

Forschungsbericht 2006

Vorwort der Geschäftsleitung



Die Einheit von Forschung, Entwicklung und praktischer Erprobung (Technologie-transfer) in einem breiten Feld von 9 Technologiebereichen bestimmte satzungsgemäß auch im Jahr 2006 die Geschäftstätigkeit des Instituts für Luft- und Kältetechnik.

Grundlegende Themenstellungen wie Energie, Umwelt, Lebensqualität prägen dabei die Tätigkeit. 58 Forschungsvorhaben sind im Jahr 2006 im Rahmen spezieller Förderprogramme am ILK bearbeitet worden. Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung wirkte das ILK in 30 spezifischen Forschungsrichtungen.

Dabei sind am Institut für Luft- und Kältetechnik grundsätzlich alle Bereiche des Innovationszyklus, wie grundlagenorientierte und angewandte Forschung, produkt- und verfahrensorientierte Entwicklung einschließlich Prototyprealisierung sowie der Technologietransfer, insbesondere durch wissenschaftlich-technische Dienstleistungen, vernetzt und mit konkretem Forschungsbezug auf Innovation und Erkenntnisgewinn ausgerichtet.

Der ILK-Forschungsbericht 2006 beinhaltet ausgewählte Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung sowie ausgewählte Beispiele von wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen des ILK.

Die Geschäftsleitung bedankt sich bei allen Partnern in Wirtschaft, Forschung, im öffentlichen Bereich für die gute Zusammenarbeit im Geschäftsjahr 2006 und bei den ILK-Mitarbeitern für die aktive Mitarbeit und das persönliche Engagement.

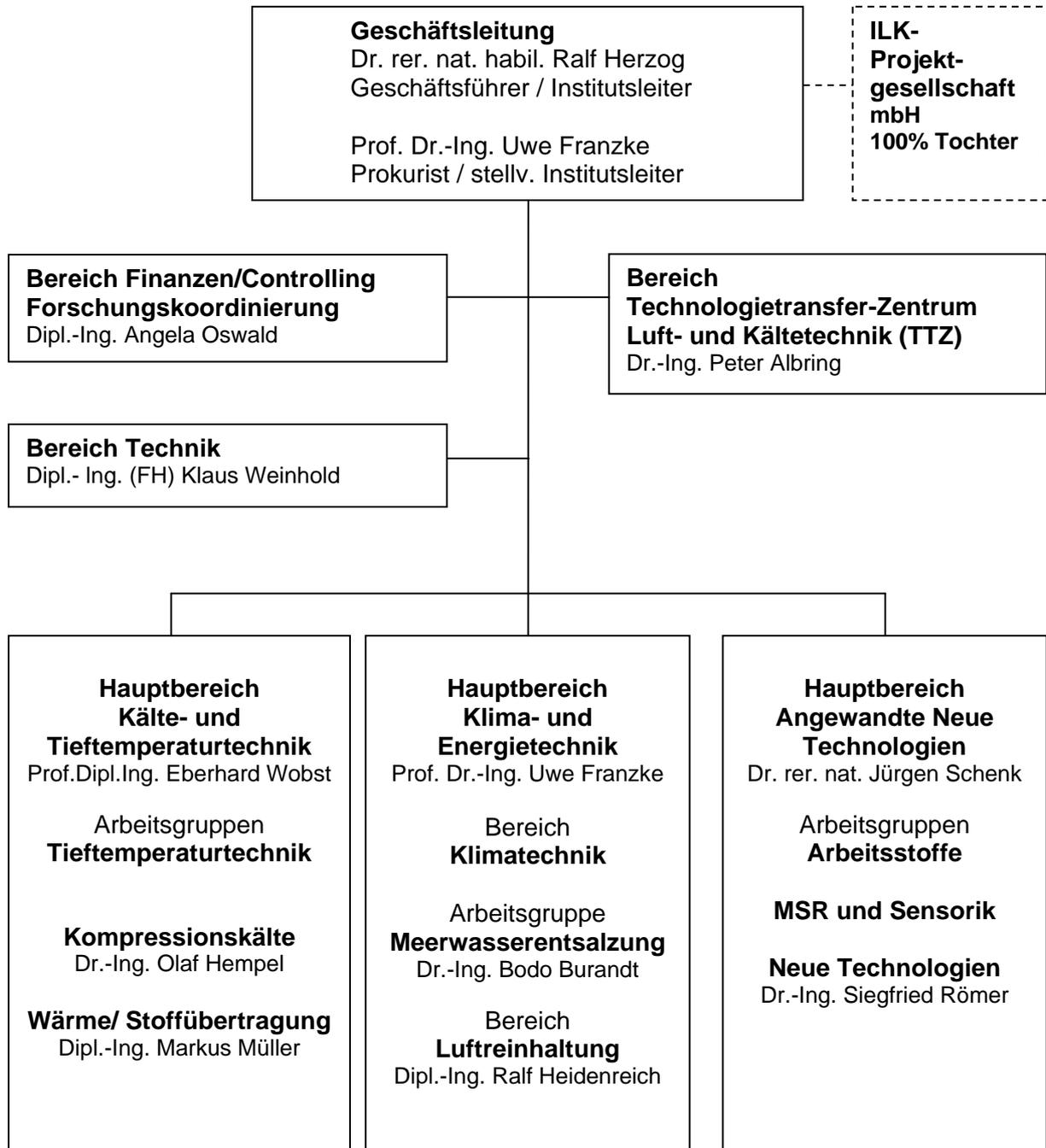
Handwritten signature of Ralf Herzog.

Dr. rer. nat. habil. Ralf Herzog

Handwritten signature of Uwe Franzke.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke

Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH



Institut für Luft- und Kältetechnik
Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20
01309 Dresden
Telefon (0351) 40 81-520
Telefax (0351) 40 81-525
E-Mail: gf@ilkdresden.de
<http://www.ilkdresden.de>

Inhalt

Tieftemperaturtechnik	2
Kältetechnik	4
Klimatechnik	11
Energie- und Umwelttechnik	18
Luftreinigungstechnik	19
Angewandte neue Technologien / Werkstoffe/Messtechnik	23
TTZ am ILK	28
Veranstaltungen	30
Veröffentlichungen	32

Ausgewählte Ergebnisse aus Forschung, Entwicklung und Technologietransfer 2006

1. Tieftemperaturtechnik

Kalibriereinrichtung für Tieftemperaturthermometer

Ziel des Euronorm-Projektes „Tieftemperaturkalibrierung“ ist der Aufbau eines Messplatzes zur Kalibrierung von Widerstandsthermometern im Bereich tiefster Temperaturen von ca. 1,8 K bis in den Zimmertemperaturbereich. Dabei geht es insbesondere um den Temperaturbereich < 80 K, der durch den Einsatz von flüssigem He 4 zugänglich gemacht wird.

Die Kalibrierkurve beinhaltet in der Regel die Abhängigkeit des Widerstandes eines Temperatursensors von der Temperatur. Das umgesetzte technische Konzept basiert auf dem Prinzip der Vergleichskalibrierung, d. h. die Sensorkalibrierung erfolgt durch Vergleich der Temperaturabhängigkeit an kalibrierten Sekundärstandards.

Der Einsatz hochwertiger Sekundärstandards, kalibriert durch autorisierte Anbieter, ist Voraussetzung für eine hohe Qualität der Kalibrierung bzgl. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit.

Im konkreten Fall dienen als Sekundärstandards für den Temperaturbereich von 14 K - 325 K Platinwiderstandsthermometer, für den Tieftemperaturbereich finden spezielle Kryotemperaturfühler mit ausgeprägtem negativem Temperaturgradienten Anwendung (Bezeichnung je nach Anbieter: *Cernox* von Lake Shore Cryotronics, Westerville, *TVO-Resistor* vom Labor für Teilchenphysik Moskau).

Bild 1 zeigt die typische Temperaturabhängigkeit eines Cernox-Sensors sowie den Miniatursensor selbst.

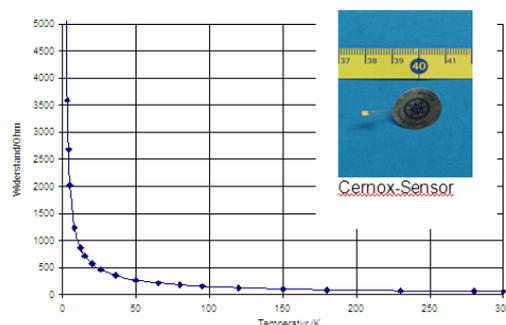


Bild 1: Kalibrierkennlinie eines Cernox-Sensors von Lake Shore Cryotronics

Als weiterer Sekundärstandard steht ein Rhodiemeisen-Widerstandsthermometer zur Verfügung, das den Temperaturbereich von 1,4 K bis 30 K abdeckt und den Anschluss des Platinsensors nach tieferen Temperaturen herstellt und gleichzeitig den Vergleich der Standards untereinander ermöglicht.

Die zertifizierte Kalibrierung der genannten Sekundärstandards wurde durch Lake Shore Cryotronics vorgenommen.

Zur Bereitstellung der Kalibriertemperaturen dient ein Kalibrierkryostat, der sowohl mit flüssigem Stickstoff als auch mit flüssigem Helium betrieben werden kann.

Durch Integration eines speziellen Verdampfeinsatzes ist das Betreiben im Bad- für $T \leq 4,2$ K sowie im Verdampferregime für $T \geq 4,2$ K bzw. ≥ 80 K möglich.

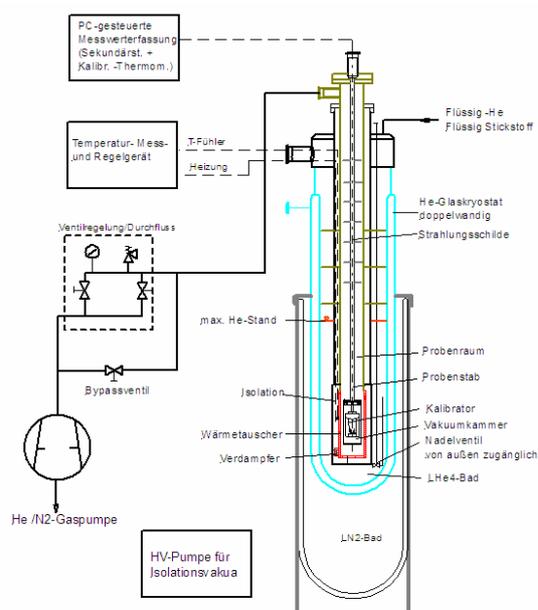


Bild 2: Prinzipaufbau des Kalibrierversuchsstandes

In der ersten Ausbaustufe ist die gleichzeitige Kalibrierung von 8 Thermometern (mit negativem und positivem TC) mit der Zielstellung des Nachweises der Kalibriergenauigkeiten vorgesehen.

Der Anschluss der Widerstandfühler erfolgt in Vier-Leitertechnik, die elektrische Verdrahtung mittels Manganindrähten von 0,06 mm Durchmesser zur Minimierung des Wärmeeintrags während des Messregimes.

Zur Erfassung der Kalibrierwerte der Cernox-Thermometer kommen spezielle Messmodule der Fa. GANTNER Instruments zum Einsatz, die der extrem ausgeprägten Temperaturabhängigkeit (ca. 6000 Ω bei 4 K und ca. 100 Ω bei 300 K) durch variablen Speisestrom Rechnung tragen und damit im gesamten Widerstandsbereich hohe Messgenauigkeiten sichern.

Für Thermometer mit positivem TC erfolgt die Messwert erfassung durch Lake Shore-Technik. Die Registrierung der Kalibrierwerte nach Ablauf der Kalibrierroutine, ihre weitere Bearbeitung sowie die Steuerung des Kalibrierablaufes erfolgt über PC.

Maschinengekühltes Lager- und Transportsystem für biologische Proben

Beabsichtigte technische Entwicklung

Im Rahmen dieses Entwicklungsvorhaben ist geplant, Lager- und Transportbehälter mit maschineller kryogener Kühlung auf Basis von Stirling-PulseTube-Kühlern zu realisieren und zu vermarkten. Das Gesamtprojekt gliedert sich hinsichtlich des Inhalts in zwei Bereiche:

1. Kryokühlerentwicklung
2. Anpassung des Kryokühlers an die Anwendung.

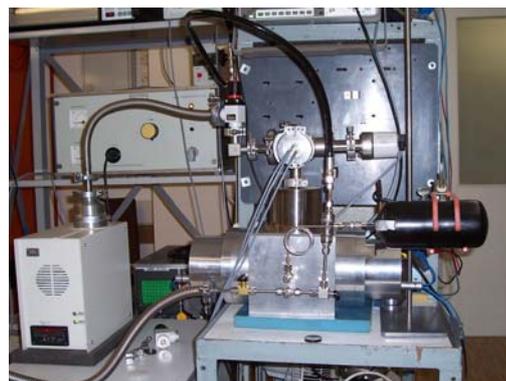
Entsprechend ausgestattete Lager- und Transportbehälter bieten folgende Einsatzvorteile:

1. die bisher erforderliche Kältespeichermasse kann entfallen, dadurch wird zusätzliches Probenvolumen im Behälter realisiert,
2. der Temperaturbereich zur biologischen Lagerung wird bis 120...130 K erweitert,
3. die Transport- und Lagerzeiten sind nicht mehr durch das Speichervermögen eines Latentwärmespeichers begrenzt,
4. das Handling mit potentiell gefährlichen kryogenen Arbeitsstoffen (Trockeneis, Flüssigstickstoff) entfällt.

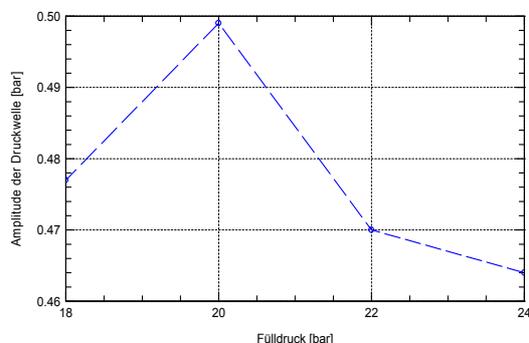
Durch die Innovation des Einsatzes einer maschinellen kryogenen Kühlung wird ein Produkt mit verbesserten Gebrauchswerteigenschaften realisiert.

Aktueller Stand der Entwicklung

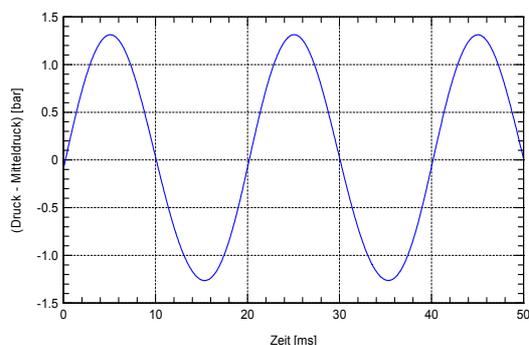
Der LPTK wurde auf dem Versuchsstand ersten Tests unterzogen.



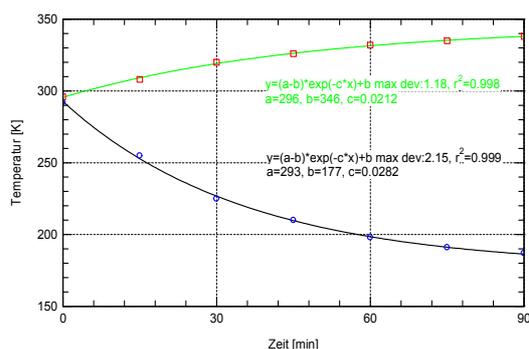
Bei den ersten Versuchen wurde die Resonanzfrequenz von 50 Hz durch Variation des Helium-Fülldrucks eingestellt. Der Resonanzfall stellt sich bei einem Fülldruck von 20 bar ein.



Die aufgezeichnete Druckschwingung ist in der folgenden Abb. dargestellt.



Beim Abkühlvorgang wurde bislang eine Minimaltemperatur von 187 K erreicht.



Dieser Wert ist für erste Untersuchungen durchaus viel versprechend. Wichtig ist jetzt, durch zielgerichtete Optimierung am Kaltteil (Abstimmung des fluidischen Phasenschiebers) in den Bereich der Zielparаметer des Vorhabens zu gelangen.

2. Kältetechnik

Baureihe modularer CO₂-Kältegeräte

Im Zentrum der Projektbearbeitung 2006 standen der Bau und die Erprobung des Prototyps einer CO₂-Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung. Dieser Anwendungsfall nutzt in besonderem Maß die Eigenschaften von Kohlendioxid im transkritischen Einsatz. Eine gute Anpassung des CO₂-Temperaturverlaufes an den des zu erwärmenden Wassers ist verbunden mit einer starken Abkühlung des CO₂ im Gaskühler, was zu akzeptablen Leistungszahlen führt. Es ist in Deutschland derzeit kein Anbieter von CO₂-Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung bekannt. Hier liegt das Innovationspotential des Projektes einerseits und in der Schaffung von Know-how im Umgang mit einem der zukunftssträchtigen natürlichen Kältemittel CO₂ (GWP = 0) andererseits. Gemäß dem 2005 erstellten Konstruktionsentwurf wurde der Prototyp im ILK Dresden selbst gebaut. Besonderes Augenmerk wurde auf die Modulbauweise gelegt. Die kompakte Wärmepumpe besteht aus fünf Modulen:

- Verdichtermodul
- Gaskühlermodul
- Verdampfermodul
- Steuermodul.

Der unten liegende Verdampfermodul wurde sowohl als Soleverdampfer als auch als Luftverdampfer ausgeführt.



Bild: CO₂-Wärmepumpe in Modulbauweise

Die anschließenden Versuche wurden bei realen Einsatzbedingungen durchgeführt:

Die Wassereintrittstemperatur wurde auf ca. 10 °C konstant gehalten. Der Wassermassestrom wurde so geregelt, dass am Austritt aus dem Gerät die gewünschten Wassertemperaturen (40 °C, 50 °C, 60 °C oder 70 °C) gemessen werden konnten. Die Soletemperaturen wurden stets auf konstante Werte ($t_{\text{Soleeintritt}} = 0 \text{ °C}$; $t_{\text{Soleaustritt}} = -3 \text{ °C}$) geregelt.

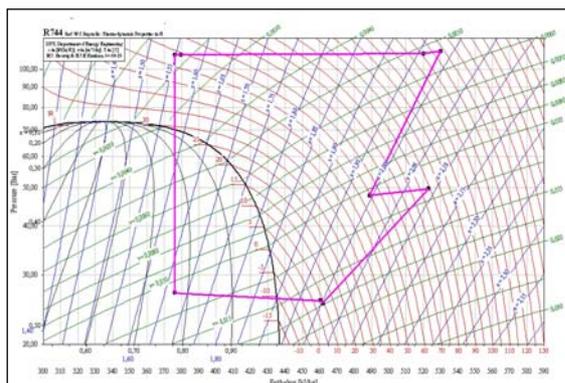


Bild: Kreisprozess

Heizwasser- ser- vor- lauf	An- triebs- leistung	Heizleistung		Kälteleistung		Wärmeleistungs- zahl	
		Wasser	Kälte- mittel	Sole	Kälte- mittel	Wasser	Kälte- mittel
°C	kW	kW	kW	kW	kW	-	-
40	1,70	3,94	3,99	2,3	2,85	2,32	2,35
50	1,77	4,09	4,15	2,2	2,76	2,31	2,34
50	1,89	4,02	4,08	2,0	2,83	2,13	2,16
50	1,88	3,89	4,02	2,3	2,88	2,07	2,14
60	2,05	3,46	3,61	1,6	2,38	1,69	1,76
60	2,05	3,58	3,68	1,6	2,47	1,75	1,80
60	2,06	3,57	3,70	1,8	2,50	1,73	1,79
70	2,26	3,43	3,59	1,4	2,33	1,52	1,59

Bild: Messwerte

Die erzielten Ergebnisse kann man positiv bewerten, denn die gemessenen Werte sind vergleichbar mit den Leistungsangaben von serienmäßig produzierten CO₂-Wärmepumpen.

Die Hauptschwierigkeiten im Projekt bestanden in der schlechten Verfügbarkeit von CO₂-Komponenten.

Deshalb werden im Nachfolgethema CO₂-Komponenten zielgerichtet untersucht. Es muss die Basis der strategischen Forschungsrichtung: „CO₂ als Kältemittel“

gestärkt werden, um zu signifikanten Fortschritten zu gelangen.

Messverfahren und Versuchseinrichtung zur Bestimmung des Abscheidegrades neuartiger Ölabscheider

Beschreibung des Projektes

Das ILK arbeitet gemeinsam mit dem Kooperationspartner ESK Schultze an einem Forschungsprojekt, das sich mit der Entwicklung neuartiger Ölabscheider für die Kältetechnik beschäftigt. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit mit Fördermitteln des Programms PRO INNO II unterstützt.

Es ist vielfach nachgewiesen, dass sich durch optimal eingesetzte, leistungsfähige Ölabscheider der Gesamtwirkungsgrad von Kälteanlagen steigern lässt. Damit kann die zur Kälteerzeugung notwendige Energie sparsamer und effizienter verwendet werden. Unter diesem Blickwinkel ist das Projekt auch als aktiver Beitrag zum dringend gebotenen Klimaschutz zu verstehen.

Die Teilaufgabe des ILK bei dem Gemeinschaftsprojekt besteht darin, eine Messeinrichtung herzustellen, mit der die Abscheidegrade der neu entwickelten Ölabscheider bestimmt werden können. Die Messungen müssen dabei mit höchster Präzision erfolgen. Die von ESK Schultze gewünschte Messgenauigkeit für die Abscheidegrade von 0,2 % stellt eine besondere technische Herausforderung dar.

Für diese Messungen ist im ILK die Errichtung eines Prüfstandes vorgesehen. Dafür wurden im Jahre 2006 entsprechende Vorüberlegungen angestellt sowie die planerischen Grundlagen geschaffen. Im Folgejahr wird der Prüfstand gebaut und anschließend in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner ESK Schultze das Messprogramm zur Bestimmung der Ölabscheidegrade durchgeführt.

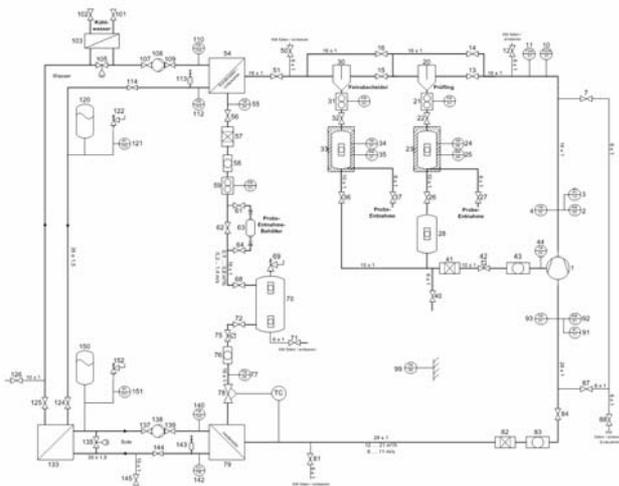


Bild 1: Schaltschema des Prüfstandes zur Vermessung der Ölabscheider

Untersuchung eines Wasser-/ Lithiumbromid-Resorptionskälteprozesses zur Kälteerzeugung im Temperaturbereich unter 0°C

Projektziel

Ziel des Projektes war es, durch Realisierung eines Wasser-Lithiumbromid-Resorptionskälteprozesses niedertemperaturisierte Abwärme zur Kälteerzeugung auf einem Nutztemperaturniveau knapp unter 0 °C auch mit dem für H₂O/LiBr-Sorptionsprozesse typischen hohen Wärmeverhältnis zu nutzen. Dazu wurde als Ergebnis des Projektes eine Versuchsanlage errichtet, die im ILK untersucht, erprobt und vermessen wurde. Kälteanlagen dieses Typs waren bisher nicht bekannt.

Durch die Verwendung eines weiteren Lösungsmittelkreislaufes im Kälteteil einer Sorptionskälteanlage (siehe Bild 1) können Kältetemperaturen knapp unter 0 °C in H₂O/LiBr-Sorptionskälteanlagen realisiert werden.

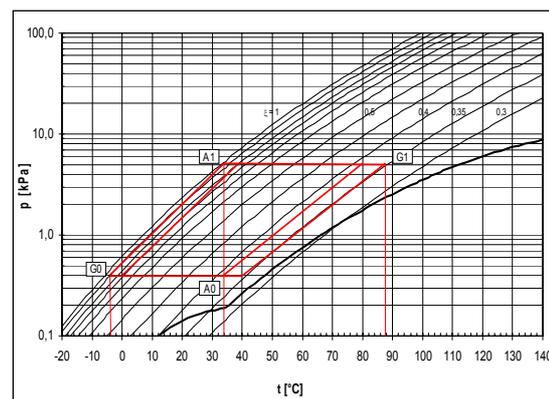
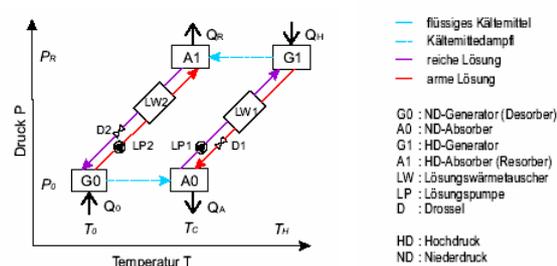


Bild 1: Prinzipielle Darstellung des Resorptionsprozesses im p/t-Diagramm



Die erreichbare Kältenutztemperatur ist abhängig von der Heiz- und Rückkühltemperatur wie in Absorptionskälteanlagen, aber auch von der Kristallisationsgefahr des Lithium-Bromid-Salzes und der Auslegung des Lösungswärmeübertragers im Absorptionsteil. Solche Anlagen können den häufig angefragten Einsatzfall in der Gemüse-, der Milch- oder Getränkeabkühlung für Sorptionskälteanlagen erschließen.

Die Versuchsanlage besitzt eine Kälteleistung von 15 kW. Bei Kühlwassertemperaturen von 26 °C im Eintritt und 31 °C im Austritt sowie Heizmedientemperaturen von 95 °C im Eintritt und 85 °C im Austritt wird der Kälte Träger von 4 °C auf 0 °C abgekühlt.

Projektergebnisse

Mit der Versuchsanlage (siehe Bild 2) wurde die prinzipielle Funktionstüchtigkeit der Resorptionskälteanlage nachgewiesen. Es wurden Kältenutztemperaturen von -2 °C erzeugt.



Bild 2: Wasser-/Lithiumbromid-Resorptions-Versuchsanlage

Daher wurden Verbesserungen und Optimierungen erarbeitet, die innerhalb eines Umbaus der Versuchsanlage umgesetzt wurden. Das Regelungskonzept wurde ebenfalls optimiert, um das Anfahrverhalten der Anlage und die Abstimmung der beiden Lösungskreisläufe zueinander zu verbessern.

Die Arbeiten an der Resorptionskälteanlage werden gegenwärtig weitergeführt.

Optimierung Plattenverdampfer

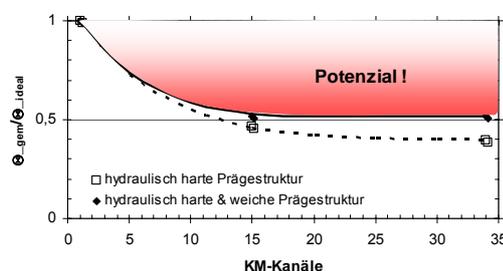
Stand der Technik

Plattenwärmeübertrager sind eine interessante Alternative zu herkömmlichen Wärmeübertragern in der Kältetechnik. Sie können z. B. als Verdampfer, Verflüssiger, Enthitzer, innerer Wärmeübertrager oder als Verdampfer-Verflüssiger-Einheit (z. B. in Kaskadenkälteanlagen) eingesetzt werden. Ein neueres Anwendungsgebiet könnten Absorptionskälteanlagen sein.

Vorteile dieser Wärmeübertragerbauform sind die geringe Füllmenge, das außerordentlich kleine Masse-Leistungsverhältnis und die damit verbundene kompakte, raumsparende und preiswerte Bauweise.

Beabsichtigte technische Entwicklung

Beim Einsatz von Plattenwärmeübertragern als Verdampfer sind jedoch vielfach Unsicherheiten in der Auslegung zu verzeichnen, da teils sehr einfache, schnelle Berechnungsmethoden genutzt werden. So kommt es in der Praxis häufig zur Überdimensionierung, um eventuellen Minderleistungen vorzubeugen. Die Ursache von auftretenden Minderleistungen wird in einer ungleichmäßigen Kältemittelverteilung auf die einzelnen Verdampferkanäle gesehen. Die folgende Abbildung zeigt das Potenzial zur Leistungssteigerung von Plattenverdampfern, wenn es gelingt, die Verdampferkanäle gleichmäßig zu beaufschlagen.



Aktueller Stand der Entwicklung

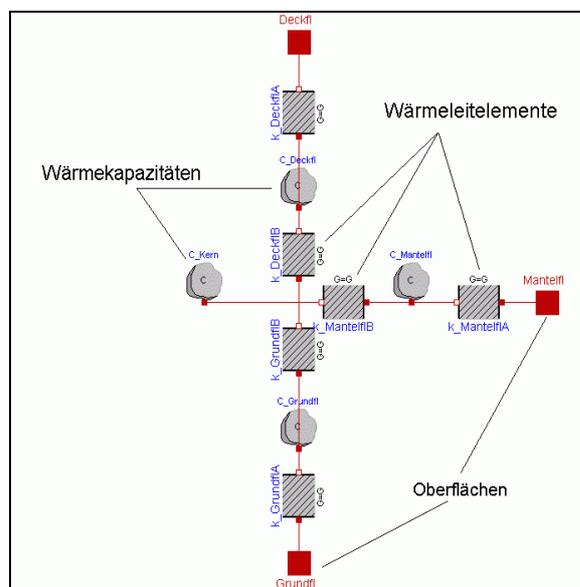
Der Versuchsstand für die Vermessung von Plattenverdampfern wurde erheblich erweitert. Sowohl ein größerer Leistungsbereich ist jetzt messbar als auch Variantenmessungen mit definierten Dampfgehalten zur genaueren Bestimmung des Druckverlustverhaltens.



Umfangreiche Messungen wurden an diesem Versuchsstand durchgeführt, u. a. auch an porösen Füllkörpern, die zur Vergleichmäßigung der Beaufschlagung mit Kältemittel gedacht waren.

verhalten und einer geringeren Kältemittelfüllmenge führten.

Die Entwicklung einer Wärmepumpe für den Heiz- und Kühlbetrieb nach einer neuen Idee des ILK wurde begonnen. Der Markt für diese Wärmepumpen entwickelt sich z. Z. sehr stark.



Struktur eines Simulationsmodells

Bei der Verbesserung der Energieeffizienz von Kühlschränken wird aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge verstärkt von der Industrie auf die Simulation gesetzt. Damit können Parametervariationen einzeln durchgeführt werden, die im Experiment nicht möglich sind.

Durch das ILK wird schrittweise eine Modellbibliothek für die dynamische Simulation derartiger Problemstellungen aufgebaut. Die theoretischen Modelle werden dabei für das dynamische Verhalten speziell entwickelt und mit experimentellen Daten validiert. Die Softwarebausteine werden für Simulationen im Auftrag oder bei unseren Kunden direkt eingesetzt.

Mit den erläuterten Dienstleistungen erwirtschaftete RE konnte im Jahr 2006 auf ca. 250 T€ ausgebaut werden.

Kältetechnische Prüfstände

Die positive Entwicklung des Geschäftsfeldes Kältetechnische Prüfstände konnte auch im Jahr 2006 weitergeführt werden. Im Jahr der Konsolidierung des GF stieg

der Roherlös leicht um 3,6 %. Besonderes Augenmerk wurde 2006 auf die Vertiefung des Alleinstellungsmerkmals des ILK Dresden gelegt, das in der Verknüpfung von Kenntnissen im Prüfanlagenbau mit außerordentlichem Forschungsaufwand für neuartige Prototypanlagen besteht.

Im Jahr 2006 wurde erstmals ein automatischer Verdichter-Leistungsprüfstand für Schraubenverdichter im Leistungsbereich von 80 bis 900 kW neu entwickelt, gebaut, erprobt und an den Verdichterproduzenten Frascold nach Italien geliefert. Mit diesem vierten automatischen Prüfstand wurde die Ausrüstung der Entwicklungsabteilung in dieser Mailänder Firma fortgesetzt.

Folgende bei Auftragsbeginn bestehende offene Fragen waren zu lösen:

- Die Besonderheiten von Schraubenverdichtern waren nicht hinreichend bekannt.
- Neuentwicklung des Ölkreislaufes, damit sich dieser für den geforderten automatischen Versuchsbetrieb eignet.

Weitere Komponenten waren neu zu entwickeln:

- Messungen im Economizerbetrieb
- Leistungsregelung am Schraubenverdichter
- Temperaturmessung in der Motorwicklung



Bild: Verdichterleistungsprüfstand für Schraubenverdichter Frascold 900 kW

Neben der Ausweitung des Leistungsbereiches nach oben (900 kW) konnten auch für kleine Leistungen bis 40 W (Hermetikverdichter) Lösungen gefunden werden,

In der Zerfallsröhre herrscht lediglich ein Absolutdruck von 100 Pa. Um das Sicherheitsrisiko, der in der Kaverne arbeitenden Personen abschätzen zu können, wurden in einer weiteren Studie mit der CFD-Software die Luftgeschwindigkeiten ermittelt, für den Fall, dass das zwei Millimeter dünne Titaniumfenster durch das der Neutrino-Strahl in die Röhre eintritt, bricht.

Neben diesem umfangreichen Projekt wurden viele kleinere Aufgaben untersucht, wie z. B. Kühlung von Silizium-Detektoren, die unter Vakuum arbeiten oder die Untersuchung von verschiedenen Isolierwerkstoffen von Kanälen für kryogene Kältemittelleitungen.

/1/ <http://www.cern.ch/cngs>

3. Klimatechnik

Luftdurchlass mit Microperforation

Für Räume mit großer Kühllast und wenig Platz für große Luftkanäle, z. B. Büros mit mehreren Computerarbeitsplätzen, in denkmalgeschützten Gebäuden, in Verwaltungsgebäude u. a. ist ein großer Bedarf an lufttechnischen Komponenten vorhanden, die mit geringen geometrischen Abmessungen Kühllasten von mindestens 500 W pro Einheit abführen können und zugleich extrem leise sind.

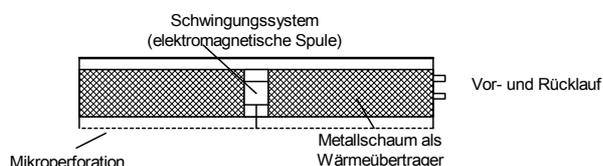
Im Interesse der Behaglichkeit im Raum müssen die Kaltluftstrahlen entsprechend der Nutzung gerichtet werden und zur intensiven Vermischung mit der Raumluft einen hohen Turbulenzgrad aufweisen.

Ziel der Forschungsaufgabe „Luftdurchlass mit Microperforation“ ist es, einen Luftdurchlass so zu entwickeln, dass große Kühllast bei Minimierung der Außenluft-rate, wirtschaftliche Fertigung, geringen Elektroenergieverbrauch, nutzergerechte Regelung und Behaglichkeit im Raum miteinander verbunden werden. Weiterhin soll er einen aktiven Beitrag zur Verbesserung der akustischen Situation im Raum leisten.

Innovationsansatz

Der neue Ansatz besteht darin, dass anstelle der üblichen Materialien neuartige Werkstoffe eingesetzt werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, verschiedenen Komponenten neben den bisherigen Aufgaben neue Funktionen zuzuweisen. Beispielsweise wirkt der Wärmeübertrager aus Metallschaum in einer bestimmten Anordnung zur microperforierten Folie auch als akustischer Absorber.

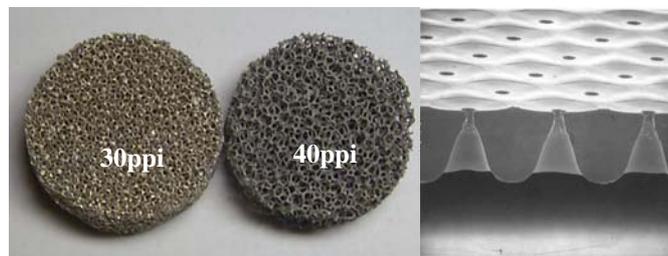
Die Idee eines flächigen Luftdurchlasses mit Mikroperforation ist dem folgenden Bild zu entnehmen.



Akustische Untersuchungen

Neben der Funktion als Wärmeübertrager wird in den Deckenkühler als wesentliche neue Eigenschaft die Beeinflussung der Raumakustik integriert. Zu diesem Zweck wurden an verschiedenen Metallschaumproben in Verbindung mit der microperforierten Folie akustische Untersuchungen zum Schallabsorptionsgrad durchgeführt.

Die Bestimmung des Schallabsorptionsgrades erfolgte mit Hilfe eines Impedanzrohres. Diese Methode hat gegenüber der Hallraummessung den Vorteil, dass nur kleine Probekörper benötigt werden.



Metallschaumprobe 30ppi und 40ppi und microperforierte Folie

Thermische Untersuchungen

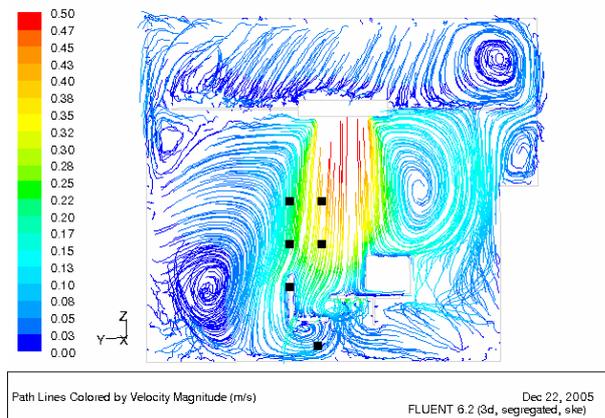
Für den Metallschaum bestehen die wissenschaftlich-technischen Arbeitsziele vor allem in Überlegungen zur Integration der wasserführenden Rohre und der Wahl der optimalen Porengröße bzw. der eingesetzten Masse. Dabei sind auch die mechani-

schen Eigenschaften von Bedeutung, da die Erregung des Metallschaums zur Erhöhung der thermischen Leistung durch die elektromagnetische Spule im Bereich von etwa 20 kHz eingebracht werden soll. Für die experimentellen Untersuchungen lässt sich der Wärmeübertrager in Resonanzschwingungen senkrecht zur Durchströmungsrichtung mit unterschiedlichen Frequenzen und Amplituden versetzen.



Strömungssimulation

Zur Beurteilung der thermischen Behaglichkeit im Aufenthaltsbereich wird vorteilhaft die numerische Strömungssimulation eingesetzt. Es wird das CFD Programm FLUENT 6.1 genutzt.



Zusammenfassung

Für die Entwicklung eines neuartigen Deckenkühlers mit Microperforation wurden strömungstechnische und akustische Untersuchungen sowie umfangreiche thermische Messungen in Kombination mit Simulationsrechnungen durchgeführt.

Die im Impedanzrohr gemessenen Absorptionsgrade belegen, dass mit einer geschickten Anordnung von Metallschaumwärmeübertrager und microperforierter Folie gute Absorptionseigenschaften erreichbar sind.

Die thermischen Untersuchungen zur Erhöhung des Wärmeübergangs durch Vibration konnten nicht die aus Literaturveröffentlichungen bekannten großen Effekte nachvollziehen. Die Ursachen dafür sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht erklärbar. Offensichtlich ist die Übertragung der Parameter der Experimente auf die Metallschaumstruktur nicht ohne weiteres möglich.

Die experimentelle Verifikation der Simulationsergebnisse mit den Messungen im Raumströmungsversuchsstand hat sich als effektive Methode herausgestellt, um verlässliche Randbedingungen zu erhalten. Die Zuverlässigkeit der Berechnungsergebnisse lässt sich damit deutlich erhöhen.

Untersuchungen zum Einsatz offenporiger Metallschäume in Latentspeichern zur Klimatisierung von Räumen

Dieses Projekt ist ein Kooperationsvorhaben zwischen der Webasto AG Stockdorf, der m.pore GmbH Dresden und dem ILK Dresden und wird vom BMWA (PT: PTJ Jülich) gefördert. Der Bearbeitungszeitraum begann im Dezember 2005 und endet gemäß Beantragung im November 2008. Die Ergebnisse sollen Basis für die stationäre und mobile Produktanwendungen „Latentspeicher“ sein.

Zielstellungen

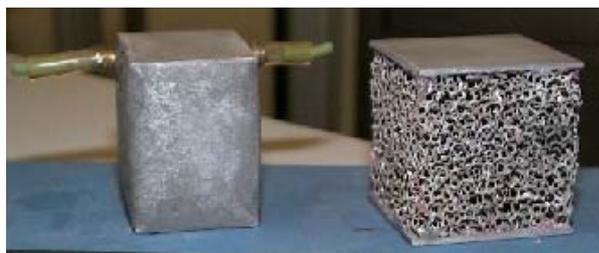
Das wesentliche Ziel in diesem Projekt ist der Einsatz von offenporigem Metallschaum als Trägermaterial in Latentspeichern für die mobile und stationäre Anwendung. Der Metallschaum bietet aufgrund seiner Struktur ein sehr gutes Potential für die signifikante Verbesserung der nutzbaren Wärmeleitung in Verbindung mit den PCM's (Phase Change Materials).

Im Rahmen dieses Kooperationsprojektes soll dieser Sachverhalt anhand von Grundlagenuntersuchungen im Labor, Anwendungsuntersuchungen an zwei Latentspeichersystemen für die mobile und für die stationäre Anwendung und durch technologische Entwicklungen für die Fertigung der Metallschaumkerne (bzw. – wärmeübertrager) umgesetzt und nachgewiesen werden.

Laboruntersuchungen

Für Metallschaumproben werden am ILK Dresden die so genannte nutzbare Wärmeleitung in einem dafür entwickelten und gebauten Versuchsstand gemessen. Im Ergebnis dieser Messungen wird die für den praktischen Einsatz optimale Metallschaumstruktur und Anbindungsart an die Wärmeübertragungsfläche definiert. Die dabei wesentlichen Parameter sind die Porendichte in ppi, die relative Dichte in % und die Stegform der Struktur.

Im Ergebnis dieser Messungen erweist sich die Nutzung einer Metallschaumstruktur mit einer Porendichte von 10 ppi, einer relativen Dichte von 5 – 7% und einer Zylinderstegstruktur als die günstigste Lösung.



Metallschaummessproben, links mit Paraffin gefüllt, rechts mit angeklebten Aluflächen

Die Metallschaumstruktur verbessert signifikant die nutzbare Wärmeleitfähigkeit.

Tabelle 1: Verbesserung der nutzbaren Wärmeleitung mit Metallschaumstruktur

Material	Wärmeleitfähigkeit in W/(m K)		Verbesserungsfaktor
	Ohne MS	Mit MS	
Luft	ca. 0,024	bis zu 5,8	ca. 242
Wasser	ca. 0,57	bis zu 6,9	ca. 12
Eis	ca. 2,20	bis zu 7,4	ca. 3
Paraffin, flüssig	ca. 0,20	bis zu 6,5	ca. 33
Paraffin, fest	ca. 0,20	bis zu 7,0	ca. 35

Weitere Laboruntersuchungen zeigen, dass der offenporige Aluminiumschaum und der Wärme leitende Kleber ausreichend widerstandsfähig in Wasser und Paraffin ist.

Latentspeicher für die mobile Anwendung

Für die Klimatisierung von LKW-Fahrerkabinen ohne laufenden Motor bewähren sich so genannte Graphitspeicher am Markt. Deren Aufbau und Leistungscharakteristik offenbaren Verbesserungspotentiale, die durch die neuen Metallschaum-Latentspeicher genutzt werden können. Das sind:

- eine höhere nutzbare spezifischen Energiedichte,
- eine verbesserte Betriebsdynamik für das Be- und Entladen (geringere Trägheit),
- einfachere Konstruktionen hinsichtlich Material und Geometrie
- keine Potential für Kontaktkorrosionen aufgrund unterschiedlicher Materialien
- preiswerte Herstelltechnologien und geringere Systemkosten

Dazu ist ein erster Prototyp mit einem Metallschaum-Wärmeübertrager entwickelt, gebaut und vermessen worden. Die äußeren Abmessungen und die projektierte Leistung entsprechen dem am Markt verfügbarem Graphit-Latentspeicher.

Die erreichten Messergebnisse bestätigen im vollen Umfange die Erwartungen. Es wird ein signifikant größeres Volumen für den Phasenwechsel Wasser/Eis bei gleichen Außenabmessungen praktisch nutzbar. Die Betriebscharakteristik gestattet z.B. eine um bis zu 25% verlängerte Zeit für das Aufrechterhalten der erforderlichen Raumtemperatur.

Beide Speichertypen (Graphit und Metallschaum) zeigt das nachfolgende Bild.

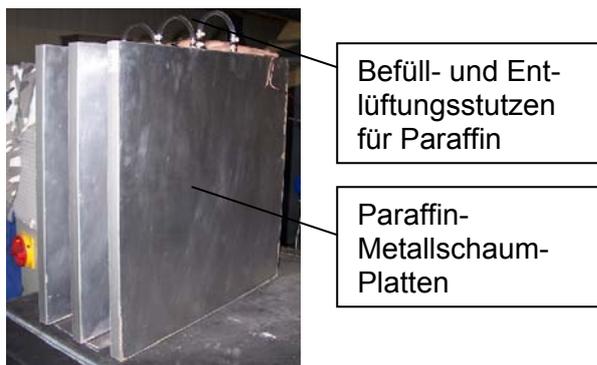


Latentspeicher für die stationäre Anwendung

In einer weiteren Anwendung wird der Metallschaum mit Paraffin in einer mit Aluminiumfolie ummantelten Plattenkonstruktion integriert. Die Herausforderung dieser Konstruktion liegt ist die Umsetzung einer

absoluten Dichtigkeit dieser Konstruktion gegen die Kriechneigung des Paraffins.

Diese Platten sollen als Register in einem Zuluftkanal installiert werden. Die für den Raum zu konditionierende bzw. für das Laden der Platten erforderliche Luft durchströmt mit ausreichender Verweilzeit dieses Register. Dieses System soll auch akustische Ansprüche erfüllen und eine gewisse Schalldämpferfunktion im Kanal erfüllen.



Paraffin-Metallschaum-Platten für ein offenes Latentspeichersystem in Kanälen

Weitergehende Arbeiten

Entsprechend der Projektplanungen konzentrieren sich die weiteren Arbeiten in auf drei Schwerpunkte, die auch in den Verantwortungsbereichen der Projektpartner liegen.

Der Aufbau des Prototyps für die stationäre Anwendung und die experimentellen Arbeiten hinsichtlich der akustischen und thermischen Leistungsfähigkeit ist der aktuell umzusetzende Arbeitsschwerpunkt im Projekt. Parallel dazu werden Alternativen für eine preiswertere Fertigung dieser Plattenmodule erarbeitet (ILK Dresden).

Für die mobile Anwendung werden zwei weitere Prototypen aufgebaut. Diese sollen zum einen die komplette Testprozedur gemäß zukünftiger Produkthanforderungen (Vibration, Leistung) und zum anderen den Praxistest in einem LKW durchlaufen (Webasto AG).

Für die technologischen Abläufe der Herstellung der Metallschaum-Wärmeübertrager werden anhand der praktischen Anforderungen die umzuset-

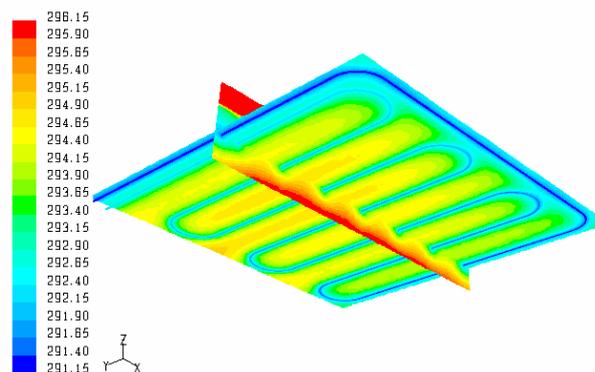
zenden Design- und Qualitätskriterien festgeschrieben (m.pore GmbH).

MSR-Technik zur thermischen Aktivierung von Bauteilen

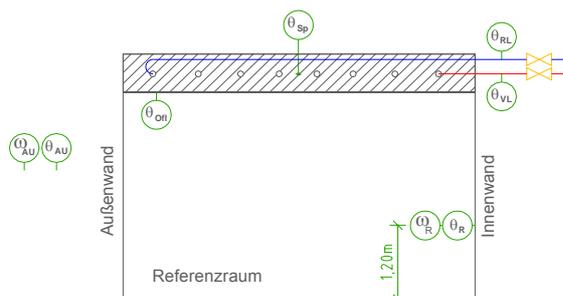
Ziel des Vorhabens war die Entwicklung eines neuartigen Steuerungssystems für Anlagensysteme mit thermischer Bauteilaktivierung. Dieses Steuerungssystem soll unter Beachtung des aktuellen Speicherladezustandes, der wärmephysiologischen Anforderungen und der prognostizierten Witterungsdaten des Folgetages eine maximal mögliche Speichernutzung gewährleisten und unwirtschaftlichem Betriebverhalten vorbeugen. Die zu entwickelnde MSR-Technik besteht dabei aus der erforderlichen Sensorik zur Erfassung aktueller Betriebszustände, aus der Steuerungstechnik zur Berechnung optimierter Stellvorgänge und den Stellorganen zur Realisierung der Stellvorgänge im Betriebsprozess.

Speicherlade- und Grenzwertkontrolle

Zur Entwicklung der Speicherladekontrolle wurden anhand von Strömungssimulationen und Wärmeleitungsrechnungen typische Anwendungsfälle der Thermischen Bauteilaktivierung hinsichtlich ihres Grenzverhaltens unter Extrembedingungen untersucht.



Zur Vermeidung der Kondensation an gekühlten Bauteilflächen in fenstergelüfteten Räumen im Sommer wurde ein Berechnungsalgorithmus abgeleitet, der eine Prognose der künftigen hygrischen Belastung einer Zone unter Berücksichtigung der inneren Feuchtequellen und der Feuchtespeicherung im Bauwerk erlaubt.



Ausgehend von den vorgenannten Untersuchungen wurde das zur Speicherlade- und Grenzwertkontrolle erforderliche Messsystem festgelegt. Es wurden die notwendigen Messstellen aufgezeigt und geeignete Fühler ausgewählt. Die Sensoren wurden hinsichtlich Messbereich und Messgenauigkeit definiert.

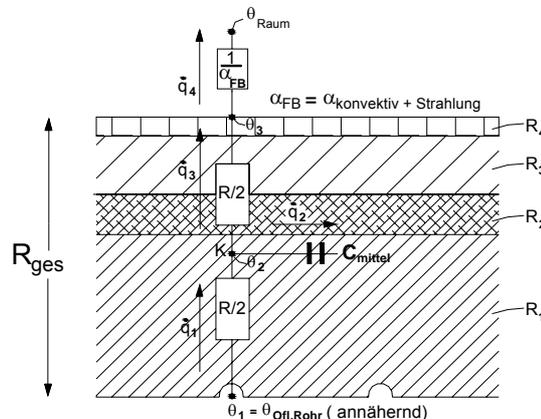
Witterungsprognose

Im Rahmen der Entwicklung der Witterungsprognose wurden verschiedene Prognoseverfahren bezüglich ihrer Eignung im Steuerungsalgorithmus untersucht. Im Ergebnis steht die Erkenntnis, dass mathematische Verfahren und statistische Daten das tatsächliche Witterungsgeschehen am Prognoseort oft nur ungenau abbilden. Es wurde daher festgelegt, für die Prognosebetrachtungen wichtigen Witterungsdaten, von einem kommerziellen Wetterdienst zu beziehen. Die Genauigkeit der Prognose wurde in einer Vielzahl von Testberechnungen geprüft und ist für den erforderlichen Prognosezeitraum von 24 Stunden gut geeignet.

Steuerungssystem

Der Entwicklungsschwerpunkt des Forschungsvorhabens war die Entwicklung des Steuerungssystems zur energieeffizienten Betriebsführung thermisch aktivierter Bauteile. Zur Gebäudelastberechnung wurde dazu ein analytisches Berechnungsverfahren gewählt und für die Nutzung im Steuerungsalgorithmus und zur Verwendung der Witterungsprognose modifiziert. Im gewählten Verfahren wird eine zeitlich veränderliche äußere und innere Wärmebelastung berücksichtigt, die einer stationären Belastung überlagert wird. Das Speicherverhalten der Raumumschließungsstruktur wird durch entsprechende Faktoren, die in Abhängigkeit des Bauteils berechnet werden können, nachgebildet.

Zur Berechnung des dynamischen Betriebsverhaltens des thermisch aktivierten Bauteilsystems wird ein Einkapazitätenmodell genutzt, welches eine Ersatzschaltung aus diskreten RC-Gliedern darstellt.



Der Steuerungsalgorithmus verknüpft die Last- und Leistungsberechnung unter Berücksichtigung der Speicherlade- und Grenzwertkontrolle. Im Ergebnis wird der erforderliche Ladezeitpunkt berechnet und die notwendige und zur Vermeidung von Kondensation minimal zulässige Wassertemperatur ermittelt.

Labor- und Feldversuch

Am Versuchsstand wurden die im Berechnungsalgorithmus verwendeten mathematischen Verfahren zur Gebäudelastberechnung, dynamischen Leistungsberechnung und Grenzwertkontrolle validiert. Es wurde festgestellt, dass das Berechnungsverfahren zum Beispiel in Bezug auf die aufwendige sommer- und winterliche Fallunterscheidung vereinfacht werden kann. Messtechnische Untersuchungen zur Kondensationsproblematik bestätigten zudem die Funktion des Grenzwertkontrollsystems.

Die Entwicklung des Gesamtsystems wurde abschließend im Feldversuch getestet. Dazu wurde die Steuerung einschließlich der erforderlichen Ein- und Ausgabemasken zur übersichtlichen Parametrierung und Einregulierung auf einem PC in Visual Basic programmiert. Als Messobjekt diente ein Raumbereich mit 6 Computerpools mit variablen inneren Personenlasten.

Im Rahmen des Feldversuches wurde die Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit des Steuerungssystems nachgewiesen. Im

Versuchsobjekt war es möglich, die Deckungsrate und den Leistungsanteil der thermischen Bauteilaktivierung stark zu erhöhen und den Luftvolumenstrom der vorhandenen Klimaanlage über einen großen Zeitraum des Jahres auf den hygienisch erforderlichen Luftwechsel zu reduzieren. Die Einsparungen beim Ventilatorbetrieb und zur Luftaufbereitung in der Klimaanlage betragen im Versuchsobjekt ca. 200 Euro pro Jahr. Die Wirtschaftlichkeit des Steuerungssystems wurde somit nachgewiesen.

Im Ergebnis des Projektes steht ein anwendungsreifer Steuerungsalgorithmus der als Programmcode vorliegt. Er ist für alle Anlagensysteme der Thermischen Bauteilaktivierung einsetzbar und für beliebige Gebäude- und Anlagenbedingungen parametrierbar. In Kooperation mit einem Regelungstechnik-Hersteller muss die Entwicklung zur Serienreife überführt werden.

Innovative TGA-Planung am ILK am Beispiel des Walther-Hempel-Baus

Das ILK untersuchte im Rahmen einer Projektentwicklung eine gesamtgebäudebezogene Anlagenstudie. Diese berücksichtigt die objektbezogene Einbeziehung in das zentrale Kälteverbundsystem im Campusbereich der TU Dresden. Die Übertragung der Ingenieurleistungen verdankt das ILK seiner fachlichen Kompetenz und Zuverlässigkeit und bezieht dabei wissenschaftlich-technischen Erfahrungen und Erkenntnisse ein.

Im Vordergrund steht eine nachhaltige Reduzierung der thermischen Energiebedarfswerte. Dazu wird untersucht, wie eine effiziente Anbindung an zu errichtende Energienetze erfolgen kann. Das ILK Dresden greift dabei auf eigene Ergebnisse unterschiedlichster Fachbereiche zurück und verknüpft damit langjähriges Wissenspotenzial mit Grundlagen des integralen Projektentwurfs.

Die Betrachtungen richteten sich an den wechselnden, technologischen Anforderungen der Nutzung aus. Die zur Verfügung stehenden Optimierungspotenziale wurden beschrieben, und vor dem Hinter-

grund steigender Betriebskosten qualitativ bewertet. Gleichzeitig wurde geklärt, ob regenerative Energieträger wirtschaftlicher eingesetzt werden können und welchen Einfluss diese auf die zu betrachtenden Energienetze bewirken.

Die Entwicklungsstudie mit unterschiedlichster und wechselnder technologischer Nutzung im Bereich der universitären Forschungsarbeit konnte anhand der fachübergreifenden Zusammenarbeit derart gestaltet werden, dass zusätzliche kältetechnische System am Gebäude nicht erforderlich sind. Die vorgeschlagene Konzeption hinsichtlich der Anbindung an ein zentrales Kälteenergienetz stellt über ein breites Spektrum die Nutzungsanforderungen dar. Vorschläge zur bauphysikalischen Gestaltung reduzieren die Heizlast und stellen sicher, dass betriebstechnische Systeme mit niedrigem Energiepotenzial eingesetzt werden können. Die Konzentration der wissenschaftlichen Tätigkeit und die daraus gewonnenen ingenieur-technischen Erfahrungen und Ergebnisse werden für künftige Projektentwicklung berücksichtigt.

Das Zusammenführen des fachübergreifenden Wissensspektrums in Verbindung mit den gestalterischen und baukonstruktiven Zusammenhängen stellt eine umfassende Bewertung für derartige Anlagenstudien dar. Es führte zur Vorauswahl der möglichen technischen Systeme, bewertet das Optimierungspotenzial und trägt zum nachhaltigen integralen Entwurf bei. Die dabei resultierende wissenschaftlich-technische Innovation führt zur Senkung von Investitions- und Betriebskosten und bildet die Grundlage der Kostensicherheit beim Auftraggeber.



Innovative TGA-Planung am ILK am Beispiel der Nahkälteversorgung der TU Dresden

Das ILK untersuchte im Rahmen einer Machbarkeitsstudie die Durchführung eines Nahkälte-Versorgungssystems als zentrales Kälteverbundsystem Campusbereich der TU Dresden.

Der Campusbereich Südvorstadt ist flächenmäßig der größte Teil der TU Dresden und schließt fast alle, der insgesamt 14 Fakultäten auf einem lokalen Gebiet ein. Hier stehen eine Vielzahl von Gebäuden und Gebäudekomplexen, welche Lehr- bzw. Büroräume, Hörsäle und Labore der TU Dresden und ihren anliegenden Instituten beinhalten. In diesen Gebäuden wurden in den vergangenen Jahren auf Grund der ständigen Zunahme von Technik und veränderten Nutzungen, mehrere verschiedene Kälteanlagen installiert. Diese reichen von vermehrt auftretenden Kleinkälteanlagen, wie Splitgeräten von 2 kW, bis hin zu Großanlagen von 1 MW Kälteleistung.

Die Verwendung der installierten Anlagen gilt einerseits der Abfuhr thermischer Lasten durch die so genannte „Klimakälte“ und dient dem Schutz der vorhandenen, meist teuren aber auch notwendigen Technik in den PC-Pools oder Laboren. Eine zweite Art des Kältebedarfs stellt sich bei der Bereitstellung technologischer Kälte dar. Dieser Bedarf an Kälte ist gekennzeichnet, dass er auch zu Zeiten anliegt,

an denen keine Klimatisierung von Räumen notwendig ist. Dies tritt bei speziellen Forschungsprojekten auf, wo unter konstanten klimatischen Verhältnissen, das ganze Jahr über experimentiert wird.

Diese Art der zum Teil dezentralen Kälteversorgung der einzelnen Räume oder Gebäude ist in Laufe der Zeit zu einem Problem für die TU Dresden geworden.

Ziel der Studie war es, anhand der wissenschaftlichen Erfahrungen und Erkenntnisse einen konzeptionelle Entwurf mit

- der Untersuchung der kältetechnischen Voraussetzungen und Erweiterungen der vorhandenen zentralen Kälteerzeugungsanlagen
- der Darstellung einer möglichen schrittweisen Herrichtung → technisch sinnvolle und wirtschaftliche Teilbaumaßnahmen sowie
- einen Kostenumriss und Rahmentermin der Maßnahmen

als Kriterien einer angemessenen Durchführbarkeit zu entwickeln.

Das Ergebnis der Studie beschreibt eine umfangreiche Zusammenstellung und Bewertung der Kälteerzeugungsanlagen im Zentralgebiet der TU Dresden. Es wurden fast 100 Kälteerzeuger, die eine Gesamtkälteleistung von 5,4 MW erzeugen können, ermittelt. Davon könnten 25 Kälteerzeuger in einen Verbund integriert werden. Dabei werden diese erst in so genannten Inseln / Pools als Liegenschaftszusammenschluss zusammengeführt, um später nacheinander zum Verbund zusammenzuwachsen.

Als nächster Arbeitsschritt sind Lastmessungen bei den Großverbrauchern durchzuführen, um Aussagen zum Lastverhalten als Grundlage für die Gestaltung der Teilnetze treffen zu können.

Ingenieurleistungen für ILK-Projektgesellschaft mbH

Das ILK erbringt für die ILK-Projektgesellschaft auf dem Gebiet der Entwicklung von Prüfständen und Prototypen umfangreiche Ingenieurleistungen. Die Arbeiten erfordern den Einsatz modernster wissenschaftlicher Erkenntnisse

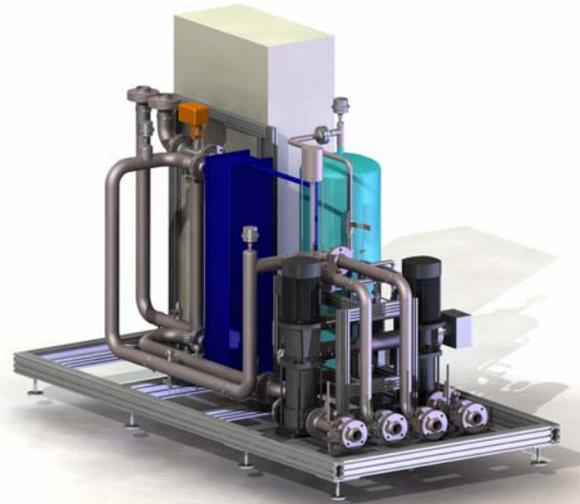
auf technologischem und konstruktivem Gebiet. Partner der ILK-Projektgesellschaft sind innovative Unternehmen, die für neuartige Produkte und Verfahren entsprechende Prüf- und Versuchstechnik benötigen. Damit sind auch immer die Anforderungen der neuen Technologien (z. B. Vakuumbeschichten) beim Endkunden durch das ILK zu berücksichtigen. Diese Erkenntnisse gewinnt das ILK in der Durchführung der öffentlichen Forschungsprojekte.

Im Geschäftsjahr 2006 waren vor allem Entwicklungen für hochgenaue, temperaturkonstante Thermostate großer Leistung gefragt. Im Rahmen dieser Entwicklungsleistungen waren neben den thermischen Fragen vor allem auch werkstoffliche und hydraulische Probleme von Heiz- und Kühlaggregaten zu klären. Aufgrund der besonderen Anwendungstechnologien ist der Einsatz klassischer Wärmeträgermedien nicht möglich. Es mussten neue Lösungen gesucht werden, die sowohl aus korrosiver Sicht als auch vor allem aus Sicht der elektrischen Leitfähigkeit optimale Bedingungen bieten. Dazu wurden in Zusammenarbeit mit den Werkstoffwissenschaftlern des ILK diverse Untersuchungen durchgeführt. Im Ergebnis konnte eine Lösung mit Deionat und Edelstahl empfohlen werden.

Eine möglichst genaue und vor allem konstante Temperatur ist für die Anwendung im Vakuumbeschichten von entscheidender Bedeutung für die Produktqualität. Neben der Entwicklung einer geeigneten Regelungsstrategie mussten daher auch konstruktive Probleme optimiert werden. Dazu zählt einerseits die Vermeidung von Totzeiten durch lange Rohrleitung und andererseits die Erhöhung des Speichervolumens, um ein permanentes Überspringen der Temperatur zu vermeiden. Im Rahmen der experimentellen Erprobung des Prototyps konnte nachgewiesen werden, dass die hohen Anforderungen des Auftraggebers der ILK-Projektgesellschaft umfassend erfüllt wurden.

Zur Effizienzsteigerung der Konstruktions- und Entwicklungsleistungen des ILK wurden umfangreiche Konstruktionshilfsmittel

entwickelt. Diese lassen sich für zukünftige Entwicklungsarbeiten als fertige CAD-Lösungen einbinden und bieten damit den ILK-Mitarbeitern die Möglichkeit, sich noch stärker auf die Lösung der wissenschaftlich-technischen Probleme zu konzentrieren.



CAD-Konstruktion einer Heiz- und Kühlanlage für die ILK-Projektgesellschaft



ILK-Mitarbeiter bei der Erprobung des Prototyps einer Heiz- und Kühlanlage

3. Energie- und Umwelttechnik

Forschungsrichtung Meerwasserentsalzung

Im Jahr 2003 begann das ILK mit dem Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Entwicklung einer dezentralen Meerwasserentsalzungsanlage – MEDESA“. Das Verfahren beruht auf den drei Schritten Verdampfung, Wasserdampfverdichtung und Kondensation. Dadurch wird die Verdampfungsenthalpie komplett zurück ge-

wonnen. Es wird lediglich die Antriebsenergie für den Verdichter benötigt.

Mit diesem Verfahren lässt sich auch bei hohen Salzgehalten des Rohwassers eine sehr gute Qualität des Trinkwassers erreichen.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten MEDESA erfolgen in enger Kooperation mit dem Industriepartner WTE Energiesysteme GmbH aus Sachsen.

Die Arbeiten basieren auf jahrelangen Erfahrungen des ILK mit der Entwicklung von Wasserdampfverdichtern für den Einsatz in der Kältetechnik.

Im Zuge der Entwicklungen wurde ein für die Entsalzungsanlagen angepasster Verdichter entwickelt, wobei der Wirkungsgrad deutlich gesteigert werden konnte.

Hinzu kommt der Vorteil des großen Volumenstroms, so dass sich gegenüber Produkten von Wettbewerbern ein geringeres Temperaturniveau realisieren lässt. Dies verspricht wiederum Vorteile bei Betriebsverhalten und Lebensdauer.

Die zweite wichtige Einzelleistung bestand in der Entwicklung eines neuartigen Plattenwärmeübertragers. Dieser weist gute Wärmeübergangseigenschaften auf und besitzt ein Potenzial zur besonders preisgünstigen Fertigung.

Weitere Alleinstellungsmerkmale der Entsalzungsanlage sind die vollhermetische Bauweise und ein spezieller Regelalgorithmus, mit dem sich der Verdichter jederzeit bei maximalem Wirkungsgrad betreiben lässt.

Die Entwicklung einer dezentralen Meerwasserentsalzungsanlage ist das größte und umfangreichste Forschungsprogramm der vergangenen Jahre am ILK.

Die komplexen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten MEDESA werden im freifinanzierten Auftrag des Kooperationspartners WTE Energiesysteme GmbH und im Rahmen von Förderprojekten durchgeführt. Alle Hauptbereiche des ILK sind daran beteiligt.



Im Rahmen des komplexen Forschungsprogramms MEDESA wurde eine Prototyp-Versuchsanlage realisiert. Mit dieser Prototypanlage wurde 2006 die technologische Machbarkeit demonstriert, die Funktionsanalyse durchgeführt und umfangreiche Betriebserfahrungen gesammelt.

4. Luftreinigungstechnik

Abscheidung von Kühlschmierstoffen

Aufgabenstellung und Ziel des durchgeführten Vorhabens

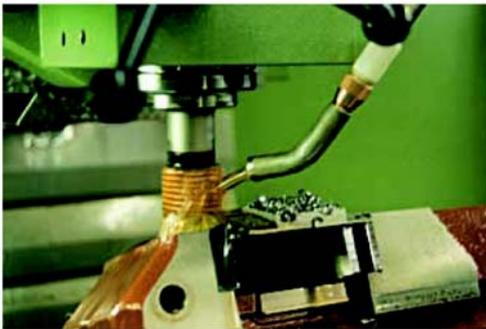
Kuschmierstoffe (KSS) sind kompliziert zusammengesetzte Mehrstoffgemische auf Basis von Kohlenwasserstoffverbindungen. Sie werden in wassermischbare und nichtwassermischbare Kuschmierstoffe unterschieden. Die häufig eingesetzten wassermischbaren Kuschmierstoffe bestehen aus

- mineralischen, synthetischen oder nativen Öl (Schmierölen),
- Wasser (Kühlen),
- Additiven (Korrosionsschutz, Materialverträglichkeit, Schaumhemmer, Alterungsbeständigkeit, biologische Beständigkeit, Hemmung der Vernebelung) und
- Begleitstoffen (unbeabsichtigte Inhaltsstoffe in den Additiven).

Sowohl Primär- als auch Sekundärstoffe verdampfen und vernebeln durch die Wärmefreisetzung beim Spanen, durch Abschleudern von schnelllaufenden Ma-

schinen- und Werkstückteilen und Dispergieren unter Drucklufteinwirkung. Insbesondere Partikel mit einem Durchmesser von $< 0,5 \dots 5,0 \mu\text{m}$ reichern sich aufgrund ihrer geringen Sinkgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich an.

In der klassischen Zerspanungstechnik müssen Tausende von Litern Emulsion je Prozessstunde bereitgestellt werden, um komplizierte- aber auch einfache - Bearbeitungsaufgaben sicherzustellen. Der Anteil der Kühlschmierstoffe an den Fertigungskosten beträgt nach einer Analyse der Automobilindustrie 16,9 %. Kühlschmiermittelaerosole und -dämpfe müssen an der Entstehungsstelle wirksam abgesaugt und entfernt werden, da Kühlschmiermittel, die Öle selbst und die verschiedenen Zusatzstoffe, eine Gesundheitsgefährdung darstellen. Die Abscheidung der KSS stellt z. Z. noch ein technisches Problem dar.



KSS-Einsatz an einer Fräsmaschine

Zielstellung war es, ein mehrstufiges, modular Abscheideverfahren für kühl-schmierstoffhaltige Aerosole und Schadgase mit Luftdurchsätzen unterhalb von $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ zu entwickeln. Die Innovation liegt dabei der Kombination von leistungsfähigen Modulen für

- Prallabscheidung für Aerosolgrößen im Bereich oberhalb von $1,5 \mu\text{m}$
- elektrostatische Abscheidung für Aerosole im Nanometerbereich unter $1 \mu\text{m}$
- Nachabscheidung für die Beseitigung der gasförmigen Schadstoffe.

Wichtig für die Bestimmung der Abscheideleistung und der Schadstoffparameter ist vor allem die Partikel- und Gasmess-technik. Es wurden Untersuchungen mit verschiedener Aerosolmesstechnik durchgeführt. Für Partikelgrößen im Nanome-

terbereich kam das Mobilitätsspektrometer, Model 3936 SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) der Fa. TSI Inc. (St. Paul, USA) bestehend aus Elektroklassierer (Model 3080) mit langem DMA (Differential Mobility Analyser, Model 3081) und Kondensationskernzähler CPC (Model 3010) zum Einsatz.



Versuchsstand mit Aerosoldosierung

Es wurden Untersuchungen zum Druckverlust und Abscheideverhalten von Prallabscheidern, Drahtgestrick- und Lamellenabscheidern, bei unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten durchgeführt. Bei den Prüfungen der Filterelemente zeigte sich, dass eine Abscheidung von feinteiligen Aerosolen unterhalb von $1 \mu\text{m}$ nicht erfolgt. Die schlechtesten Prüfergebnisse wurden mit dem Lamellen-Abscheider erreicht. Weiterhin wurden Drahtgestrick-Packungen verschiedener Dicke und Packungsdichte untersucht. Hier konnte bestätigt werden, dass Aerosole in diesen Strukturen erst oberhalb von $3 \mu\text{m}$ gut abgeschieden werden. Feinste Aerosole können durch Trägheits- und Fliehkräfte nur sehr schwer abgeschieden werden. Dafür werden elektrostatische Filter eingesetzt, die Aerosole unter $1 \mu\text{m}$ abscheiden.

Kooperationsprojekt „Ultrafeine Aerosole“

Im Rahmen des Programms „Förderung der Erhöhung der Innovationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PROINNO II) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit erfolgte die Förderung

des Projektes „Entwicklung einer Abscheideeinheit für ultrafeine Aerosole aus Prozessgasen der Metallbearbeitung mit thermischer Fracht“.

Das Projekt wurde als Kooperationsprojekt der Firma Bristol T&G International GmbH und dem Institut für Luft- und Kältetechnik durchgeführt. Das Teilprojekt des ILK Dresden „Verfahrenstechnische Grundlagen einer Abscheideeinheit für ultrafeine Aerosole“ umfasste schwerpunktmäßig die

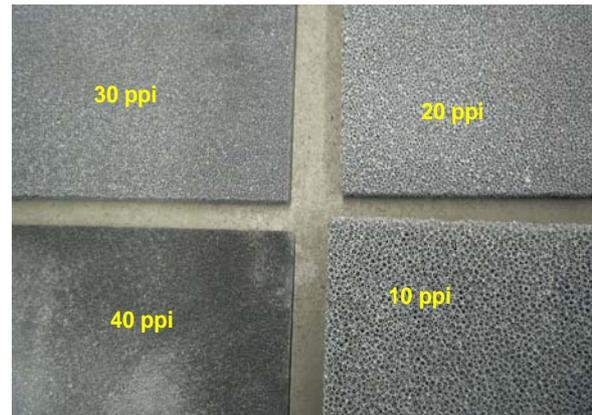
- Grundlagenuntersuchungen zu Agglomeration und Wärmeübertragung
- Konzeption des Gesamtsystems für das Labormuster der Abscheideeinheit für die verfahrenstechnischen Untersuchungen im ILK- Versuchsfeld
- Versuchsstands Aufbau im Versuchsfeld des ILK Dresden
- Durchführung von Laboruntersuchungen, auch an Simultanversuchsständen, sowie Auswertung der Untersuchungen.

Im Besonderen führen höhere Zerspannungstemperaturen und KSS- Kontakt mit anderen heißen Flächen im Bearbeitungszentrum zu stärkerer Ölverdampfung.

Folgende Kühlschmierstoffe wurden zu den Versuchen eingesetzt:

- ECOCUT HFN 10 LE
- UNIFLUID 10
- SINTOGRIND.

Die Agglomeration von Partikeln ist die Folge von zwei physikalisch unabhängigen Vorgängen, nämlich der Kollision von Partikeln (die so genannte Kollisionskinetik) und dem Aneinanderhaften der Partikel. Die Kollision von Partikeln wird maßgeblich durch deren relative Bewegung in der Strömung induziert, die wiederum verschiedene Ursachen haben kann. Bei der kinematischen Agglomeration ergibt sich die Relativbewegung durch die verschiedenen Sinkgeschwindigkeiten unterschiedlich großer Partikel. Die thermische Agglomeration wird bei Feinstpartikeln von Bedeutung und beruht auf der Brownschen Bewegung der Partikel.



Hergestellte Metallschäume in 4 Gradationen

Ein viel versprechender Ansatz besteht in der lokalen Unterkühlung des Gases unter Einsatz von Metallschäumen. Durch die Abkühlung werden Partikel aus der Gasphase gebildet, an die sich wiederum andere Feinstpartikel anlagern können. Diese sich bildenden Topfen können leicht in Vorabscheidestufen aus dem Gasstrom entfernt werden. Zielstellung war es, die verschiedenen Gradationen und Kombinationen der Metallschäume zu testen, um günstige Varianten für die Agglomeration zu entwickeln. Dabei sollte die Veränderung der Gradation innerhalb der Elemente eine Kollision und Abscheidung der Aerosolpartikel ermöglichen.

Bei einem Bezug des Druckverlustes auf die Anströmgeschwindigkeit wurde deutlich, dass auch bei dem Material mit der höchsten Packungsdichte ein noch moderater Druckverlust im Bereich von 200 bis 300 Pa erreichbar ist. Allerdings zeigt der Vergleich auch, dass bei einem Grenzdruckverlust von 400 Pa kaum Spielraum für größere Materialdicken oder Materialkombinationen bleibt. Als günstige Lösung zur Verknüpfung der Eigenschaften von Agglomeration und Trägheitsabscheidung bietet sich eine Verbindung einer feinporigen Metallschaumplatte mit einem nachgeschalteten Drahtgestrick an.

Es konnte gezeigt werden, dass bei einem Einsatz der kombinierten Agglomerations- und Kondensationstechnik eine Reduktion von gasförmigen Stoffen, als auch eine Bildung größerer Partikel erzielt werden kann. Dies führt insgesamt zu einem verbesserten Abscheideverhalten.

Für die Adsorption und einen Abbau von Restozonkonzentrationen wurden neuartige Werkstoffe aus Aktivkohle untersucht. Dabei zeigten sich insbesondere bei Geweben aus Kynol ein sehr gutes Reduktionsvermögen von Ozon, aber nur geringe Standzeiten bei der Abscheidung organischer Stoffe.

Angeleitet aus den Untersuchungen wurde ein Prototyp für die Industrieerprobung entwickelt (nachfolgend abgebildet). Bei der erfolgreichen Erprobung wurden insbesondere auch analytische Erkenntnisse in Bezug auf thermische Zersetzungsprozesse von Silicon- Klebstoffen gewonnen.



Prototyp „SuperDavid“ bei der Industrieerprobung in der Elektronikindustrie

Filteruntersuchungen

Für die Prüfung von Filtern und Abscheiden sind eine Reihe verschiedener Normen und Richtlinien existent, welche die Klassifizierung und die vergleichende Filterprüfung ermöglichen. So sind beispielsweise geregelt:

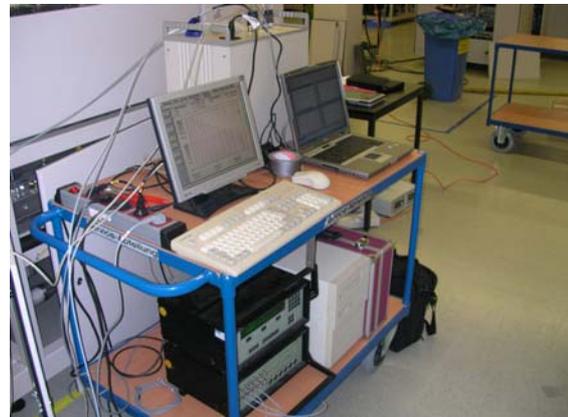
- Prüfung von Filtern für RLT-Anlagen – DIN EN 779, ASHRAE 52.2
- Prüfung von Filtermaterialien für Filternde Abscheider – VDI 3926
- ISO 5011 - Kfz-Verbrennungsluft
- Prüfung von Kfz-Innenraumfiltern - DIN 76460.

Für alle diese Filterprüfungen gibt es genormte Prüfstände, welche im ILK für Untersuchungen zur Verfügung stehen.

Erfahrungen aus der Praxis zu Reingaswerten, zur Anlageverschmutzung und zur Filterstandzeit zeigen allerdings, dass den

unter Versuchsstandsbedingungen erzielten Ergebnissen der Bezug zu den in der Praxis existierenden Luftbedingungen fehlt. Unter Prüfstandsbedingungen werden oft aus Gründen der Zeitersparnis mit deutlich höheren Staubkonzentrationen gearbeitet, als sie für die Praxis relevant sind. Weiterhin wird oft mit synthetisch erzeugten Aerosolen gearbeitet, welche oft eine andere Zusammensetzung und einen anderen Ladungszustand als praxisrelevante Stäube und Aerosole aufweisen.

Für spezielle Anwendungen sind daher Vor-Ort-Versuche notwendig. Das ILK ist auf Grund der verfügbaren mobilen Messtechnik dazu in der Lage.



Vor-Ort-Messaufbau, Partikel- und Tracer-Messung an Lötssystemen

Qualifizierung von RLT-Geräten unter hygienischen Aspekten

Die Beurteilung von Geräten in RLT-Anlagen nach lufthygienischen Aspekten ist mit der VDI 6022 und DIN 1946/4 geregelt. Das ILK Dresden führte auch im Jahr 2006 zahlreiche Inspektionen raumlufttechnischer Anlagen durch und unterstützte die Qualifizierung durch messtechnische Begleitung.



Bewertung der Strömung im Krankenhausbereich am OP-Tisch

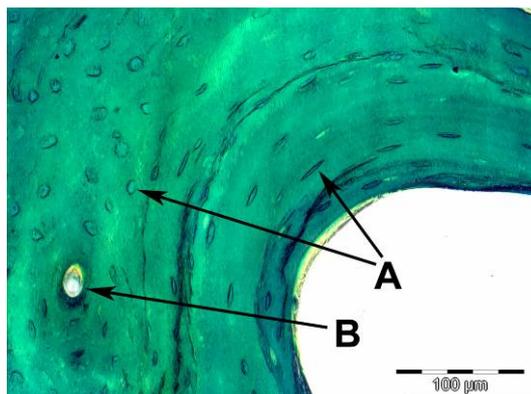
5. Angewandte neue Technologien / Werkstoffe/Messtechnik

Entwicklung von potentiellen Trägermaterialien für das Tissue Engineering

Ziel dieses Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war die Evaluierung und Weiterentwicklung von Trägermaterialien (Gerüstmaterialien) für das Tissue Engineering (TE), um grundsätzlich eine Konservierung von Tissue Engineering Geweben bei tiefen Temperaturen zu ermöglichen. Das Vorhaben hatte eine Laufzeit von 36 Monaten (01/04 – 12/06) und wurde vom BMWA unter dem Kennzeichen 102/04 gefördert.

Aus der Vielzahl von biokompatiblen und bioresorbierbaren potentiellen Trägermaterialien wurden vor allem solche ausgewählt, die sich für die Züchtung von Knochen, Schleimhaut und Haut eignen könnten. Wesentliche Untersuchungspunkte dabei waren:

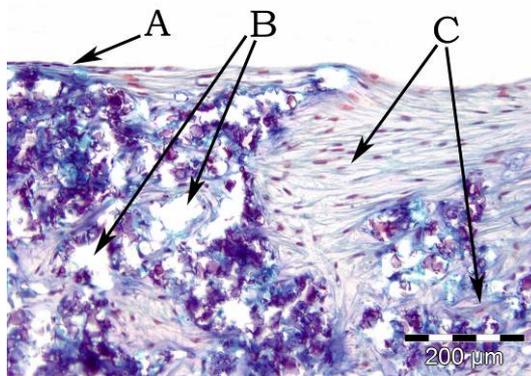
- Ermittlung der Makro- und Mikrostruktur mit Hilfe von Schnittpräparaten in mehreren Ebenen und aus der Histologie bekannten Färbemethoden
- Ermittlung von geometrischen Kenngrößen, wie Mikrostruktur, Porosität und Porengröße



Räumliche Bildkonstruktion (EFI) der Materialstruktur einer bovinen Knochen-spongiosa, Vergrößerung 200, Masson-Goldner-Färbung

A = Canaliculi ossei, B = Havers-Kanal

- Untersuchung des Tränkungsverhaltens sowie der Form- und Lagerstabilität unter Zellkulturbedingungen
- Ermittlung des Verhaltens der Trägermaterialien bei Besiedlung mit humanen Fibroblasten oder Osteoblasten unter fluoreszenzmikroskopischer Verlaufskontrolle und anschließender histologischer Auswertung



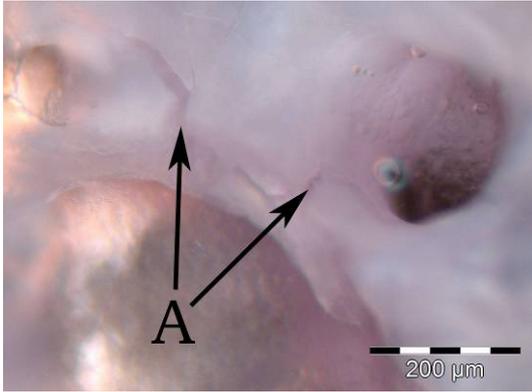
Synthetische Knochenmatrix mit Osteoblastenbesiedlung, histologischer Schnitt, Vergrößerung 100, Masson-Goldner-Färbung

A = Deckschicht aus Osteoblasten

B = Porenräume

C = einwachsende Zellen

- Simulation einer Kryokonservierung unter mikroskopischer Beobachtung im Kühltisch



Xenogenes Knochenersatzmaterial beim Erwärmen nach Kryokonservierung
A = Rissbildung

- Ermittlung des thermischen Verhalten bis zu -150 °C in einem Differenz-Scanning-Kalorimeter

Von mehr als 15 interessanten Medizinprodukten wurden auf Basis von Eingangstests vier Materialien mit potentieller Eignung zur Erzeugung kryokonservierbarer artifizierlicher Haut und Schleimhaut sowie drei Materialien für die Züchtung kryokonservierbaren Knochengewebes für die umfangreichen physikalischen und biologischen Untersuchungen ausgewählt. Vier der sieben untersuchten Materialien erwiesen sich als gut bzw. sehr gut für das Tissue Engineering und die Kryokonservierung der erzeugten Konstrukte geeignet. Lediglich eines der Materialien stellte sich als völlig untauglich heraus.

Durch die Bearbeitung des Vorhabens konnte das ILK sein Know-how auf dem kryobiologischen Gebiet ausbauen. Es wurden Methoden etabliert, welche das ILK als kompetenten Partner für thermophysikalische und zellbiologische Untersuchungen an Biomaterialien und rekonstruktiven Medizinprodukten ausweisen.

Mit den Herstellern der positiv evaluierten Trägermaterialien wurde Kontakt zur Anbahnung weiterführender Arbeiten aufgenommen. Es konnte bereits eine Projektzusammenarbeit mit einer erfolgreich am Markt platzierten Herstellerfirma für Biomedizinprodukte eingeleitet werden.

Durchlauf-Dampferzeuger

In vielen Bereichen der Industrie, des Dienstleistungsgewerbes und in privaten Haushalten wird Wasserdampf unterschiedlichster Temperatur und Feuchtigkeit als umweltverträgliches Lösungs-, Reinigungs- oder Desinfektionsmittel eingesetzt.

Dabei sind die erforderlichen Dampfmenngen oft so gering, dass die Dampferzeugung dezentral in kleinen, elektrisch beheizten Geräten erfolgt. Das Wasser wird in einem Kessel entsprechender Größe erwärmt und verdampft. Der Dampf kann dann am Kesseldom über Ventile geregelt dem Bedarf entsprechend abgezogen werden, bzw. über Leitungen zu den Verbrauchsstellen transportiert werden.

Da die Verdampfung mit einer Druckerhöhung verbunden ist, müssen die erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen getroffen und eingehalten werden, des Weiteren stellt insbesondere mit zunehmender Transportstrecke des Dampfes die unerwünschte Bildung von Kondensat ein Problem dar. Der Kessel bedingt ein relativ großes Bauvolumen oder beschränkt die Entnahmemenge, was besonders bei Handgeräten nachteilig ist. Die gesamte im Kessel befindliche Wassermenge wird erhitzt, unabhängig von der Entnahmemenge.

Durch den Einsatz mikrostrukturierter Dampferzeuger kann die Bereitstellung geringer Dampfmenngen wesentlich effektiver erfolgen.

Entscheidender Qualitätssprung ist die Verdampfung in Durchlauferhitzung. Die Baugruppe Kessel entfällt, es wird nur soviel Wasser zugeführt und erhitzt, wie als Dampf entnommen wird. Der Prozess startet bei Dampfanforderung und endet mit Abschluss der Entnahme. Es muss kein Kesselvolumen hochgeheizt oder auf hoher Bereitschaftstemperatur gehalten werden.

Der Mikro-Durchlauf-Verdampfer (Bild 1) als Herzstück einer solchen Apparatur ermöglicht zum einen den Durchsatz sehr

geringer Wassermasseströme, besitzt zum anderen aufgrund seines günstigen Oberflächen-Massenverhältnisses eine geringe thermische Trägheit. In Verbindung mit einer elektronischen Regelung von Heizleistung und Wasserdurchsatz ist Dampf nahezu auf Knopfdruck abrufbar. Die Miniaturisierung löst so Probleme, die bei einer Durchlaufverdampfung im makroskopischen Maßstab nach wie vor bestehen.

Deutschland nimmt auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik eine führende Position ein. Seit Beginn der neunziger Jahre sind beispielsweise das Institut für Mikroverfahrenstechnik am Forschungszentrum Karlsruhe oder das Institut für Mikrotechnik Mainz mit Entwicklung und Fertigung entsprechender mikrostrukturierter Wärmeübertrager als Zentren dieser Technologie erfolgreich. Das ILK Dresden seinerseits arbeitet daran, derartige Produkte aus den High-tech-Bereichen in breite Anwendungen des täglichen Bedarfs zu überführen, wobei die Dampferzeugung im Durchlaufprinzip einen ersten Schwerpunkt bildet.

Im Rahmen eines Inno-Watt-Projekts wurde ein Prüfstand errichtet, auf dem die Kennlinien derartiger Apparate in Abhängigkeit von Temperaturen und Masseströmen aufgenommen werden können. Diese Kennlinien ermöglichen es potentiellen Anwendern, thermische Mikrostrukturapparate für spezielle Einsatzfälle gezielt zu überprüfen und gegebenenfalls anpassen zu lassen.



Bild 1: Mikrodurchlauferhitzer Typ 960-K-5.2 (IMVT Karlsruhe) für 15 Heizpatronen mit einer max. Gesamtleistung von 3 kW [Bild: Forschungszentrum Karlsruhe]



Bild 2: Prüfstand für Mikrowärmeübertrager

Das ILK Dresden bietet neben den Prüfstandsmessungen Beratungs- und Projektierungsleistungen zur Auslegung von Steuer- und Regelsystemen für Mikrostrukturapparate. Schwerpunkt sind aber Engineeringleistungen für konkrete Anwendungen bei bzw. mit Mikrostrukturwärmeübertrager.

Neue hochporöse Materialien und Systeme für die Energiespeicherung und Wärmetransformation

Im Rahmen des BMBF-Netzwerkprojektes „Neue hochporöse Materialien und Systeme für die Energiespeicherung und Wärmetransformation“ beschäftigten sich Mitarbeiter des ILK Dresden mit der Entwicklung einsatzfertiger Wärmespeichermaterialien auf der Basis von PCM.

Solche Phasenwechselmaterialien (engl.: phase change materials - PCM) besitzen gegenüber der sensiblen Wärmespeicherung den Vorteil einer hohen Speicherdichte. Für die PCM spricht weiterhin, dass die Wärmeaufnahme bzw. -abgabe bei nahezu konstanter Temperatur erfolgt. Daher finden Phasenwechselmaterialien vor allem im Bauwesen, der Haustechnik aber auch in der Bekleidungsindustrie für verschiedene Zwecke der Wärmespeicherung eine zunehmende Verbreitung. Hinderlich für eine umfassendere Nutzung der PCM ist jedoch, dass diese von der Industrie meist in rein stofflicher Form angeboten werden. Der potenzielle Nutzer muss dann in Eigenregie die Integration der PCM in sein System übernehmen und

dabei auftretende Applikationsaufgaben wie die Herstellung einer guten thermischen Ankopplung oder die Sicherung von Materialverträglichkeit und mechanischer Stabilität selbst lösen.

An diesem Punkt setzt die Projektidee des ILK Dresden an: geeignete PCM sollen an poröse, granulare Trägerkörper gebunden und mit einer robusten Hülle umgeben werden. Dem Kunden würde damit ein einsatzfertiges Wärmespeichermaterial zur Verfügung stehen, das durch sein großes Oberflächen-Volumenverhältnis eine gute thermische Ankopplung gestattet, das aufgrund des Trägermaterials auch im geschmolzenen Zustand eine hinreichende mechanische Stabilität aufweist und das durch geeignete Auswahl der Stütz-, Hüll-, und Speichermaterialien eine lange Lebensdauer und Zyklenfestigkeit aufweist. Vorgesehen ist der Einsatz der Materialien in Granulatschüttungen, die direkt vom Wärmeträger durchströmt werden.

In dem Gemeinschaftsprojekt, das in enger Zusammenarbeit mit dem Hermsdorfer Institut für technische Keramik e.V. und der Bauhaus Universität Weimar, Lehrstuhl für Bauchemie, bearbeitet wurde, wurden eine Reihe von Phasenwechselmaterialien auf ihre Eignung bezüglich des Projektzieles hin untersucht. Eine entsprechende Auswahl der PCM wurde über ein Vakuumverfahren in verschiedene Trägergranulate (poröse Bläh- und Sintergläser, Cordierit- und Kompositkeramiken) eingebracht und bezüglich möglicher Wechselwirkungen untersucht. Im Ergebnis dieser Versuche wurde eine Materialpaarung aus Polyethylenglycol (PEG) und Cordieritkeramik für die weiteren Versuche ausgewählt. Das PEG besitzt einen von der Kettenlänge des Moleküls abhängigen Schmelzpunkt und eignet sich bei einer molaren Masse von 3400 mit einem Schmelzpunkt von ca. 57 °C gut für Speicheranwendungen bei der Raumheizung.

Breiten Raum nahm im Rahmen der Projektbearbeitung die Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung der Granulathülle ein. Dieses sollte die breit gefächerten Anforderungen an die Hülle erfüllen (dünn, dicht, elastisch, nicht klebend...) und außerdem kostengünstig sein. Im Ergebnis

der Arbeiten konnte ein Verfahren zum Patent angemeldet werden, bei dem das Phasenwechselmaterial selbst eine Komponente einer Oberflächenreaktion darstellt, die in flüssiger Phase stattfindet. Durch diesen Ansatz wird beispielsweise sichergestellt, dass die Hüllenbildungsreaktion genau so lange abläuft, wie sich noch freies PCM an der Granulatoberfläche befindet. Ist die Hülle dann geschlossen, stoppt die Reaktion selbsttätig.

Mit diesem Verfahren konnten anwendungsfertige Speichermaterialien (poröser Träger, PCM und Hülle) mit einem latenten Speichervermögen von bis zu 88 J/g bzw. 140 J/cm³ hergestellt werden. Letzteres entspricht mehr als dem Dreifachen der volumetrischen sensiblen Speicherkapazität von Wasser über einen Temperaturbereich von 10 K. Erste Analysen zeigten eine ausgezeichnete Zyklenstabilität, ließen allerdings noch Reserven bei der chemischen Stabilität der Hülle gegenüber Wasser erkennen.

Über den Rahmen des Projektes hinaus ist es geplant, das Material weiter zu optimieren und nach Partnern zu suchen, die eine kommerzielle Nutzung des Materials anstreben.



Wärmespeichergranulat:

links unten: unbehandelte Cordierit-Granulalie

oben: mit PEG 3400 imprägnierte Granulalie
rechts unten: beschichtetes Wärmespeichergranulat

Ökoneutrale Inhibierung von LiBr-Arbeitslösungen

Der Vorteil von Absorptionskälteanlagen, die Lithiumbromid als ungiftiges Absorptionsmittel nutzen, wird in der Praxis häufig durch den notwendigen Korrosionsschutz aufgewogen. Die Mehrheit der auf dem Markt verfügbaren Systeme basiert auf der Inhibierung der Arbeitslösung mit Chromaten. Diese unterliegen aufgrund ihrer Einstufung als giftig, krebserregend und umweltgefährlich zunehmend Restriktionen.

Ziel des Projektes war es, eine Inhibierung von LiBr-Arbeitslösungen zu finden, die ökoneutral ist, keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen nach sich zieht und die in ihrer Wirkung gleiche Ergebnisse wie Chromat erbringt.

Ausgangspunkt der Untersuchungen war der Umstand, dass einige Hersteller von LiBr-Arbeitslösungen Lithiummolybdat bzw. -nitrat als Korrosionsinhibitor einsetzen. Hier sind jedoch nur vorinhibierte Arbeitslösungen auf dem Markt, die weder eine erhöhte Anfangs- noch im Bedarfsfall eine Nachinhibierung der Lösung vorsehen.

Die ersten Korrosionsuntersuchungen zur Vorauswahl des Inhibitorsystems wurden als Autoklavenversuche durchgeführt. Es wurde eine Prüftemperatur von 130 °C gewählt, da hiermit nicht nur die Kleinabsorber, sondern auch Double-Effect-Anlagen simuliert werden konnten. Die Prüfung erfolgte mit einer Dauer von 1000 h unter Vakuum.

Für die ersten Untersuchungen wurden folgende Werkstoffe ausgewählt:

- Kupfer (SF-Cu)
- Baustahl St37
- Austenitischer rost- und säurebeständiger Stahl X5CrNi18-10
- Schweißverbindung X5CrNi18-10.

Wie erwartet, zeigte die bisher übliche Chromatinhibierung die beste Wirkung, verbunden mit einer deutlichen Schutzschichtbildung auf den Stählen (Bild 1). Die Molybdat-Inhibierungen schnitten deutlich schlechter ab.

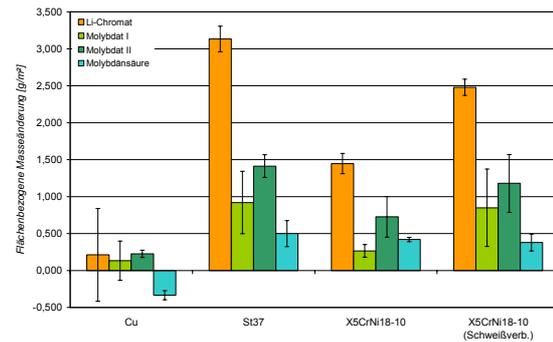


Bild 1

Aufgrund der vergleichsweise guten Wirkung eines speziellen Natriummolybdats wurde dieser Inhibitor für die Maschinenversuche in einer H₂O/LiBr-Absorptionskälteanlage ausgewählt.

Hierzu wurden Metallcoupons aus St37, X5CrNi18-8 sowie Kupfer elektrisch voneinander isoliert auf Glasstäben gelagert und diese Testpakete in einer Halterung aus Plexiglas angebracht. Die Halterung sowie die Proben wurden durch eine Schauglasöffnung im unteren Teil des Resorbers in der Anlage platziert (Abb. 2)

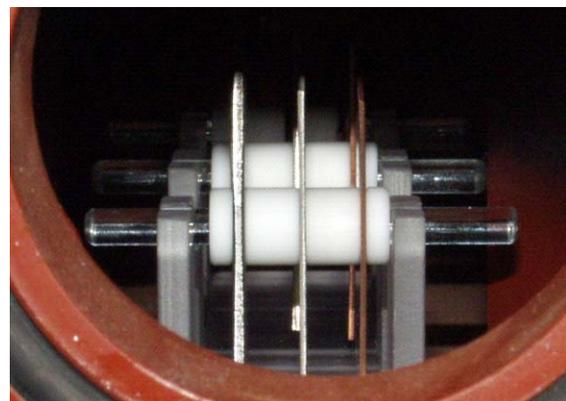


Bild 2

Während die Proben aus Kupfer sowie die aus X5CrNi18-8 optisch keine Veränderungen aufwiesen, war auf der St37-Probe Kupferplattierung zu verzeichnen.

Dies führte zu einer Modifizierung des Inhibitorsystems. Mit dem modifizierten System werden zur Zeit Praxistests durchgeführt.

Wiss.-techn. Dienstleistungen für die Industrie

Das Projekt „Prüftechnikum für die Serienprüfung von Bahnklimageräten“ für einen großen Hersteller für Bahnklimatechnik beinhaltet folgende Arbeiten:

- Gemeinsame Formulierung der Aufgabenstellung für die Lufttechnik der Prüfräume
- Variantenvergleich unter Einbeziehung aktiver Kühltechnik (Abführung der Wärmelasten über Direktverdampfung in den Prüfräumen bzw. über zentralen KWS)
- Spezifizierung der Vorzugsvariante
- Erarbeitung des MSR-Konzepts
- Ausarbeitung eines Ablaufplans für den Aufbau der notwendigen lufttechnischen Ausrüstungen
- Ingenieurmäßige Kontrolle des Aufbaus und Abnahme der installierten Lufttechnik

Das Prüftechnikum wurde Ende 2006 erfolgreich in Betrieb genommen und wird seitdem für die Qualitätssicherung der produzierten Bahnklimageräte eingesetzt.

Bild 1 zeigt einen Ausschnitt aus der installierten Lufttechnik.



Bild 1

Eine dritte interessante Aufgabe war die Evaluierung eines neuentwickelten Molsiebmaterials für die Trocknung in CO₂-Kreisläufen.

Dieses Material wurde in einer Laborapparatur in einem CO₂-Kreislauf, der nach dem Thermosyphonprinzip betrieben wurde, vergleichend getestet.

Außerdem wurde das neuentwickelte Molsieb auch auf dem diesbezüglichen Prüfstand des ILK in einem kompletten R134a-Kreislauf mit POE-Öl vergleichend mit dem bekannten Molsieb 594 untersucht.

Voraussetzung für den Einsatz neuentwickelte Materialien ist deren Kompatibilität mit den Bestandteilen des Kältekreislaufs. Auch diese Untersuchungen erfolgten in den Labors des ILK in Form sogenannter Sealed Tube Tests.



Bild 2

Bild 2 zeigt einen Teil der Thermosyphonanlage.

Im Ergebnis des Untersuchungsprogramms konnte dem Molsiebhersteller die grundsätzliche Einsetzbarkeit im Kältekreislauf bestätigt werden. Für das neuentwickelte Material ließen sich experimentell hervorragende Leistungsparameter nachweisen.

6. TTZ am ILK

Mit dem Aufbau eines Technologietransferzentrums innerhalb des ILK wurde die Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen zu KMU, vorzugsweise im Freistaat Sachsen, weiter verbessert.

Das ILK-TTZ vermittelt Kontakte und organisiert die Zusammenarbeit zwischen dem ILK als Technologiegeber auf der einen Seite und unterschiedlichen Unternehmen, die an neuen Technologien, Verfahren oder Produkten interessiert sind auf der anderen Seite.

Nach der Gründung eines Technologietransferzentrums im Jahr 2002 wurden spezielle, vom Freistaat und der EU geförderte Projekte für den Transfer von innovativen Technologien bearbeitet.

In insgesamt 6 Vorhaben wurden die Ergebnisse abgeschlossener Entwicklungen zu unterschiedlichen KMU transferiert. Bereits 4 Projekte wurden bereits erfolgreich abgeschlossen.

Die gegenwärtig laufenden Projekte:

- Kryomedizinische Gerätetechnik und
 - Photovoltaische Applikationen.
- werden 2007 abgeschlossen.

Mit mehr als 20 klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) aus Sachsen wurden Leistungen im Rahmen von Transferverträgen ausgetauscht.

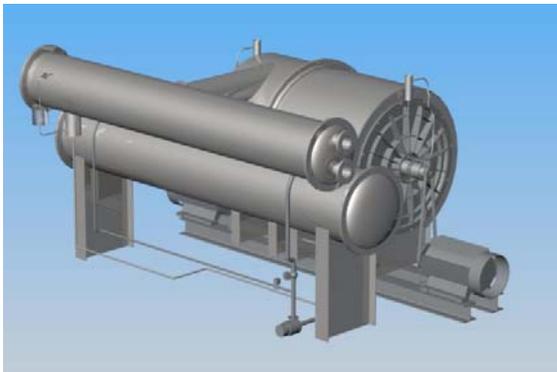


Bild: Konzept Kaltwassersatz R718 3. Generation

Darüber hinaus richten sich die Aktivitäten zu dem Ziel, F/E-Ergebnisse erfolgreicher Forschungsvorhaben vergangener Jahre, wie Wasser als Kältemittel und PV-gestützte Kühleinrichtungen, Herstellern anzubieten.

Dafür wurde im ILK-TTZ das Konzept einer neuen Generation von Turbokaltwassersatzen mit Wasser als Kältemittel erarbeitet und unterschiedlichen Unternehmen zur Nutzung angeboten.

Mit dem Technologietransferzentrum unterstreicht das ILK seine Stellung als industrienahes Forschungsunternehmen.

Ausgewählte Veranstaltungen des ILK für den Wissenstransfer 2006

1. Veranstaltungen / Seminare / Beratungen

- 8. Überwachungsaudit Qualitätsmanagement ISO 9001:2000 23.+24.05.2006
- DKV-Veranstaltungen (9) des BV Sachsen im Zeitraum Januar bis Dezember 2006
- Verbundpartner Forschungsvorhaben Bernoulli-Kühler 08.06.2006
- Beratung „Möglichkeiten der Herstellung, der Vermarktung und des Vertriebes von solar- und abwärmegetriebenen NH₃- Absorptionskälteanlagen“ 23.03.2006
- Vortrag Herr Prof. A. Rubbia, ETH Zürich „Flüssig Argon-Experiment zum Nachweis der Neutrinos“ 29.03.2006
- VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, 49.Veranstaltung Arbeitskreis Umwelttechnik „Feinstaubimmissionen“ 18.05.2006
- Deutsche Gesellschaft für Qualität
97. Regionalveranstaltung 27.09.2006
98. Regionalveranstaltung 18.10.2006
- 18. Sitzung Normungsausschuss Heizungs- und Raumluftechnik 07.11.2006
- Arbeitskreis „Industrielle Forschungs- und Entwicklungszentren der IG Metall 14. / 15.11.2006

2. Messebeteiligung

- Anuga FoodTech, Köln 04. - 07.04.2006
- Hannover Messe, Hannover 24. - 28.04.2006
- IKK, Nürnberg 18. - 20.10.2006

- **3. Einweihung der solarthermischen Klimakälteanlage am ILK 18.07.2006**



ILK Mitarbeiter bei ihrer verantwortungsvollen Tätigkeit

Veröffentlichungen

Fachartikel

Safarik, M.; Richter, L.:

„Solare Kühlung mit Ammoniak /Wasser-Absorptionskälteanlagen“.
DIE KÄLTE & Klimatechnik (2006)1, S. 34-37

Richter, L. u.a.:

„Vorteile und Grenzen gasbetriebener VRF-Multisplitsysteme - Renaissance der Gasmotorwärmepumpe?“.
KI Luft- und Kältetechnik, Heidelberg 42(2006)1/2, S. 38-44

Safarik, M.; Richter, L.:

„Solární chlazení s absorpčními chladicími zařízeními NH₃-H₂O“.
Chlazení a klimatizace, Praha (2006)2, S. 30-33

Safarik, M.; Richter, L.:

„Einsatz von NH₃/H₂O-Absorptionskälteanlagen - Gekoppelte Energieverbundsysteme“.
KKA Kälte Klima Aktuell, Sonderausgabe Großkälte; S. 54-59

Safarik, M.; Richter, L.:

„Entwicklung einer 30 kW H₂O/LiBr-Absorptionskältemaschine für den Einsatz in der solaren Kühlung“.
Viertes Symposium - Solares Kühlen in der Praxis, Veröffentlichungen der Fachhochschule Stuttgart-Hochschule für Technik, Band 74(2006), S. 143-149

Safarik, M.; Richter, L.:

„Solare Kühlung mit Absorptionskältemaschinen im kleinen Leistungsbereich“.
Tagungsband 16. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein 2006, S. 242-247

Heinrich, C.; Bertold, K.:

“A Modelica Library for Simulation of Household Refrigeration Appliances – Features and Experiences”.
Tagungsband zur 5. Int. Modelica Conf., Wien, S. 677 – 684

Heinrich, C.; Wobst, E.:

„Entwicklung von Supermarkt-Kälteanlagen mit reduziertem Energiebedarf“.
DKV-Tagung Dresden 2006, Tagungsband III, S. 27-34

Franzke, U.; Schlott, S.:

„Dezentral und fassadenintegriert – Heizen, Lüften und Kühlen im Berufsschulzentrum Rodewisch“.
KI Luft- und Kältetechnik, Heidelberg 42(2006)5, S. 188-191

Hackeschmidt, K.:

„Forum: Energiespeicherung – latent oder sensibel?“.
KI Luft- und Kältetechnik, Heidelberg 42(2006)7/8, S. 316-319

Mai, R.:

„Berechnung des Energiebedarfes der Kältetechnik für RLT-Anlagen“.
KI Luft- und Kältetechnik, Heidelberg 42(2006)7/8, S. 305-311

Buschmann, M.:

„Forum: Strömungssimulation – Chancen und Grenzen“.
KI Luft- und Kältetechnik, Heidelberg 42(2006)10, S. 444-447

Jakschik, Ch.; Heidenreich, R.:

„Feinstaubabscheidung bei Laserbearbeitungsanlagen“.
WLB Wasser Luft Boden, Mainz (2006)10, S. 49-50

Schenk, J. u.a.:

„Klebeverbindungen in der Kältetechnik“.
DKV-Tagungsbericht, Dresden, 2006

Spörl, G.; Reinsch, H.:

„Investigation of scaffolds for tissue engineering down to 133 K“.
Proc. 9th Cryogenic Conf. Prague, 2006

Vorträge

Safarik, M.; Richter, L.:
„Einsatzmöglichkeiten von Absorptionskälteanlagen auf Schiffen“.

10. Sitzung des Fachausschusses Lüftung-Klima-Kälte, Rostock,
21.03.2006

Safarik, M.; Richter, L.:
„Entwicklung einer 30 kW H₂O/LiBr-Absorptionskältemaschine für den Einsatz in der solaren Kühlung“.

Viertes Symposium - Solares Kühlen in der Praxis, Stuttgart, 03. – 04.04.2006

Safarik, M.; Richter, L.:
„Solare Kühlung mit Absorptionskältemaschinen im kleinen Leistungsbereich“.

16. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Mai 2006

Safarik, M.; Richter, L.:
“Experiences with a 15 kW absorption chiller in solar cooling installations”.

Otti Seminar im Rahmen der Intersolar 2006, Freiburg,
22.06.2006

Wobst, E.:
„Kälteanwendung (Verdichter und Wärmeübertrager)“.

Meisterlehrgang, Reichenbach,
14. – 15.07.2006

Safarik, M.:
„Solare Klimakälteanlage am ILK Dresden - Zielstellung und Besonderheiten“.

Kolloquium zur Einweihung der Solarthermischen Klimakälteanlage am ILK Dresden, 18.07.2006

Heinrich, C.; Bertold, K.:
„A Modelica Library for Simulation of Household Refrigeration Appliances – Features and Experiences“.

5. Int. Modelica Conf., Wien, 03. - 08.09.2006

Safarik, M.:
„Erfahrungen mit Niedertemperatur-Absorptionskältemaschinen in Anlagen der solaren Kühlung“.

Renexpo Augsburg, 2. Fachforum "Sol. Kühlung und Klimatisierung". Augsburg,
28.09.2006

Safarik, M.:
„Thermische Kälteerzeugung mit Absorptionskältemaschinen im kleinen Leistungsbereich“.

Ehrenkolloquium zur Verabschiedung der Professoren Gramlich, Hertwig und Wilke, Köthen, 20.10.2006

Safarik, M.; Richter, L.:
„Neue Entwicklungen in der Absorptionskältetechnik“.

Tagung DKV-Bezirksverein Sachsen, Dresden, 23.10.2006

Heinrich, C.; Wobst, E.:
„Entwicklung von Supermarkt-Kälteanlagen mit reduziertem Energiebedarf“.

DKV-Tagung 2006, Dresden, 22.11.2006

Eisel, Th.:
„Missverteilung bei Trockenverdampfung in Platten-Wärmeübertragern“.

DKV-Tagung 2006, Dresden, 22.11.2006

Wobst, E.:
„Kälteerzeugung und –anwendung“.

TAW, Wuppertal, 27.-28.11.2006

Franzke, U.:
„Entwicklungstendenzen in der Klima- und Lüftungstechnik“.

VDI-Tage der Gebäudetechnik Heizungs- und Raumlufttechnik, Leonberg bei Stuttgart, 31.01.-01.02.2006

Franzke, U.:
„LowEx-Kühlung von Hallen in Gewerbe- und Produktionsbetrieben“.

LowEx – Verbundtreffen, Freiburg,
22.02.2006

Franzke, U.:
“Design and realization of solar assisted air conditioning systems”. New IEA Task on Solar Cooling / Air Conditioning, Milano (Italien), 03.-07.03.2006

- Franzke, U.:
 „Entwicklungstendenzen in der Klima- und Kältetechnik“.
 TGA- Fachgespräch bei der
 Fa. m+w zander Gebäudetechnik. Berlin,
 04.05.2006 und Leipzig, 14.09.2006
- Franzke, U.:
 „Klimatechnik“.
 Vorlesungsreihe an der HTW Dresden,
 März – Juli 2006
- Franzke, U.:
 „Technologieüberblick Solare Kühlung und
 Vorstellung der Auslegungssoftware So-
 IAC“. Einweihung der solarthermischen
 Klimakälteanlage am ILK Dresden, Dres-
 den, 18.07.2006
- Franzke, U.:
 „LowEx Kühlung von Hallen in Gewerbe-
 und Produktionsbetrieben“.
 Symposium zum Verbundvorhaben des
 BMWT, Hamburg, 04.10.2006
- Franzke, U.:
 „IEA Task 38 Expertentreffen“. Installation
 and commissioning guidelines, Bozen (Ita-
 lien), 18.-20.10.2006
- Buschmann, M.; Burandt, B.:
 „New Centrifugal Compressor for Water
 Steam“.
 TURBO EXPO. Barcelona (Spanien), 08.-
 11.05.2006
- Mai, R.:
 „Berechnung des Energiebedarfes der
 Kälteerzeugung für RLT-Anlagen und
 Raumkühlsysteme“. EnEV 2006 für RLT-
 Anlagen, Köln, 29.03.2006
- Mai, R.:
 „Bedarfsbilanzierung von Kälteanlagen für
 die Klimatisierung“.
 DKV-Bezirksverein Sachsen, Dresden,
 24.04.2006
- Seifert, Chr.:
 „Thermisch-Energetische Gebäudesimula-
 tion nach VDI 2067, Blatt 10 und 11“.
 Fachseminar für Architekten und TGA-
 Ingenieure, Berlin, 07.11.2006; Dortmund,
 08.11.2006; Frankfurt, 09.11.2006; Stutt-
 gart, 14.11.2006; München, 15.11.2006
- Heidenreich, R.:
 „Abscheidung von Feinstpartikeln“. RKW
 Sachsen Arbeitskreis Umweltmanage-
 ment, 28.03.2006;
 TAW Seminar: Auslegung von Staubab-
 scheidern, 29. - 30.03.2006
- Heidenreich, R.; Bell, H.;
 Felgner, J.:
 „Lötrauch- Abscheideverfahren für Reflow-
 lötanlagen“.
 3. DVS/GMM-Tagung, Fellbach, 08.-09.
 02. 2006
- Heidenreich, R.:
 „Prüfung von Druckluftfiltern nach Norm
 und in der Praxis“.
 8. Symposium „Textile Filter“, Chemnitz,
 08.03.2006
- Jakschik, C.; Frenzel, P.; Heidenreich, R.:
 „Verbesserung der filternden Abscheidung
 von Feinststäuben durch Injektorsedimen-
 tation“.
 8. Symposium „Textile Filter“, Chemnitz,
 08.03.2006
- Heidenreich, R.:
 „Brennstoffe aus Pflanzen - emissionsar-
 me Nutzung“. Posterbeitrag auf dem Ge-
 meinschaftsstand „Forschung für die Zu-
 kunft“, Hannovermesse, 24.-28.04.2006
- Birndt, R.:
 Seminare „Sachgerechtes Evakuieren und
 Trocknen von Kälteanlagen“.
 Maintal, 04.04.2006
 Wien, 09.05.2006
 Maintal, 30.05.2006
 Ingelheim, 05.07.2006
 Maintal, 24.10.2006
- Birndt, R.:
 Seminare „Lecksuche und Dichtheitsprü-
 fung in der Kältetechnik – Sachkundequa-
 lifikation“.
 Maintal, 05./06.04.2006
 Wien, 10./11. 05.2006
 Maintal, 31.05./01.06.2006
 Ingelheim, 06.07.2006
 Maintal, 25./26.10.2006
 Leipzig, 05./06.12.2006

Birndt, R.; Giebe, M.:
„Qualifizierte Lecksuche und verlässlicher Einsatz geprüfter Lecksuchtechnik“.
5. KK-Fachtagung, Bingen, 03.03.2006

Spörl, G.; Klingner, E.; Lauer, G.:
„Cryopreservation of cells adherent to culture dishes and scaffolds“.
Cryo 2006, Hamburg, 24.-27.07.2006

Spörl, G.; Reinsch, H.:
„Investigation of scaffolds for tissue engineering down to 133 K“.
9th Cryogenic Conf. Prague, 17.-21.07.2006

Spörl, G.:
„Kryo-/medizintechnik und -biologie im ILK Dresden“.
Präsentation ausgewählter Arbeiten, St. Ingbert, 22.08.2006

Schenk, J. u.a.:
„Klebeverbindungen in der Kältetechnik“.
DKV-Tagung 2006, Dresden

Schenk, J.:
„Nanoteilchenmodifizierte Elastomere für CO₂-Kälteanlagen“.
Forschungsrat Kältetechnik, Frankfurt, 08.03.2006

Albring, P.:
„Kühlen mit Erdgas“.
Fachtagung Erdgasanwendung, Grimma, 23.06.2006

Ausgewählte Fachberichte

Kälte- und Tieftemperaturtechnik

Böhm, M.
Linearantriebe für Druckwellenerzeuger -
Zwischenbericht 2005
ILK-B-2/06-478

Kaiser, G.; Binneberg, A.
Zwischenbericht zum Vorhaben „Mikromechanischer Bernoulli /Joule-Thomson-Kühler“
ILK-B-2/06-482

Schumann, B.; Richter, S.; Fleischer, K.-H.:
Abschätzungen und experimentelle Bewertung des thermischen Verhaltens vakuumisolierter Kryobehälter mit Zusatzkühlung für den Transport sensibler biologischer Präparate
ILK-B-2/06-481

Böhm, M.:
Entwicklung von Linearschwingantrieben für Druckwellenerzeuger in Kaltgasprozessen – Abschlussbericht
ILK-B-2/06-496

Eisel, Th.:
Zwischenbericht des Projektes „Optimierung von Plattenverdampfern“
ILK-B-2/06-491

Tzscheutschler, A.; Bratanitsch, K.:
Baureihe modularer CO₂-Kältegeräte -
Zwischenbericht 2005
ILK-B-2/06-488

Paatzsch, R.:
Entwicklung einer innovativen Rückkühlerbaureihe mit Lamellenrohrwärmeübertragern und temporärer Wasserbenetzung sowie Luftvorkühlung auch für den Leistungsbereich unter 150 kW
ILK-B-2/06-489

Binneberg, A.:
Zwischenbericht - Überführung eines kryochirurgischen Gerätesystems in die Serienfertigung
ILK-B-2/06-508

Schumann, B.; Richter, S.:
Erste Tests zum Kryoapplikator CRYOALFA
ILK-B-2/06-500

Heinrich, C.:
Abschlussbericht: Gesamtenergetische Optimierung Haushaltskältegeräte
ILK-B-2/06-509

Vollmer, D.:
ASERCOM Evaluation Program for Compressor Performance Data - Revision 2.1
ILK-B-2/06-499

Noack, R.:
Thermodynamische und anlagenseitige
Bewertung einer Luft-Wasser Wärmepumpe
ILK-B-2/06-528

Schumann, B.:
Untersuchung von Isolier- und Barriere-
werkstoffen auf Wärmeleitfähigkeit im
Temperaturbereich von 80K -300K - Tests
an ausgewählten Schaumstoffen
ILK-B-2/06-513

Binneberg, A.:
Messung der Wärmeausdehnungskoeffi-
zienten von Festkörpern im Temperaturbe-
reich von 80 K bis 300 K
ILK-B-2/06-515

Böhm M.; Hempel, O.:
Fehlersuche an einer Luft-Wasser-
Wärmepumpe – druckwächter-gestützte
Abschaltung nach Abtauphase
ILK-B-2/06-512

Schumann, B.:
Darstellung der Messergebnisse zur Tem-
peraturabhängigkeit der spezifischen
Wärmekapazität von Isolierschäumen im
Temperaturbereich von 80K bis 300K
ILK-B-2/06-514/1

Richter, L.; Safarik, M.:
Entwicklung eines Absorptionsaggregates
kleiner 5 kW Kälteleistung (AKA 5) - Zwi-
schenbericht 2005
ILK-B-2/06-490

Richter, L.; Safarik, M.:
Entwicklung eines Absorptionsaggregates
kleiner 5 kW Kälteleistung (AKA 5) - Zwi-
schenbericht 2006
ILK-B-2/06-533

Paatzsch, R.:
Trocknung mit überhitztem Dampf
ILK-B-2/06-471

Binneberg, A.; Kaiser, G.:
4. Zwischenbericht zum Vorhaben „Mikro-
mechanischer Bernoulli /Joule-Thomson-
Kühler“
ILK-B-2/06-531

Richter, L.; Eisel, Th.:
Zwischenbericht zur Integration von
Kleinstwärmepumpen in Trinkwasserzirku-
lationssystemen
ILK-B-2/06-526

Paatzsch, R.; Meister, R.:
Abschlussbericht: Feldtest Vermessung
Gasklimagerät Lauchhammer
ILK-B-2/06-536

Binneberg, A.:
Konzeption des AKER-Versuchsstandes
zur Erprobung der Funktionsweise und
Montierbarkeit der Verbundpaneele zur
thermischen Isolation von LNG-
Tanksystemen
ILK-B-2/06-539

Binneberg, A.:
Studie zum prinzipiellen Aufbau einer kry-
ogenen Zentrifugalpumpe für flüssiges
Argon mit sehr hoher Reinheit und hoher
wartungsfreier Lebensdauer
ILK-B-2/06-548

Vollmer, D.:
CO2KreisPlus, Version 1.1 - Programm-
beschreibung
ILK-B-2/06-552

Peusch, A.:
Untersuchung des Betriebsverhaltens ei-
ner R410A-Wärmepumpe 10kW (mit Käl-
temittelsammler / Filtertrockner)
ILK-B-2/06-544

Schumann, B.; Binneberg, A.:
Konzept einer Messapparatur zur Permea-
tionsmessung bei tiefen Temperaturen,
Erstellung der Konstruktionsunterlagen
ILK-B-2/06-541

Noack, R.; Hempel, O.:
Bauteil- und Kreislaufbewertung einer re-
versiblen Luft-Wasser-Wärmepumpe
ILK-B-2/06-570

Kaiser, G.:
5. Zwischenbericht zum Vorhaben „Mikro-
mechanischer Bernoulli /Joule-Thomson-
Kühler“
ILK-B-2/06-558

Röllig, P.:
Konstruktive und verfahrenstechnische
Optimierung innovativer Ölabscheider für
Kältetechnik; Messverfahren und Ver-
suchseinrichtung zur Bestimmung des
Abscheidegrades neuartiger Ölabscheider
ILK-B-2/06-571

Böhm, M.; Sussek, W.:
Literaturbericht zu Regeleinrichtungen für
den Kälteverbund in SB-Märkten
ILK-B-2/06-572

Klima- und Energietechnik

Heidenreich, R.; Birnbaum, Th.:
Ausrüstung einer Strohfeuerungsanlage
mit einem Filterprototyp zur Staubabschei-
dung
ILK-B-33-05-1313

Heidenreich, R.:
Konzentrationsmessungen in der Trock-
nerabluft einer Gipsbindenfertigung
ILK-B-33/06-1317

Gebauer, F.; Krause, R.:
Entwicklung eines schwingungs-erregten
Luftkühlers aus Metallschaum
ILK-B-31/06-3207

Mann, R.; Krause, R.:
Kalibrierung eines neuen Strömungssen-
sors für die Klimatechnik
ILK-B-31/06-3210

Franzke, U.; Friebe, Chr.:
Solarthermie2000plus: Messprogramm
solare Klimatisierung Berufsschule Rode-
wisch
ILK-B-31/06-3205

Franzke U.:
Begutachtung der Sorptionsregeneratoren
im MELH
ILK-B-31/06-3203

Buschmann, M.:
Ein neuartiges Prinzip zur Volumenstrom-
messung in Rohren mit turbulenter Strö-
mung
ILK-B-31/06-3223

Franzke, U.; Seifert, Chr.:
LowEx-Kühlung von Hallen in Gewerbe-
und Produktionsbetrieben
ILK-B-31/06-3206

Killig, M.; Mai, R.:
Untersuchungen zur optimierten Nutzung
der WRG an der Sächsischen Staatsoper
Dresden
ILK-B-31/06-3218

Artes, S.; Krause, R.:
Untersuchungen zur Entwicklung eines
speziellen Deckenkühlers
ILK-B-31/06-3216

Hackeschmidt, K.:
Zwischenbericht Hochleistungs-
Wärmeübertrager für die dezentrale Klima-
tisierung mit Kaltluft
ILK-B-31/06-3211

Krause, R.:
Zwischenbericht - Ventilator mit fein struk-
turierten Schaufelrädern
ILK-B-31/06-3201

Krause, R.:
Zwischenbericht - Luftdurchlass mit Mikro-
perforation
ILK-B-31/06-3208

Hackeschmidt, K.:
Zwischenbericht motorisierte Verdichter-
Turbinen-Einheit für die dezentrale Ge-
bäudeklimatisierung
ILK-B-31/06-3212

Mai, R.:
Zwischenbericht MSR-Technik für die
thermische Aktivierung von Bauteilen
ILK-B-31/06-3214

Heidenreich, R.; Lange, B.; Ulbrich, G.:
Messvorrichtung für den Gasdurchfluss bei
Abscheidvorrichtungen an Konvektions-
lötssystemen
ILK-B-33/06-1294

Krause, R.:
Bestimmung der Luftschalldämmung / Ein-
fügungsdämpfung von Überströmelemen-
ten
ILK-B-31/06-323

Franzke, U.; Ziller, F.:
Akustik und Volumenstrommessung im
"Europasaal" (PLH Sitzungssaal 4/900) im
Deutschen Bundestag
ILK-B-31/05-3141

Ziller, F.:
Lufttechnische Untersuchungen im
Reichstagsgebäude Fraktionsbereich DIE
LINKE
ILK-B-31/06-3231

Seifert, C.:
Berechnung der Kühllast des "Europasaa-
les" im Paul-Löbe-Haus des Deutschen
Bundestages
ILK-B-31/06-3225

Hackeschmidt, K.; Ehle, A.:
Beratungsleistungen zu klimatechnischen
Fragestellungen des Transrapid
ILK-B-31/06-3232

Buschmann, M.:
Begutachtung der Freien Lüftung in der
Walzhalle der Ilsenburger Grobblech
GmbH
ILK-B-31/06-3221

Hackeschmidt, K.; Ehle, A.:
Strömungssimulation für Kühlfahrzeuge -
Sensitivitätsanalyse 1 für die Varianten
V1, V5, V6 und V7
ILK-B-31/06-3226

Krause, R.:
Strömungstechnische Optimierung der
Abluftöffnungen im EU-Saal im Paul-Löbe-
Haus
ILK-B-31/06-3220

Buschmann, M.:
Strömungstechnische Optimierung einer
Temperanlage
ILK-B-31/06-3224

Ziller, F.:
Messung des Abluftanteils in der Zuluft
einer Lüftungsanlage mittels Spurengas-
messtechnik
ILK-B-31/06-3222

Krause, R.; Friebe, Chr.:
Schallleistungsmessungen an einem Wär-
mepumpengerät
ILK-B-31/06-3240

Heidenreich, R.:
Messverfahren für Maschinenströmung
ILK-B-33/06-1311

Hackeschmidt, K.; Ehle, A.:
Simulationsberechnung für einen Bereich
eines Lidl-Kühlhauskomplexes
ILK-B-31/06-3242

Friebe, C.; Seifert, C.:
Entwicklung von Lösungskonzepten zur
Integration von Luftkollektoren in RLT-
Anlagen
ILK-B-31/06-3219

Frenzel, W.-P.:
Innovative Vliesstoffe - Zwischenbericht
ILK-B-33/06-1338

Neuhaus, T.:
Lösemittelbilanz einer Lackieranlage
ILK-B-33/06-1259

Kurtze, S.:
Reinraummessungen im Institut für Le-
bensmittelchemie und Arzneimittelprüfung
Mainz
ILK-B-33-06-1318

Heidenreich, R.:
Bewertung der Luftqualität in Produktions-
räumen
ILK-B-33/06-1336

Krause, R.; Friebe, Chr.:
Akustik Bundeskanzleramt
ILK-B-31/06-3246

Hackeschmidt, K.:
Schallmessungen an einem Frischluftkli-
magerät
ILK-B-31/06-3248

Krause, R.:
Schallleistungsmessungen an Induktions-
kühlbalken
ILK-B-31/06-3243

Maresch, O.; Mai, R.:
Konzeptionelles Energiemanagement für
die RLT- Anlagen in der Semperoper
Dresden
ILK-B-31/06-3247

Kuhnert; Friebe; Seifert:
Energiebedarfsermittlung von Hallenbauten
ILK-B-31/06-3244

Buschmann, M.:
Strömungseffekte
ILK-B-31/06-3241

Ehle, A.; Buschmann, M.:
Strömung innerhalb eines Wärmeübertragers mit strukturierten Wänden
ILK-B-31/06-3250

Krause, R.; Franzke, U.:
Akustische Messungen im Tonstudio im MELH
ILK-B-31/06-3251

Birnbaum, Th.; Mai, R.:
Begutachtung Serverraumkühlung KW Leipzig
ILK-B-33/06-1340

Kurtze, S.:
Hygieneuntersuchungen in der RLT-Anlage der Apotheke des Städtischen Klinikums Görlitz
ILK-B-33/06-1348

Neuhaus, T.; Birnbaum, Th.; Heidenreich, R.:
Messungen an einem Kühlschmierstoff-Abscheider
ILK-B-33/06-1337

Wagner, S.:
Realitätsnahe Prüfmethode von Zytostatika- und Sicherheitswerkbänken
ILK-B-33/06-1322

Heidenreich, R., Wagner, S.; Kurtze, S.:
Abscheidung von kühlenschmierhaltigen Aerosolen und Schadgasen - Zwischenbericht 2006
ILK-B-33/06-1323

Neuhaus, T.:
Prüfung der Abscheideleistung von Druckluftfilterelementen bezüglich Ölaerosol nach ISO/DIS 12500-1
ILK-B-33/06-1325

Frenzel, W.-P.:
Bestimmung des Druckverhaltens, der Abscheideleistung und der Staubspeicherefähigkeit von drei Filtertypen an einem Prüfstand nach DIN EN 779
ILK-B-33/06-1326

Heidenreich, R.:
Machbarkeitsstudie Strohheizkessel
ILK-B-33-06-1341

Frenzel, W.-P. u. a.:
Technologietransfer zur Herstellung von Injektor-Staubabscheidungs-Einheiten (ISE)
ILK-B-33-06-1362

Heidenreich, R.:
Messungen der Schwefeldioxid-Konzentration an einer Braunkohlenstaubfeuerung in der Brennelei Dettmannsdorf
ILK-B-33-06-1375

Frenzel, W.-P.:
Innovative Vlieswirkstoffverbunde für die Luftreinhaltung in Industrie, in Fahrzeugen und im Haushalt
ILK-B-33-06-1383

Buschmann, M.; Seifert, Chr.:
Windfeld im Bereich der Grube Teutschenthal
ILK-B-31/06-3255

Jesudason, P.; Hackeschmidt, K.:
Investigations Using Open-Porous Metal Foams
ILK-B-31/06-3254

Friebe, Chr.; Lange, B.:
Solarthermie2000plus: Messprogramm Solare Klimatisierung Berufsschule Rode-wisch
ILK-B-31/06-3257

Buschmann, M.; Franzke, U.:
LowEx-Kühlung von Hallen in Gewerbe- und Produktionsbetrieben
ILK-B-31/06-3256

Hackeschmidt, K.; Honke, M.:
Zwischenbericht: Untersuchungen zum
Einsatz offenporiger Metallschäume in
Latentspeichern zur Klimatisierung von
Räumen
ILK-B-31/06-3260

Schumann, B.; Krause R.:
Schalltechnische und wärmetechnische
Untersuchungen von Tubuswaben-
Sandwich-Proben
ILK-B-31/06-3258

Lorenz, D.; Ziller, F.:
Volumenstrombestimmung in Lüftungska-
nälen unter Anwendung der Tracergas-
methode
ILK-B-31/06-3267

Ziller, F.; Hackeschmidt, K.:
Strömungstechnische Untersuchungen in
der Bibliothek des Deutschen Bundesta-
ges
ILK-B-31/06-3270

Friebe, Chr.; Ehle, A.; Buschmann, M.:
Strömungssimulationen von Luftzuführun-
gen im adiabaten Kühlgerät der Fa. HO-
VAL
ILK-B-31/06-3272

Hackeschmidt, K.; Ehle, A.:
Strömungssimulationen für den Hörsaal 13
ILK-B-31/06-3271

Ziller, F.:
Messung und Bewertung des Leckluftvo-
lumenstromes eines Zuluft führenden
Druckbodens
ILK-B-31/06-3277

Ziller, F.:
Kalibrierung einer Volumenstrommessein-
richtung
ILK-B-31/06-3285

Ehle, A.; Buschmann, M.:
Strömungssimulation für eine Lagerhalle
der Grube Teutschenthal
ILK-B-31/06-3286

Strohscheidt, H; Ziller, F.:
Konzeption für ein neuartiges Volumen-
strommessgerät
ILK-B-31/06-3282

Ziller, F.:
Berechnung der Temperaturen an einem
Heizerflansch einer Vakuumprozessanla-
ge
ILK-B-31/06-3278

Ehle, A.; Buschmann, M.:
Strömungssimulationen zur Be- und Ent-
lüftung von Arbeitsplätzen im Bereich der
Herstellung von Lacken und Farben
ILK-B-31/06-3279

Ziller, F.; Honke, M.:
Messung und Bewertung der Funktion der
RLT Anlage in der Gepäcksortierung am
Flughafen Dresden
ILK-B-31/06-3299

Hackeschmidt, K.; Ehle, A.:
Simulationen für das Klimasystem des
Transrapid München
ILK-B 31/06-3295

Friebe, Chr.; Knabe, M.:
Luftprobenentnahme und Analyse Besu-
chertribüne Deutscher Bundestag
ILK-B-31/06-3291

Hackeschmidt, K.; Ehle, A.:
Strömungssimulationen für den Hörsaal 13
für die überarbeitete Luftführung
ILK-B-31/06-3287

Ziller, F.:
Messung des Volumenstroms und der
Lüftungseffektivität der RLT- Anlage Aus-
stellungsbereich des MELH
ILK-B-31/06-3253

Ehle, A.; Buschmann, M.:
Strömungssimulationen für den großen
Saal des Kulturpalastes Dresden
ILK-B-31/06-3296

Ziller, F.:
Messung der Zustandsparameter der Kli-
manlage im Sitzungssaal 2/400 des Paul-
Löbe-Hauses
ILK-B-31/06-3289

Seifert, Chr.:
Untersuchungen zur Häufigkeit der som-
merlichen Raumlufttemperaturen im MELH
ILK-B-31/06-3294

Krause, R.; Honke, M.:
Gutachten zur Ermittlung der Geräusch-
quellen der mechanischen Entrauchungs-
anlage am Flughafen Dresden
ILK-B-31/06-3283

Ziller, F.:
Volumenstrom- und Akustikmessung im
Europasaal nach Umbauten am Luftkanal-
system
ILK-B-31/06-3268

Ziller, F.:
2. Strömungstechnische Untersuchung in
der Bibliothek des Deutschen Bundesta-
ges
ILK-B-31/06-3280

Ehle, A.; Buschmann, M.:
Strömungssimulationen von Luftzuführun-
gen im adiabaten Kühlgerät der Fa. HO-
VAL - Teil 2
ILK-B-31/06-330

Krause, R.:
Abschlussbericht: Ventilator mit fein struk-
turierten Schaufelrädern
ILK-B-31/06-3293

Rosenbaum, H.; Mai, R.:
Energiecontrolling und Benchmarking von
RLT-Anlagen am Beispiel Deutsches Hy-
giene-Museum Dresden
ILK-B-31/06-3301

Ziller, F.:
Optimierung der Druckverluste in der
Westzentrale im Paul-Löbe-Haus
ILK-B-31/06-3297

Burandt, B.:
Optimierung R718-Turboverdichter für
große Volumenströme - Abschlussbericht
ILK-B-32/06-272

Birnbaum, Th. u. a.:
Messung und Bewertung der Emission an
gießereitechnischen Anlagen
ILK-B-33/06-1374

Angewandte Neue Technologien

Felcman, Chr.:
Nanotechnische Modifizierung von Wär-
meübertragerflächen
ILK-B-4/06-2339

Koch, R.-K.:
Recherche über Beeinflussungsmöglich-
keiten der Kristallisationslinie in Was-
ser/Lithiumbromid Absorptionskältean-
lagen bei Temperaturen unter 0°C
ILK-B-4/06-2345

Schenk, J.:
Neue Stoff-/Absorptionssysteme für Re-
sorptionenkälteanlage
ILK-B-4/06-2346

Spörl, G.:
Entwicklung von potenziellen Trägermate-
rialien für das Tissue Engineering
ILK-B-4/06-2351

Junk, M.:
Ökoneutrale Inhibierung von LiBr-
Arbeitslösungen
ILK-B-4/06-2352

Felcman, Chr.:
Moderne Isolationssysteme für LNG-
Speicherung
ILK-B-4/06-2353

Braumöller, J.:
On-Line-Dampfzeuger
ILK-B-4/06-2355

Spörl, G.; Reinsch, H.:
Sachbericht zum Kooperationsprojekt
"Entwicklung und Qualifikation von kon-
servierbaren Trägermaterialien für das
Tissue
Engineering"
ILK-B-4/06-2358

Schenk, J.; Knabe, M.:
Innovative Klebetechnik im Kälteanlagen-
bau (Wechselbelastungsprüfstand)
ILK-B-4/06-2360

Reinsch, H.; Spörl, G.:
Nachuntersuchung der nachbehandelten
Kollagenchargen Kollagen resorb LOT
280202DfII B und LOT 280202DfII B0/10
ILK-B-4/06-2364

Ulbrich, G.:
Softwareänderung für Überfüllschutz
R718-TKWS
ILK-B-4/06-2365

Reinsch, H.; Spörl, G.:
Ausgewählte Eigenschaften des Produk-
tes HEALOS im Temperaturbereich bis -
150°C
ILK-B-4/06-2385

Reinsch, H.; Spörl, G.:
Ausgewählte Eigenschaften des Produk-
tes Cerasorb M im Temperaturbereich bis
-150°C
ILK-B-4/06-2387

Krusche, J.:
Einführung eines Verfahrens zur Abschei-
dung von VOC aus der Abluft mit ange-
schlossener katalytischer Nachverbren-
nung und Überführung der Herstellungs-
technologie des Gerätes (VOC-
Abluftreinigung)
ILK-B-4/06-2388

Dischner, M.:
Schaumbildung in Kältemittel-Öl-
Gemischen
ILK-B-4/06-2392

Dischner, M.:
Neue Stoff-/Absorptionssysteme für Re-
sorptionsskälteanlage
ILK-B-4/06-2404

Spörl, G.:
Kryopräservierung von mittels Tissue Engi-
neering kultivierten 2D-Geweben, Teil 2:
Entwicklung von Kryocontainment und
Prozess-technik / Verfahrenstechnik. Teil-
thema: Verfahrens- und Hardware-
Entwicklung im Labormaßstab für größere
Tissue-Engineering-Konstrukte
ILK-B-4/06-2419

Junk, M.:
Untersuchungen zur Beständigkeit von
AlMg3 und Klebeverbindungen in Meer-
wasser - Zwischenbericht nach 8.000 h
Auslagerungszeit
ILK-B-4/06-2422

Schenk, J.; Knabe, M.:
Kompatibilitätsuntersuchungen von ge-
klebten Kupferrohrverbindungen in Kälte-
mittel/Kältemaschinenöl-Gemisch
ILK-B-4/06-2428

Schenk, J.:
Untersuchungen zum System
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{Mn}(\text{NO}_3)_2/\text{H}_2\text{O}$
ILK-B-4/06-2430

Reinsch, H.; Spörl, G.:
Ausgewählte Eigenschaften der Produkte
Bio-Gide und Bio-Oss im Temperaturbe-
reich bis -150 °C
ILK-B-4/06-2435

Reinsch, H.; Spörl, G.:
Ausgewählte Eigenschaften des Produk-
tes Surgisis im Temperaturbereich bis -
150°C
ILK-B-4/06-2436

Hernschiefer, W.:
Vergleich PV- und Dieselversorgung für
20 ft Kühlcontainer und Pumpensysteme
ILK-B-4/06-243

OAD/Technologietransfer

Albring, P.:
Konzept eines neuen Verdichterprüfstan-
des für R718-Turbover-dichter
ILK-B-10/06-10

Albring, P.:
Ermittlung des Energiebedarfs zum Trock-
nen von Bananenreststoffen bzw. stofflich
gleichwertiger Biomasse
ILK-B-10/06-13

Sussek, W.:
Wärmeübertrager mit semipermeabler
Membran zur Luftentfeuchtung - Memb-
rantechnik und Arbeitsstoffe
ILK-B-91/06-05