistung	W
Y	Wasserbeladung der Luft	g/kg

griechische Formelzeichen

Symbol	Bedeutung	Einheit
η_C	Carnot-Wirkungsgrad	—
κ_E	exergetische Aufwandszahl der Wärmeerzeugung	—
κ_T	exergetische Aufwandszahl des Wärmetransfers	—
Φ	thermische Leistung	W
ρ	Massendichte	kg/m ³
σ	Temperaturspreizung	K
ϑ	Temperatur	°C
$\Delta\vartheta$	Temperaturdifferenz	K

Indizes und Abkürzungen

Symbol	Bedeutung
0	Referenzzustand (<i>ambient dead state</i>)
A	Außen/Umgebung
CH	chemisch
CV	Kontrollvolumen (<i>control volume</i>)
DSC	Dynamische Differenzkalorimetrie (<i>differential scanning calorimetry</i>)
e	über die Systemgrenze (<i>external</i>)
F	Volumenstrom
FW	Fassadenwärmeübertrager
gen	erzeugt (<i>generated</i>)
In	Eingang (<i>input</i>)
KN	kinetisch
KRM	Kapillarrohrmatte
LabVIEW	Programmiersprache und Entwicklungsumgebung für die Messdatenerfassung der Firma National Instruments
L	Luft
LWS	Latentwärmespeicher
m	Mittelwert
Ob	Oberfläche

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Indizes und Abkürzungen

Symbol	Bedeutung
PCM	Latentwärmespeichermaterial (<i>phase change material</i>)
PH	physikalisch
PT	potentiell
Q	auf einen Wärmestrom bezogen
R	Rücklauf
Reg	Speicherregeneration
T	Temperatur
Δt	Zeitschritt der Länge Δt
t	technisch
V	Vorlauf
V	Verlust (Exergieanalyse)
W	Wärmeträgermedium

Abbildungsverzeichnis

1.1	Verschieden Ausführungsformen von Enthalpieübertragern	3
1.2	hollow fibre	5
1.3	Membran	6
2.1	Membranprozesse	15

Tabellenverzeichnis

1.1 Das ist eine Testtabelle 9

Vorwort

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi (Tabelle 1.1). Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum.

0.1 Motivation

Die Bereitstellung von Wärme und elektrischer Energie beeinflusst immer stärker das Klima. Nach wie vor wird zumeist die Energie fossiler Energieträger genutzt, um den Bedarf zu decken. Um den Einfluss unseres Energiebedarfs auf das Klima zu reduzieren, wurden in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene Versuche unternommen die Energiebereitstellung auf nachhaltige Quellen umzustellen. In diesem Zusammenhang ergibt sich das Ziel die Anreicherung von in der Erde gespeichertem Kohlenstoff als Kohlenstoffdioxid oder in Form anderer klimabeeinflussender Gase, wie zum Beispiel Methan, in der Atmosphäre zu verhindern.

Die am meisten genutzten Energiequellen sind hierbei die Wasserkraft, Wind und Sonne. Wobei die Nutzbarkeit aller drei genannten Energiequellen stark von den geologischen, klimatischen und geographischen Bedingungen der jeweiligen Region abhängt und in den meisten Regionen starken Leistungsschwankungen unterliegt. Daher ergeben sich Problematiken in der Speicherung der Energie. Außerdem werden in den nächsten Jahren die Endenergiepreise voraussichtlich steigen, da zum einen eine Verknappung der fossilen Brennstoffe auf lange Sicht unausweichlich ist und zum anderen die Umstellung auf rege-

nerative Energien mit einem erheblichen Kostenaufwand verbunden ist. Deshalb haben in den letzten Jahren die Bemühungen der Politik und verschiedener Marktteilnehmer zugenommen den Energieverbrauch zu senken. Für Privat genutzte Häuser und Wohnungen geschieht das in Deutschland vor allem über die "Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden", kurz EnEV ², von staatlicher Seite. Ziel der EnEV ist es durch eine gute Dämmung den Wärmeverlust der Häuser zu reduzieren. Um entsprechende Gebäude mit ausreichend Frischluft zu versorgen, wird die Luft mittels eines Lüftungssystems ausgetauscht. Durch den Einsatz von Wärmeübertragern wird der Wärmeverlust über die ausgetauschte Luft reduziert.

Eine Konsequenz dieses Vorgehens in gemäßigten und kalten Klimaregionen ist ein Austrocknen der Raumluft. Die kalte Außenluft weist einen geringen absoluten Wassergehalt auf. Beim Erhitzen im Wärmeübertrager stellt sich so eine sehr geringe relative Feuchte ein. An Wohngebäude und Bürogebäude werden oft hohe Anforderungen bezüglich der Luftqualität gestellt. Deshalb ist es in vielen Fällen sinnvoll die Luft auf einen Feuchtegehalt zu konditionieren, der von den Menschen als angenehm empfunden wird und keine negativen Auswirkungen auf ihren Gesundheitszustand oder ihre Leistungsfähigkeit hat. Ei-

ne detaillierte Zusammenfassung über die Auswirkungen zu trockener Luft liefert eine Publikation von Jürgen Schneiders.?

In feucht warmen Klimazonen tritt oft ein gegenteiliger Effekt auf. Die feucht warme Zuluft wird abgekühlt und gewinnt so an relativer Feuchte. Dies kann dazu führen, dass Feuchteschäden an Bauteilen oder am Interieur des Gebäudes entstehen oder es zur Bildung von Schimmel kommt. Entsprechend ist in vielen Fällen eine Trocknung der zugeführten Luft notwendig. ?

In Sonderfällen ist es möglich, dass bestimmte Raumklimabedingungen eingehalten werden müssen. Zum Beispiel erfordern bestimmte Lagerbedingungen oder Rahmenbedingungen für Produktionsabläufe oder Forschungsprozesse ein definiertes Raumklima. Das Trocknen beziehungsweise Befeuchten der Luft kostet viel Energie. Bei einem Luftbefeuchter muss hierzu die Verdampfungsenthalpie des Wassers überwunden werden. Eine Beschreibung des Energieverbrauchs von klassisch zur Trocknung von Luft eingesetzten Sorptionstrocknern findet sich beispielsweise in ? Enthalpieübertrager stellen eine Möglichkeit da, diese Energieaufwände zu reduzieren.

0.2 Enthalpieübertrager

Aus dem Stand der Technik sind Speicherenthalpieübertrager und membranbasierte Enthalpieübertrager bekannt, wie sie in 1.1 dargestellt sind. Beide Systeme übertragen neben Wärme auch Feuchte von einem feuchten auf einen trockenen Luftstrom. Die Triebkraft in beiden Systemen ist die Differenz des chemischen Potentials, die ausgeglichen wird.

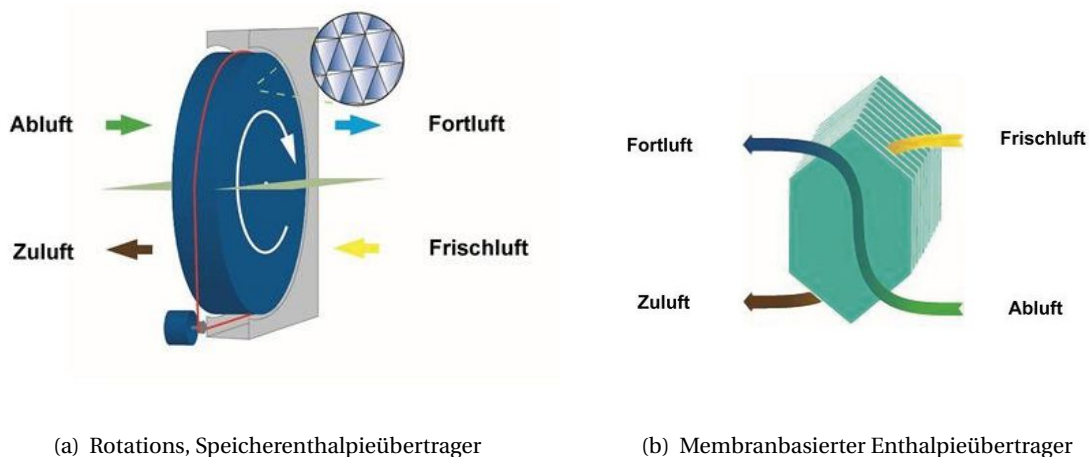


Abbildung 0.1: Verschiedene Ausführungsformen von Enthalpieübertragern

Die verbreitetsten Speicherübertrager sind Rotationsübertrager, wie in dargestellt. Rotationsübertrager weisen einen rotierende thermische Masse auf, die sich jeweils mit einem Teil der Masse im Zuluftstrom und mit einem anderen Teil der Masse im Abluftstrom befindet. Durch die Rotation kann die Masse thermische Energie in einem Luftstrom aufnehmen und nach dem

Weiterrotieren im anderen Luftstrom abgeben. Analog funktioniert die Übertragung der Feuchte, wobei die Feuchte entweder von einem Sorptionsmaterial aufgenommen und wieder abgegeben wird oder in einem Luftstrom an der Masse kondensiert und im anderen Luftstrom wieder verdampft. Rotationsübertrager befinden sich bereits seit einigen Jahren kommerziell im Einsatz und wurden bereits entsprechend detailliert untersucht. Ein detailliertes Modell von Rotationsübertragern liefert eine Untersuchung von Zhang². Die Artikel ² und ³ vergleichen unterschiedliche Optionen der Lufttrocknung.

Membranbasierte Enthalpieübertrager sind erst seit wenigen Jahren kommerziell im Einsatz, sodass es bisher nur wenige Untersuchungen zu ihnen existieren. Die Wärme wird dann über die Membran von einem Luftstrom an den anderen übertragen. Analog zum übertragenen Wärmestrom wird die Feuchte übertragen. Das heißt Wasser wird vom Membranmaterial absorbiert, diffundiert durch die Membran und desorbiert auf der anderen Seite in den Luftstrom.

Die Geometrien, die dabei für den Enthalpieübertrager verwendet werden, entsprechen denen, die bei klassischen Wärmeübertragern zum Einsatz kommen. In kommerziellen Anwendungen kommen Kreuzstromübertrager und Kreuzgegenstromübertrager zur Anwendung. Gegenstromübertrager und "hol-

low fibre" Module stellen weitere mögliche Bauform dar. Kreuzstromübertrager sind im Vergleich zu Gegenstromübertragern kostengünstig herstellbar und benötigen nur geringen Bauraum. Daher sind sie die bisher häufigste Bauform bei Enthalpietauschern. Gegenstromübertrager haben im Gegensatz dazu einen hohen Wirkungsgrad. Deshalb hält vor allem eine Mischform aus beidem, der Kreuzgegenstromübertrager, immer stärker Einzug in die kommerzielle Nutzung. Eine Darstellung der Bauweise von Hollow fibre Modulen findet sich in 1.2. Sie ermöglichen hohe Übertragungsflächen bei kleinem Bauraum und somit hohe Übertragungsraten für Wärme und Feuchte. Dies erläutern auch die Artikel von Zhang und Bui [1, 2]. Nachteilig ist jedoch ein sehr hoher Druckverlust in den Modulen. Der hohe Druckverlust hat bisher verhindert, dass diese Bauform sich in kommerziellen Anwendungen durchsetzen konnte.

Ein Vergleich zwischen Rotationsübertragern und membranbasierten Enthalpietauschern fällt je nach Untersuchung unterschiedlich aus. Grundsätzlich haben jedoch membranbasierte Enthalpietauscher den Vorteil, dass sie keine beweglichen (rotierenden) Komponenten haben, was sie weniger verschleißanfällig macht und die Geräuschemissionen senkt. Außerdem muss keine Energie zum Antrieb eines Rotors aufgewendet werden. In den meisten Fällen besitzen membranbasierte Enthal-

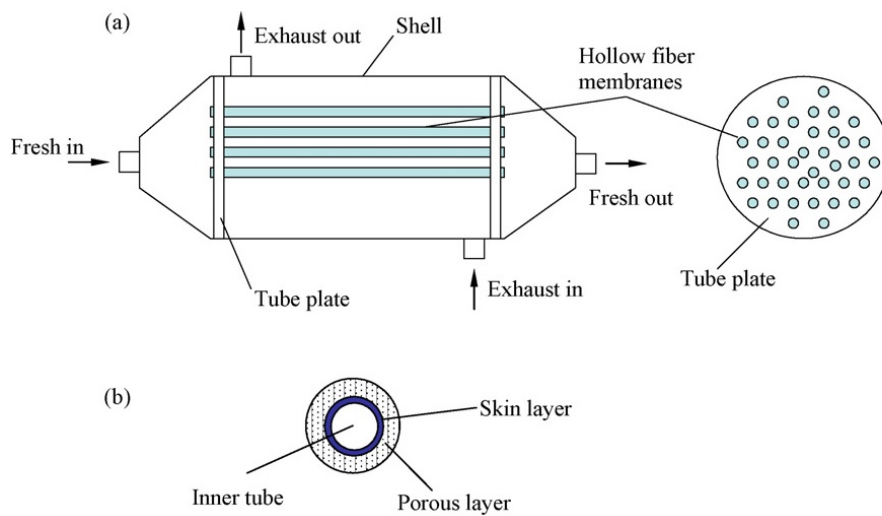


Abbildung 0.2: hollow fibre

pieübertrager den höheren Wirkungsgrad. ? Nachteilig ist, dass Enthalpieübertrager nicht regelbar sind. Theoretisch ist es an feucht warmen Tagen daher möglich, dass ein Enthalpieübertrager zur Feuchterückgewinnung der Zuluft weiter Wasser zuführt. Dann steigt die bereits hohe relative Feuchte im Gebäude inneren weiter an. Dies könnte nur durch einen Bypass, einen Trockner oder einen temporären Austausch des Enthalpieübertragers durch einen Wärmeübertrager verhindert werden. Außerdem können die membranbasierten Übertrager bei zu kalten Temperaturen zufrieren und müssen daher in einigen Klimazonen mit Vorheizern ausgestattet werden. Derzeit beherrschen Rotationsübertrager vor allem den Markt bei großen An-

wendungsfällen während Enthalpieübertrager vor allem für Wohnungs- und Einzelraumlüftungen genutzt werden.

0.3 Membran

Membranen lassen sich in dichte und poröse Membranen unterteilen. Poröse Membranen weisen Poren auf, die größer sind als die Partikel, die durch die Membran übertragen werden. In der Membrantechnik werden diese Prozesse Micro- oder Ultrafiltration genannt. Sie laufen als konvektive oder kapillare Prozesse ab. Dichte Membranen weisen hingegen keine oder nur sehr kleine Poren auf. Der Stofftransport findet bei dichten Membranen auf Grund von Diffusionsprozessen statt. Dies führt in den meisten Fällen zu einer deutlich erhöhten Selektivität und einer geringeren Permeabilität im Vergleich zu porösen Membranen. Da im vorliegenden Anwendungsfall passiert Wasserdampf als Permeat die Membran und kleine gasförmige Moleküle der Luft, wie Stickstoff, werden zurückgehalten. Daher ist eine dichte Membran sinnvoll. Nur so ist eine ausreichende Selektivität gegenüber den gasförmigen Komponenten gewährleistet. ? Um dennoch eine möglichst hohe Permeabilität gegenüber Wasserdampf zu gewährleisten ist es zielführend eine möglichst dünne Membran zu verwenden. Die dichte

Membran wird in einigen Fällen durch eine poröse Membran gestützt, um die dünne dichte Membran mechanische zu stabilisieren. Die poröse Membran hat kaum negative Auswirkungen auf die Permeabilität, da die Transportgeschwindigkeiten in porösen Membranen wesentlich höher sind als in dichten Membranen. Gleichzeitig ist jedoch anzunehmen, dass Spacermaterialien und porösen Membranen Einfluss auf die Strömung nehmen und somit auf die Wärmeübergangskoeffizienten und Sorptionseigenschaften an der Membranoberfläche. ?

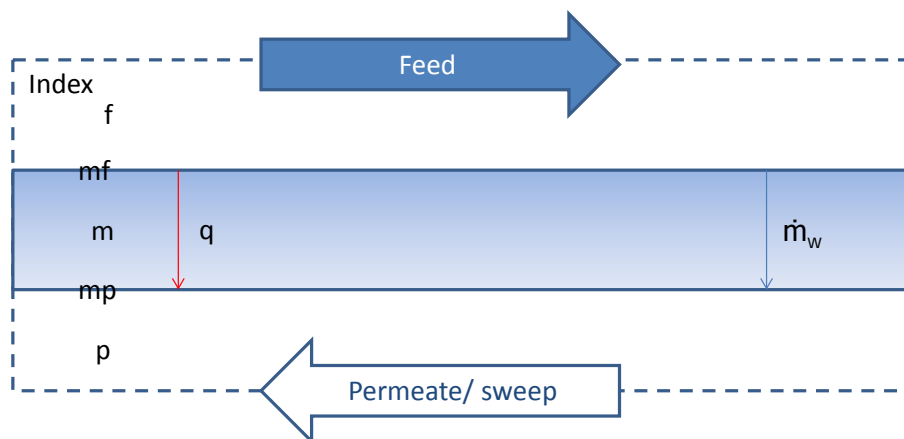


Abbildung 0.3: Membran

In Enthalpieübertragern werden derzeit Membranen aus Polymeren eingesetzt. Bis vor einigen Jahren auch wurden auch Membranen auf Zellulosebasis eingesetzt. Die technische Weiterentwicklung der Polymermembranen über die letzten Jahre hat dazu geführt, dass mittlerweile fast ausschließlich Polymermembranen zu Einsatz kommen, da diese deutlich höhere Permeabilitäten aufweisen. ?

Ein klassischer Vergleich über Wirkungsgrade, ist nur bedingt sinnvoll. Die dabei bisher verwendeten Wirkungsgrade sind der Wärmeübertragungsgrad η_t und der Enthalpiewirkungsgrad η_h . Der Wärmeübertragungsgrad hängt dabei rein von der thermischen Energie ab,

Der Enthalpiewirkungsgrad beschreibt die gesamte übertragene Energie, also inklusive der Enthalpie die im übertragenen Wasserdampf steckt,

Der Wärmeübertragungsgrad bei einem reinen Wärmeübertrager ist fast immer größer, als bei einem Enthalpieübertrager und andersherum weist der Enthalpieübertrager einen größeren gesamten Enthalpiewirkungsgrad auf. Da membranbasierte Enthalpieübertrager unregelmäßig Feuchte in den Zuluftstrom übertragen, ist die eine Bewertung anhand der Gesamtenthalpie oft nicht gerechtfertigt, da teilweise mehr Feuchte übertragen wird

als benötigt. Der Wärmeübertragungsgrad stellt kein geeignetes Vergleichskriterium dar, da die übertragene Feuchte nicht berücksichtigt wird, die eine Hauptfunktion des Enthalpietauschers darstellt.

In dieser Arbeit sollen insbesondere membranbasierte Enthalpietauscher untersucht werden und Vergleichsgrößen gefunden werden, die eine Energierückgewinnung mittels Enthalpietauschern mit anderen Systemen vergleichbar machen. Des Weiteren soll ein Modell der Enthalpieübertrager angefertigt werden, das zukünftig als Grundlage für Simulationen und für eine Weiterentwicklung der Modelle dienen soll, um Enthalpieübertrager auch in größeren Systemen simulativ einbinden zu können.

0.4 Stand der Technik

Bisherige Veröffentlichungen beschreiben vor allem Kennzahlen und die Genauigkeit bestimmter Modell-Ansätze. Für einen Überblick über die Veröffentlichungslage und den derzeitigen Stand der Technik empfehlen sich vor allem die Artikel ? und ?. Als Modelle werden insbesondere Lösungs-Diffusions-Modelle vorgeschlagen. Sie beruhen auf der Annahme, dass Wasserdampf an der Oberfläche der Membran absorbiert wird, durch die Membran diffundiert und auf der gegenüberliegenden Seite wieder

an die Luft abgegeben wird. Aus dieser Betrachtungsweise ergeben sich verschiedene Möglichkeiten das System eines Enthalpieübertragers zu beschreiben. Grundsätzlich lassen sich die Publikationen in bewertungsorientierte (z.B. ?) beziehungsweise komponentenoptimierungsorientierte (z.B. ?) und modeller-mittelnde Untersuchungen (z.B. ?) unterteilen. Die bewertungsorientierten Arbeiten nutzen für den Vergleich verschiedener Bauweisen, Geometrien und Prinzipien bekannte Bewertungsgrößen wie den Wärmeübertragungsgrad, den Feuchteübertragungsgrad oder den totalen Enthalpieübertragungsgrad sowie die Number of transfer units. Bisherige Untersuchungen zur Modellbildung beziehen sich weitestgehend auf die Bestimmung grundlegender Kenngrößen oder Beschreibungswerte die Analog zu bekannten Systemen definiert wurden. Der Gesamtprozess wird in Teilprozesse unterteilt die bereits gut beschrieben sind. So entstehen Modelle, die die Teilprozesse in Beziehung zueinander setzen. So lassen sich die Strömungseigenschaften, die Wärmeübertragung und die Feuchteübertragung getrennt voneinander betrachten und mit Kennzahlen, die ggf. von gewissen Parametern abhängen miteinander verknüpfen.

In dieser Arbeit soll im Gegensatz dazu ein Modell eines ermittelt werden, das einen kommerziell einsatzfähigen Enthalpieübertrager beschreibt. Dabei liegt der Schwerpunkt nicht auf

der Ermittlung der physikalischen Grundwerte oder Gültigkeit der physikalischen Modelle und der zu Grunde liegenden Annahmen. Stattdessen wird das Verhalten des praktisch eingesetzten Systems unter bestimmten Umgebungsbedingungen und in bestimmten Anwendungsfällen untersucht. Der Schwerpunkt liegt hier wiederum auf dem deutschen Klimaraum und dem Einsatz in Wohnraumlüftungen. Ziel ist eine Modell zu generieren, das Abhängig von Anforderungsprofilen und Umgebungsbedingungen eine Bewertung der Enthalpieübertrager insbesondere im Vergleich zu alternativen Systemen, wie z.B. Speicherenthalpieübertragern und klassischen Wärmeübertragern mit entsprechender Lufttrocknung. Zu diesem Zweck sollen auch Bewertungsgrößen definiert werden, die einen sinnvollen Vergleich der verschiedenen Größen zulassen.

Literaturverzeichnis

[.28 2810] *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden: EnEV.*
28.10.2015

[Zhang u. Yoshino 2010] ZHANG, Huibo ; YOSHINO, Hiroshi:
Analysis of indoor humidity environment in Chinese residential buildings. In: *Building and Environment* 45 (2010), Nr. 10,
S. 2132–2140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.011>. – DOI 10.1016/j.buildenv.2010.03.011. – ISSN 03601323

Anhang

A Wichtiger Anhang 1

Weit hinten, hinter den Wortbergen, fern der Länder Vokalien und Konsonantien leben die Blindtexte. Abgeschieden wohnen Sie in Buchstabhausen an der Küste des Semantik, eines großen Sprachozeans. Ein kleines Bächlein namens Duden fließt durch ihren Ort und versorgt sie mit den nötigen Regelialien. Es ist ein paradiesmatisches Land, in dem einem gebratene Satzteile in den Mund fliegen. Nicht einmal von der allmächtigen Interpunktion werden die Blindtexte beherrscht – ein geradezu unorthographisches Leben. Eines Tages aber beschloß eine kleine Zeile Blindtext, ihr Name war Lorem Ipsum, hinaus zu gehen in die weite Grammatik. Der große Oxmox riet ihr davon ab, da es dort wimmele von bösen Kommata, wilden Fragezeichen und hinterhältigen Semikoli, doch das Blindtextchen ließ sich nicht beirren.

A.1 Die Versalien

Es packte seine sieben Versalien, schob sich sein Initial in den Gürtel und machte sich auf den Weg. Als es die ersten Hügel des Kursivgebirges erklommen hatte, warf es einen letzten Blick zurück auf die Skyline seiner Heimatstadt Buchstabhausen, die Headline von Alphabetdorf und die Subline seiner eigenen Straße, der Zeilengasse. Wehmütig lief ihm eine rhetorische Frage über die Wange, dann setzte es seinen Weg fort. Unterwegs traf es eine Copy. Die Copy warnte das Blindtextchen, da, wo sie herkäme wäre sie zigmal umgeschrieben worden und alles, was von ihrem Ursprung noch übrig wäre, sei das Wort ündünd das Blindtextchen solle umkehren und wieder in sein eigenes, sicheres Land zurückkehren. Doch alles Gutzureden konnte es nicht überzeugen und so dauerte es nicht lange, bis ihm ein paar heimtückische Werbetexter auflauerten, es mit Longe und Parole betrunken machten und es dann in ihre Agentur schleppten, wo sie es für ihre Projekte wieder und wieder mißbrauchten.

Und wenn es nicht umgeschrieben wurde, dann benutzen Sie es immernoch. Weit hinten, hinter den Wortbergen, fern der Länder Vokalien und Konsonantien leben die Blindtexte. Abgeschlossen wohnen Sie in Buchstabhausen an der Küste des Se-

mantik, eines großen Sprachozeans. Ein kleines Bächlein namens Duden fließt durch ihren Ort und versorgt sie mit den nötigen Regelialien. Es ist ein paradiesmatisches Land, in dem einem gebratene Satzteile in den Mund fliegen. Nicht einmal von der allmächtigen Interpunktion werden die Blindtexte beherrscht – ein geradezu unorthographisches Leben. Eines Tages aber beschloß eine kleine Zeile Blindtext, ihr Name war Lorem Ipsum, hinaus zu gehen in die weite Grammatik. Der große Oxmox riet ihr davon ab, da es dort wimmele von bösen Komata, wilden Fragezeichen und hinterhältigen Semikoli, doch das Blindtextchen ließ sich nicht beirren. Es packte seine sieben Versalien, schob sich sein Initial in den Gürtel und machte sich auf den Weg. Als es die ersten Hügel des Kursivgebirges erklimmen hatte, warf es einen letzten Blick zurück auf die Skyline seiner Heimatstadt Buchstabhausen, die Headline von Alphabetdorf und die Subline seiner eigenen Straße, der Zeilen-gasse. Wehmütig lief ihm eine rhetorische Frage über die Wangen, dann setzte es seinen Weg fort. Unterwegs traf es eine Copy. Die Copy warnte das Blindtextchen, da, wo sie herkäme wäre sie zigmal umgeschrieben worden und alles, was von ihrem Ursprung noch übrig wäre, sei das Wort ünd"

B Ähnlich wichtiger Anhang

Es gibt im Moment in diese Mannschaft, oh, einige Spieler vergessen ihnen Profi was sie sind. Ich lese nicht sehr viele Zeitungen, aber ich habe gehört viele Situationen. Erstens: wir haben nicht offensiv gespielt. Es gibt keine deutsche Mannschaft spielt offensiv und die Name offensiv wie Bayern. Letzte Spiel hatten wir in Platz drei Spitzen: Elber, Jancka und dann Zickler. Wir müssen nicht vergessen Zickler. Zickler ist eine Spitzen mehr, Mehmet eh mehr Basler. Ist klar diese Wörter, ist möglich verstehen, was ich hab gesagt? Danke. Offensiv, offensiv ist wie machen wir in Platz. Zweitens: ich habe erklärt mit diese zwei Spieler: nach Dortmund brauchen vielleicht Halbzeit Pause. Ich habe auch andere Mannschaften gesehen in Europa nach diese Mittwoch. Ich habe gesehen auch zwei Tage die Training. Ein Trainer ist nicht ein Idiot! Ein Trainer sei sehen was passieren in Platz. In diese Spiel es waren zwei, drei diese Spieler waren schwach wie eine Flasche leer! Haben Sie gesehen Mittwoch, welche Mannschaft hat gespielt Mittwoch? Hat gespielt Mehmet oder gespielt Basler oder hat gespielt Trapat-

toni? Diese Spieler beklagen mehr als sie spielen! Wissen Sie, warum die Italienmannschaften kaufen nicht diese Spieler? Weil wir haben gesehen viele Male solche Spiel! Haben

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Prüfungsarbeit eingereicht worden. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die vorliegende Arbeit in der Lehrstuhlbibliothek und Datenbank aufbewahrt und für den internen Gebrauch kopiert werden darf.

Aachen, den 22. Juli 2016

Name hier bitte einfügen