

Forschungsbericht 2009

Vorwort der Geschäftsleitung



Das Jahr 2009 war für die Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH das 19. Geschäftsjahr als freies, unabhängiges, privatwirtschaftliches Forschungs- und Technologieunternehmen.


Das ILK stellte sich im breitem Spektrum der Technologiebereiche Tieftemperaturtechnik, Kältetechnik, Wärme- und Stoffübertragung, Klimatechnik, Luftreinhaltung, physikalisch-chemische Analytik, Werkstoffe und sowie angewandter Energietechnik den grundlegenden Themenstellungen, wie Energie, Umwelt und Lebensqualität.


Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung wirkte das ILK in 30 spezifischen Forschungsrichtungen am nationalen und internationalen Technologiemarkt. Im Jahr 2009 wurden 71 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben am ILK bearbeitet und eine Vielzahl von freifinanzierten Aufträgen für die Industrie durchgeführt.

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 und innovative Planung, Gegenstand der Arbeiten.

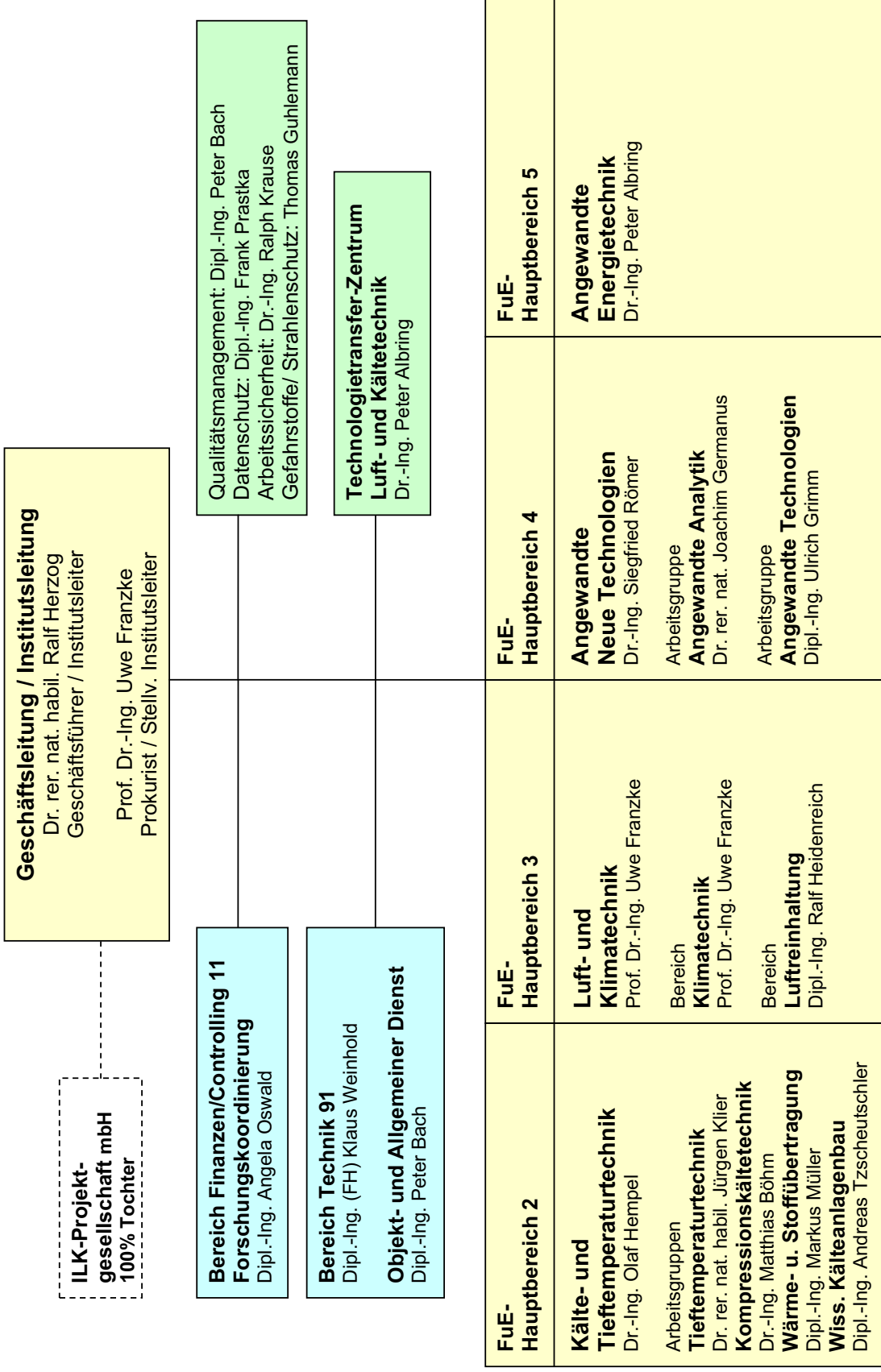
Der ILK-Forschungsbericht 2009 beinhaltet ausgewählte Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung sowie ausgewählte Beispiele von wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen des ILK.

Die Geschäftsleitung bedankt sich bei allen Partnern in Wirtschaft, Forschung und im öffentlichen Bereich für die gute Zusammenarbeit im Geschäftsjahr 2009 und bei den ILK-Mitarbeitern für die aktive Mitarbeit und das persönliche Engagement.


Dr. rer. nat. habil. Ralf Herzog


Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke

Organigramm: Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH



Inhalt

Tiefemperaturtechnik	2
Kältetechnik	8
Klimatechnik	17
Luftreinigungstechnik	24
Angewandte Neue Technologien Werkstoffe/ Messtechnik	29
Angewandte Energietechnik	35
Normungsarbeit am ILK	38
Mitwirkung des ILK in Gremien	39
Veranstaltungen	43
Anlage (Veröffentlichungen)	45

Ausgewählte Ergebnisse aus Forschung, Entwicklung und Technologietransfer im Jahr 2009

1. Tieftemperaturtechnik

Dilatometer

Entwicklung eines Messverfahrens zur Bestimmung der thermischen Ausdehnung von Dämmstoffen

Im Bereich des Transports und der Lagerung tiefkalter Flüssigkeiten wie Wasserstoff (LH₂) oder Erdgas (LNG) werden zunehmend Feststoffisolierungen eingesetzt. Die dafür verwendeten Verbundwerkstoffe sind für Materialauswahl, Betriebssicherheit und Qualitätssicherung in einem weiten Temperaturbereich zu charakterisieren. Dabei spielen Messungen des thermischen Ausdehnungskoeffizienten (relative Längenänderung je Temperaturintervall) eine wichtige Rolle.

Die bisher verfügbaren Messverfahren für kleine Längenänderungen erlauben in der Regel nur Untersuchungen relativ kleiner Proben mit Abmessungen von wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern. Eine zusätzliche Schwierigkeit ergibt sich aus dem teilweise stark anisotropen Ausdehnungsverhalten von Kunststoffen und insbesondere von Verbundmaterialien. Optische Messmethoden sind zwar bei Raumtemperatur für verschiedenartige Anwendungen etabliert, ihre Eignung für den Einsatz bei tiefen Temperaturen wird aber beispielsweise durch die erforderliche thermische Isolation der Probe eingeschränkt.

In dem im Jahr 2008/2009 bearbeiteten Projekt waren folgende Schwerpunkte gesetzt: Ertüchtigung eines vorhandenen Schubstangen-Dilatometers als Referenzverfahren für kleinere Proben, Auswahl eines geeigneten optischen Messverfahrens, Konzeption eines Messaufbaus für großflächige Proben und systematische Untersuchungen zu Längenänderungen und zu störenden Einflussfaktoren.

Das Schubstangen-Dilatometer NETZSCH 402 ED (siehe Bild 1) wurde durch den

Einsatz eines Thermostaten auf der warmen Seite stabilisiert. Durch die Verwendung von Helium-Austauschgas konnte der Messbereich erweitert werden. Das Messsignal des Verfahrwegs und die modernisierte Temperaturmessung werden mittels Messsignal-Erfassungssystem ausgelesen und über ein Labview-Programm erfasst.

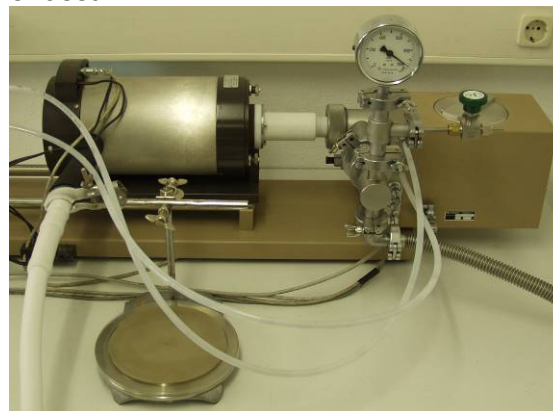


Bild 1: Schubstangen-Dilatometer NETZSCH

Das Gerät kann für Referenzmessungen im Bereich zwischen -180 °C und Raumtemperatur eingesetzt werden. Aus der Kalibrierung des Geräts ergibt sich für einen weiten Einsatzbereich ein temperaturunabhängiger Korrekturfaktor, welcher mit Literaturwerten übereinstimmt. Die Probenlänge ist jedoch auf wenige Zentimeter begrenzt. Nachteilig sind weiterhin der eingeschränkte Temperaturbereich und die Notwendigkeit einer erneuten Kalibrierung für eine veränderte Probengeometrie.

Als geeignetes optisches Messverfahren für den Einsatz bei tiefen Temperaturen wurde die Lasertriangulation ausgewählt. Bild 2 zeigt die Versuchsanordnung zur Bestimmung der Längenänderung größerer Proben. Der Aufbau kann für die gleichzeitige Messung der Ausdehnung in zwei Raumrichtungen erweitert werden. Das Prinzip der Lasertriangulation ist in Bild 3a dargestellt. Ein vom Sensor ausgehender Laserstrahl erzeugt auf der Messoberfläche einen Lichtpunkt. Dessen Positionsänderung wird auf einen hochempfindlichen Lineardetektor

projiziert und vom Signalprozessor aufbereitet.

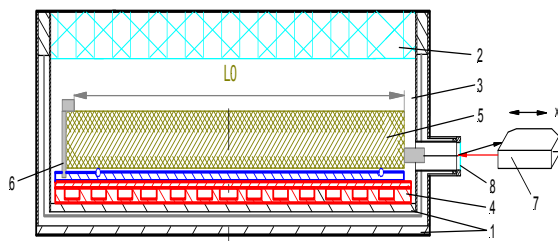


Bild 2: Versuchsaufbau für optische Messungen: Dewar (1) mit Deckel (2), Kryoflüssigkeit (3), Probenauflage (4), Messprobe (5), Probeneinspannung (6) und laseroptischem Sensor (7)

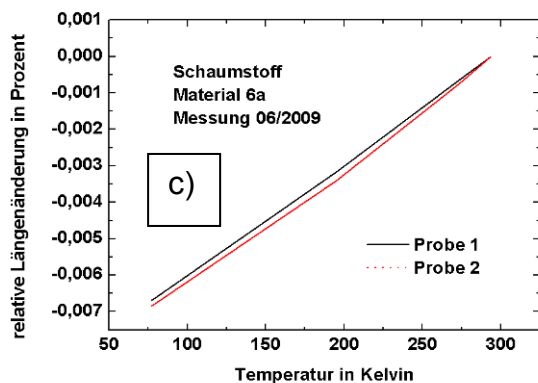
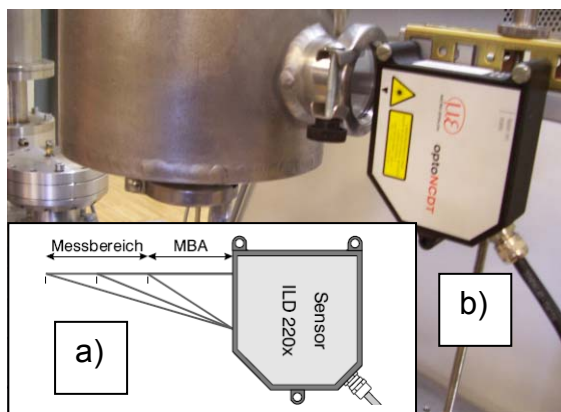


Bild 3: a) Prinzip der Lasertriangulation (MBA \equiv Messbereichsanfang); b) Kryostat mit optischem Zugang und Lasersensor (zweites Fenster durch Prinzipskizze verdeckt); c) temperaturabhängige Längenänderung von zwei Schaumproben eines Materials.

Bild 3b zeigt einen Aufbau, der mittels eines Kryokühlers Messungen an Proben bis zu Abmessungen von 15 cm erlaubt, womit Temperaturen bis unter 10 K er-

reicht werden können. In Bild 3c sind Ausdehnungsmessungen mittels Lasertriangulation an Schaumstoffproben dargestellt. Die voneinander unabhängigen Messungen an zwei vergleichbaren Probenstücken demonstrieren die gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Bei Schaummaterial erweist sich die Temperierung der Proben bedingt durch die langen thermischen Relaxationszeiten als wichtiger Einflussfaktor für Untersuchungen bei tiefen Temperaturen.

Die Nachfrage nach Messdienstleistungen entwickelt sich im geplanten Rahmen. Für die Vermarktung eines kompletten Messgeräts auf Basis der Ergebnisse laufen noch Gespräche mit potentiellen Partnern. Weiterhin ermöglichen die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse über den Einfluss von Temperaturgradienten auf das Ausdehnungsverhalten verschiedenartiger Materialien bei kleinen Kalt-Warm-Abständen weitere Entwicklungen mit entsprechend angepasster Geometrie für Tieftemperatur-Messzellen mit besonderen Anforderungen bezüglich der Einsatzbedingungen. Hierzu gibt es ein zusätzliches erhebliches Marktpotential.

Messung integr. Wärmeleitfähigkeit Entwicklung eines Betriebsmessgerätes zur Messung des Wärmeleitungsintegrals bzw. der integralen Wärmeleitfähigkeit

Im Hinblick auf den zukünftig verstärkten Einsatz flüssigen Wasserstoffs bzw. anderer Flüssiggase für den Einsatz in Fahrzeugen bzw. zur ortsungebundenen Energiebereitstellung werden zunehmend geeignete Messgeräte zur Entwicklung thermischer Isolationsmaterialien benötigt.

Isolationen für derartige Systeme, seien es Transport-, Speicher- oder Antriebssysteme (motorisch wie generatorisch) sollen zunehmend aus Verbundmaterial zum Beispiel auf der Basis von Hartschaum oder unterschiedlichen Epoxidharzmaterialien hergestellt werden. Zur Entwicklung und zur Optimierung dieser Werkstoffe ist die Messung der thermischen und mechani-

schen Eigenschaften der Ausgangsmaterialien bei tiefen Temperaturen bis zu 20 K notwendig.

Das untersuchte System stellt eine sehr effiziente und vor allem kostengünstige Alternative zu teuren kommerziellen Systemen dar, deren Eigenschaften nie das komplette Anwendungsspektrum abdecken.

Dies betrifft zum Einen den Messbereich, welcher nur von wenigen Geräten abgedeckt werden kann und zum Anderen die bei allen Geräten bestehende Beschränkung bzgl. Probengeometrie (Fläche und Dicke) und damit verbundener geringer absoluter Probeninhomogenität. Außerdem können mit diesen Geräten zumeist nur punktuelle Wärmeleitfähigkeiten zwischen Raum- und kryogener Temperatur ermittelt werden, was einen hohen zeitlichen Aufwand bedeutet.

Potentielle Vermarktungsmöglichkeiten für das untersuchte Messsystem liegen in der Charakterisierung und Qualitätssicherung von Feststoffisolationen.

Als Nutzer werden derzeit Anwender und Entwickler von komplexen Verbundsystemen gesehen. Das können Hersteller von Tank- oder Transportsystemen sein. Nach der Einführung neuer Isolationssysteme wird sich der Markt zu Herstellern von Isolationssystemen und Kryokomponenten erweitern.

Das im Jahr 2008 zum Patent angemeldete Verfahren über die Messung der Abdampfrate einer kryogenen Flüssigkeit zur Ermittlung der Wärmeleitung konnte an einem aufgebauten Kunststoff-Versuchskryostaten (Bild 1) erprobt und verbessert werden.

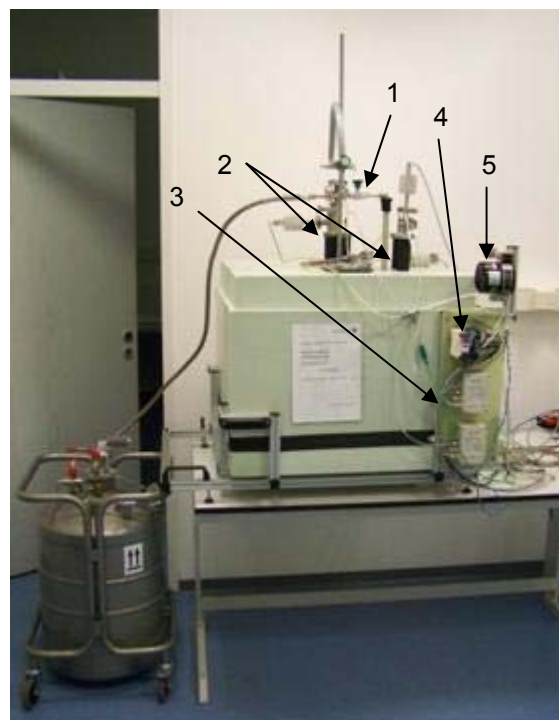


Bild 1: Versuchsaufbau Wärmeleitungsin-tegral (1 Stickstoffanschlüsse, 2 Druckstutzen zur Füllstandsmessung, 3 Druckaufnehmer für Füllstandsmessung ($\Delta p = 10 \text{ mbar}$), 4 Spannungsversorgung und Sicherheitsschalter für Heizung, 5 Volumen-Strommesser)

Die am Kunststoff-Versuchskryostaten durchgeführten Messungen ergaben die Notwendigkeit weiterer Sensoren und zusätzlicher Mess- und Anlagentechnik (Nr. 2 bis 4 in Bild 1).

So wurde die Möglichkeit zur Messung des Füllstandes über den hydrostatischen Druck im Innen- sowie im Außenbehälter des Kryostaten geschaffen (Nr. 2 und 3 in Bild 1) – in beiden Behältern kann stetig gemessen werden. Die hydrostatische Füllstandsmessung wurde eingesetzt, da damit der geringste technische Aufwand und, durch die Verwendung von GFK-Materialien, ein sehr geringer zusätzlicher Wärmeeintrag realisiert werden konnte.



a)



b)

Bild 2: a) Stickstoffanschluss und Druckstutzen und b): Druckaufnehmer, Spannungsversorgung, Sicherheitsschalter und Volumenstrommesser

Damit auch während einer Messung flüssiger Stickstoff nachgefüllt werden kann, wurde zusätzlich eine Befülleinrichtung erarbeitet, die es ermöglicht, beide Behälter, ohne Unterbrechung der Messung, zu befüllen und so die Messungen über einen langen Zeitraum (> 10 h) auszudehnen (Nr. 1 in Bild 1). Damit kann eine ausreichende Haltezeit beim statischen Betriebszustand realisiert werden. Bei den

bisherigen Messungen betrug die max. Messdauer 4 bis 6 h (siehe Bild 3).

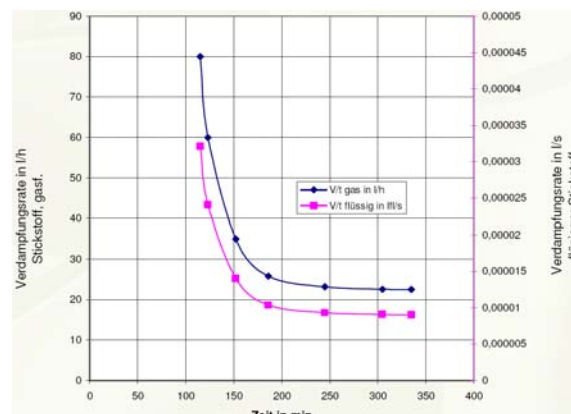


Bild 3: Stickstoff-Verdampfungsrates als Funktion der Zeit

Der stationäre Zustand wird nach ca. 3 h erreicht.

Mit Hilfe der zusätzlichen Messtechnik können nun genauere Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses der unterschiedlichen Füllstände auf den Wärmeintrag und quantitative Aussagen über die weiteren relevanten Wärmeinträge zum Messraum gemacht werden.

Ein geplanter Edelstahlkryostat wurde fertig gestellt und zur Ermittlung konstruktiver Aspekte (Feuchteintrag, Abdichtung, Behälterwandaufbau) sowie zur Bewertung der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse eingesetzt. Die Reproduzierbarkeit beider Systeme lag im Bereich < 1 %.

Über Vergleichsmessungen des Kunststoff- und Edelstahlkryostaten wurden wichtige Erkenntnisse gesammelt, welche in die Auslegung des Messgerätes einfließen. Dies betrifft hauptsächlich die Abdichtung des Probenkörpers zur Umgebung, die bessere Isolationswirkung des Vakuums am Edelstahlkryostaten und der diesbezügliche Einfluss der 0,3 mm starken Edelstahlwand an der Innenseite des Kryostaten, welche eine Wärmebrücke zwischen der Siedetemperatur des flüssigen Stickstoffs und der Umgebung darstellt.

Fehlerquellen des derzeitigen Systems liegen im Volumenstrommessgerät (das

verwendete Schwebekörpermessgerät erreicht eine Abweichung von bis zu 5 % vom Messbereichsendwert), in der Probenkontaktierung, dem Einfluss der Randzone (Wärmebrücke Gehäusewand) und den Fremdwärmeeinträgen durch Zuführungen und Armaturen.

Genauere Messungen könnten über thermische Massemesser oder ggf. Coriolis-Messgeräte erreicht werden. Des Weiteren soll durch Ermitteln signifikanter Fremdwärmequellen konstruktive Defizite eliminiert werden. Durch die angestrebten Verbesserungen des Messgeräteaufbaus wird von einem max. Messfehler von ca. 2 % ausgegangen.

Weitere Aspekte bei der Entwicklung eines „fertigen“ Messgerätes sind die Handhabung und Bedienbarkeit. Diese Punkte werden gesondert umgesetzt. Der diesbezügliche Technologietransfer mit einem Industriepartner und somit die Vermarktung sind in Vorbereitung.

Alveolarstift

Entwicklung eines neuartigen, indikationsspezifischen Biomaterials zum Einsatz in der Regenerativen Dental-Medizin

Das Projekt „Alveolarstift“ ist ein AiF-Kooperationsprojekt, welches vom ILK Dresden gemeinsam mit der Pro-tec GmbH Freilassing beantragt und nach der Übernahme und Abwicklung des Unternehmens durch die Curasan AG Kleinostheim gemeinsam mit dieser bearbeitet wurde. Das Vorhaben hat eine Laufzeit von 35 Monaten (05/07 – 04/10) und wird von der AiF unter dem Kennzeichen KF0012816UL7 gefördert. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuartigen Biomaterials auf Basis der Hauptkomponenten Gelatine und β -TCP.

In Form eines Alveolarstiftes soll das Material dem Verschluss der nach einer Zahnextraktion verbleibenden Extraktionsalveole im Press-Fit-Verfahren dienen. Es soll eine rasche Regeneration des Kieferknochens vermitteln, welche eine schnelle

Versorgung des Patienten mit Zahnimplantaten ermöglicht. Die Konsistenz und Flexibilität des neuartigen, biopolymerbasierten Materials soll im Gegensatz zu herkömmlichen keramischen Materialien eine deutlich bessere Gewebeintegration ermöglichen.

Neben der Kernanwendung als Alveolarstift sollten bereits bei der Materialentwicklung spätere Anwendungsgebiete für das entwickelte Compound berücksichtigt werden. Wichtig ist insbesondere die Kryokonservierbarkeit des Materials, die eine Option für die spätere Entwicklung lagerfähiger, zellbesiedelter Varianten des Biomaterials ermöglicht.

Die Curasan AG war im Rahmen der Kooperation für die Erprobung von Fertigungstechniken, die Herstellung und erste Charakterisierung der erzeugten Materialmuster zuständig, das ILK Dresden übernahm die chemisch-physikalische und biologische Evaluierung der bereitgestellten Materialmuster.

Zu den durchgeführten chemisch-physikalischen Tests zählen Härtemessungen, Untersuchungen zur Rehydrierbarkeit und Synäreseneigung, Degradationsuntersuchungen zur Ermittlung des Abbauverhaltens im feuchten Milieu (hydrolytische Degradation) sowie der Nachweis einer Kryokonservierbarkeit durch thermoanalytische Verfahren (Tiefemperatur-DSC).

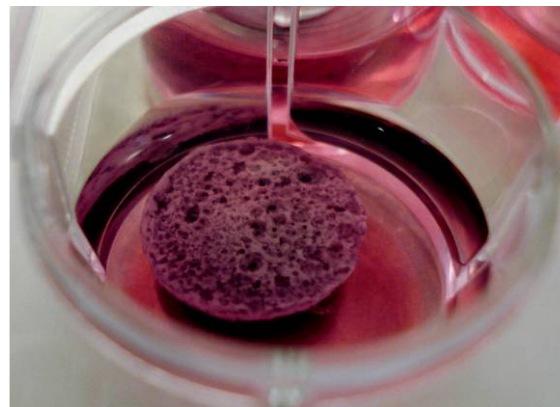


Bild: Porosierter Materialprüfkörper aus genipinvernetzter Gelatine und Cerasorb M® in der Zellkultur mit humanen Osteoblasten

Zu den biologischen Untersuchungen zählen Degradationsuntersuchungen im Gewebekontakt (enzymatische Degradation), Zytotoxizitätstests zum Nachweis einer unerwünschten Wirkung von Materialbestandteilen auf humane Zellen, umfangreiche Zellkulturversuche unter Laborbedingungen (*In-vitro*-Tests) sowie die Kryokonservierung von zellbesiedelten Materialmustern.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung dienen als Basis für die weitere Materialentwicklung bei Curasan.

Die Entwicklung des Alveolarstiftes verlief insgesamt sehr erfolgreich. Im Projektrahmen wurden ca. 25 verschiedene, kompakte und poröse Materialvarianten vom ILK umfassend untersucht und auf Basis der Ergebnisse vom Projektpartner qualifiziert.

Folgende Resultate wurden erzielt:

- Nach anfänglichen Problemen mit dem als Vernetzungsmittel eingesetzten Methanal (geringe Stabilität, hohe Zytotoxizität) wurde der Pflanzenwirkstoff Genipin als geeigneter Vernetzer identifiziert. Durch die Genipinvernetzung ließen sich Festigkeit und Abbaustabilität des hergestellten Biomaterials in einem für den geplanten Einsatzzweck sinnvollen Rahmen beliebig variieren, ohne dass eine zytotoxische Wirkung nachweisbar war.
- Das Material zeigte neben den gewünschten mechanischen Eigenschaften eine hervorragende Zytokompatibilität und einen langsamen, kontrollierten Abbau unter Zellkulturbedingungen. Über den Vernetzungsgrad der Gelatine ließ sich die enzymatische Abbaurrate gezielt beeinflussen. Dies ermöglicht eine leichte Anpassung des Compound-Materials an variable Einsatzzwecke.

Durch eine Optimierung der Materialzusammensetzung und -struktur über die Auswahl spezieller Cerasorb®-Varianten als mineralische Materialkomponente oder eine wahlweise

Gasporosierung der Prüfkörper konnten in der *In-vitro*-Kultur mit humanen Osteoblasten auf verschiedenen Varianten des Biomaterials Merkmale einer Selbstorganisation zu knochenbildenden Zellclustern (Bone Forming Nodules) festgestellt werden.

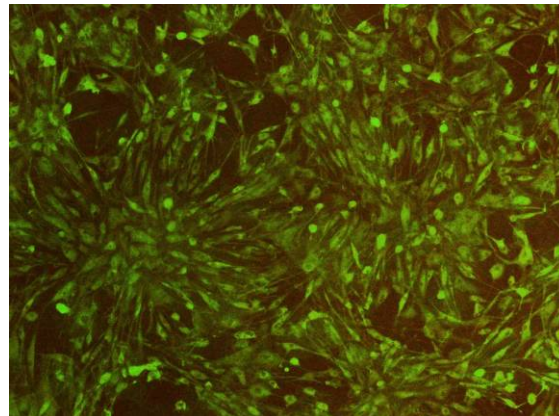


Bild: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme einer zellbesiedelten Materialprobe bei 50-facher Vergrößerung: Die Clusterbildung ist ein Hinweis auf Osteoinduktivität

- Das Material konnte mit vertretbarem Stabilitätsverlust vakuumgetrocknet und rehydriert werden, so dass neben der geplanten Darreichung als natives Feuchtmaterial auch eine Herstellung trockener, langzeitstabiler Produktvarianten möglich wäre.

Eine Kryokonservierung ist möglich, sowohl das Material selbst als auch zellbesiedelte Prüfkörper konnten erfolgreich eingefroren werden. Eine Weiterentwicklung des Komposits als Matrix für kryokonservierbare Zellsystemen oder Off-the-Shelf-Implantate im Rahmen einer weiterführenden Zusammenarbeit mit dem Projektpartner ist in Vorbereitung.

2. Kältetechnik

Verbesserung der Öko-Effizienz in der Kältetechnik – Vorlaufforschung

Das Gesamtprojekt befasst sich mit der Optimierung des Energiebedarfs und der Umweltbeeinflussung beim Betrieb von Kaldampfkältemaschinen. Es werden zwei grundsätzliche Zielstellungen verfolgt:

1. Verbesserung der Datenbasis (insbesondere Stoffdaten) als Grundlage einer bezüglich Energiebedarf und Umweltbeeinflussung optimierten Stoffauswahl sowie vergleichende Betrachtungen zu Arbeitsstoffen.
2. Analyse typischer innerer Abhängigkeiten von Prozessparametern als Grundlage für automatische Diagnosesysteme. Die Anwendung ist das Detektieren von Fehlfunktionen (z. B. Verschmutzung, Kältemittelverlust, ...), die Einfluss auf den Energiebedarf und die Umwelt haben.

Alle Stoffdaten, die zur Berechnung von Kälteanlagen, einschließlich der peripheren Luft- und Wasserkreisläufe, notwendig sind, wurden neu zusammengestellt. Die Datenbasis wurde um neue Kältemittel und Kälte-träger ergänzt. So wurden insbesondere die Ersatzkältemittel für die R22-Umstellung mit aufgenommen. Die LOW-GWP-Kältemittel, wie z. B. HFO1234yf, werden mit ihrer Veröffentlichung ständig ergänzt. In Zukunft wird auch die Berechnung von Kältemittelgemischen aus frei wählbaren Einzelstoffen möglich sein.

Damit ist die Grundlage für neue Projekte zur Entwicklung von Kältekreisläufen nach dem Lorenzprozess gelegt. Dieser zeichnet sich durch eine Verdampfung und Kondensation bei gleitender Temperatur aus. Für Anwendungen, in denen gleichzeitig ein Stoffstrom mit großer Temperaturspreizung abgekühlt und ein anderer Stoffstrom aufgeheizt werden muss, sind mit dieser Prozessführung wesentliche Energieeinsparungen möglich.

Bei den Kälte-trägern lag ein Schwerpunkt bei den Eis-Wasser-Systemen. Binäre Eis-Flüssigkeits-Gemische können Arbeitstoff und Wärmetransportmedium in Vakuum-eiszeugern sein. Die Kenntnis dieser Stoffdaten ist die Basis für die weiteren Entwicklungen im Bereich Kältemittel, Wasser und Meerwasserentsalzung.

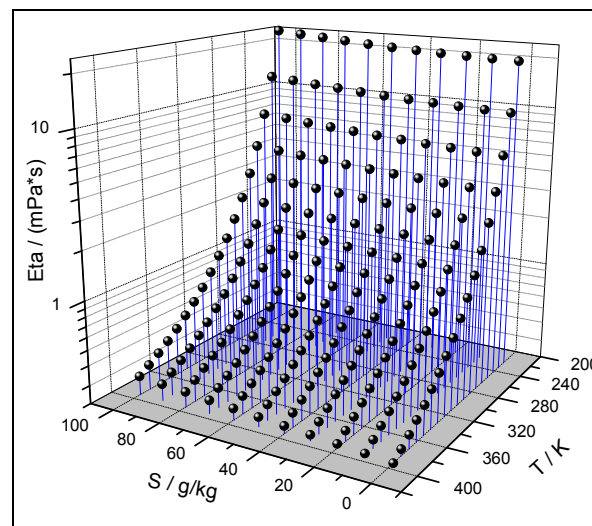


Bild: Viskosität von Seewasser in Abhängigkeit von Salzgehalt und Temperatur

Die Ökoeffizienz der Kälteanlagen wird wesentlich durch Kältemittelverluste infolge von Leckagen oder Havarien verschlechtert. Deshalb hat der Gesetzgeber Bestimmungen zur Überwachung erlassen. Eine Möglichkeit ist die Fernüberwachung der Anlage mit einem Diagnosesystem. Dabei können gleichzeitig auch andere Fehler mit überwacht werden. Somit wird der Weg zu einer zustandsorientierten Instandhaltung und Wartung eröffnet.

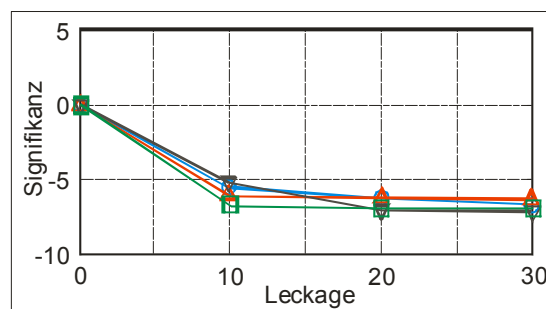


Bild: Leckagesignifikanz

Aus diesem Grund waren Grundlagenuntersuchungen zur Abhängigkeit einzelner,

messbarer Anlagenparameter von der Kältemittelleckrate notwendig. Es zeigte sich, dass die Auswertung eines einzigen Parameters nicht zielführend ist, da die Signifikanz erst bei hohen Kältemittelverlusten gegeben ist.

Für die Entwicklung eines Diagnosesystems auf der Basis vieler Messgrößen wurde inzwischen ein neues Forschungsvorhaben gestartet. In das Projekt wurden die Ergebnisse aus der Grundlagenforschung des Vorlauforschungsprojektes eingebracht.

Auf der Grundlage des Stoffwertetools wurden Kreisprozessberechnungen durchgeführt. Ziel war die Steigerung der Öko-Effizienz durch Reduzierung der Antriebsleistung. Dabei wurden 2 Wege beschritten, neue Kältemittel und veränderte Anlagenschaltungen.

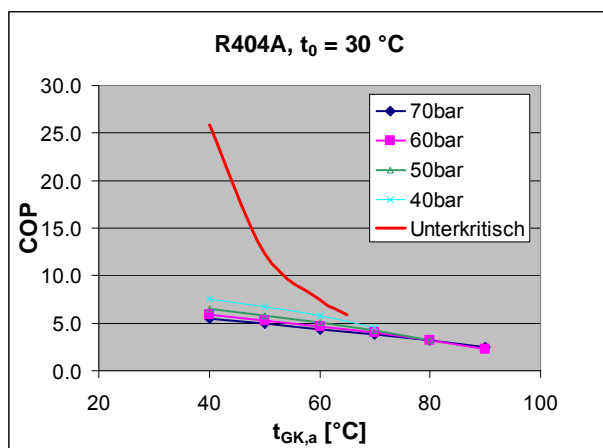


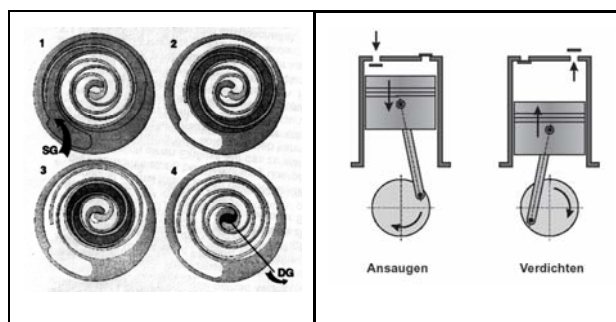
Bild: Wärmepumpenleistungszahl

So wurde u. a. die überkritische Prozessführung, wie sie für das Kältemittel Kohlendioxid typisch ist, auch für andere Kältemittel untersucht. Für alle Kältemittel ergibt sich ein ähnliches Verhalten.

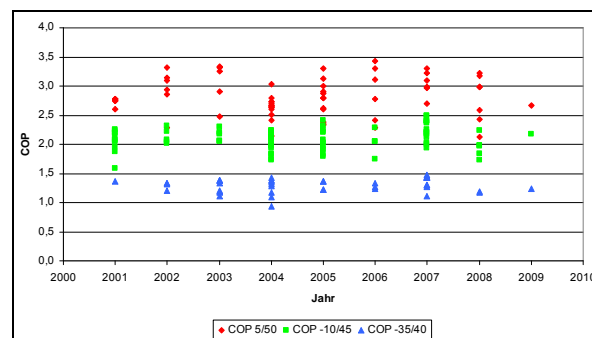
Beim Übergang von einem unterkritischen zu einem überkritischen Prozess fällt die Leistungszahl stark ab, d. h. der überkritische Wärmepumpenprozess bringt bei einer Wärmeerzeugung auf konstanter Temperatur grundsätzlich keinen Vorteil. Die Nutzung überkritischer Prozesse für die Entwicklung von Hochtemperaturwärmepumpen ist somit stark eingeschränkt.

Energieeffizienz von Kältemittelverdichtern

Das Projekt verfolgte zwei wesentliche Ziele. Im ersten Teil wurden die laufenden Verdichterleistungsmessungen begleitet. Die umfangreiche Basis experimenteller Daten wird laufend ausgewertet. Daraus ergeben sich Übersichten zu wichtigen Verdichterparametern, die die Effizienz beeinflussen.



Im Ergebnis zeigt sich, dass zwischen guten und schlechten Verdichtern bei gleicher Bauart und gleichem Kältemittel ein Unterschied von 30 % liegen kann. Die Leistungszahlen haben sich im letzten Jahrzehnt nicht verbessert.



Im zweiten Teil wurden gezielte Verdichterleistungsmessungen bei einer Überhitzung von 10 K bzw. bei einer Ansaugtemperatur von 20 °C an 3 Verdichtern unterschiedlicher Bauart durchgeführt. Ziel war die Entwicklung einer Vergleichsmethode dieser beiden normgerechten Prüfbedingungen und die Untersuchung der Korrekturmethode nach EN 13771-1.

Es erfolgten theoretische Untersuchungen zum Einfluss der Ansaugtemperatur und des Saugdruckes sowie entsprechender Messfehler oder Abweichungen des Be-

harrungszustandes am Prüfpunkt. Diese Erkenntnisse wurden experimentell überprüft.



An den Normmesspunkten für tiefe, mittlere und hohe Verdampfungstemperaturen nach EN 12900 erfolgte die Variation der Überhitzung und des Saugdruckes in engen Grenzen, wie sie bei Abweichungen vom Beharrungszustand vorkommen.

°C									
52									
50									
47									
45									
42									
40									
38									
t_c / t_o	-32	-30	-28	-12	-10	-8	3	5	7
	L			M			H °C		

$t_{0h} / °C$	18	20	22
$\Delta t_{0h} / K$	8	10	12

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Korrekturmethode nach EN 13771-1 zur Umrechnung der Messwerte auf die grundlegenden Prüfbedingungen die tatsächlichen Verhältnisse nur annähernd berücksichtigt.

Durch eine andere Methode der Versuchsauswertung könnte eine höhere Genauigkeit der Prüfergebnisse erreicht werden. Dafür wäre es wahrscheinlich erforderlich, die Prüfnorm zu ändern. Das kann nur in Zusammenarbeit mit den Herstellern und der ASERCOM erfolgen.

Eisfreie Wärmeübertrager

Das Teilprojekt ist Bestandteil des Verbundprojektes „Neue funktionale und biomimetische Oberflächen zur Verhinderung/Verminderung von Eiswachstum“.

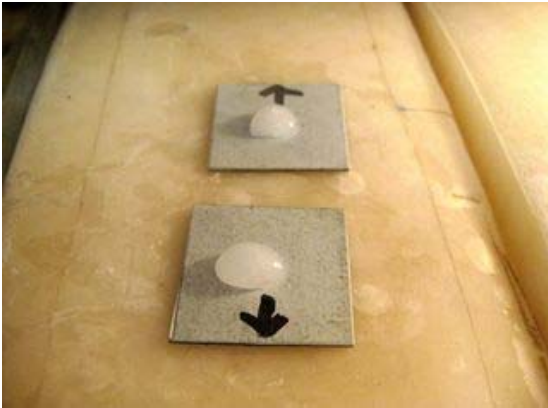
Das Verbundvorhaben wird von

- 4 Forschungsinstituten
- 7 Industriefirmen

durchgeführt. Hintergrund des Projektes sind die vielfältigen Nachteile von Oberflächen, die vereisen. Ziel des Projektes ist deshalb die Verhinderung der großflächigen Vereisung von Oberflächen und die Verringerung der Haftung zwischen Eis und Oberfläche. Dafür sollen neue Beschichtungen auf der Basis von biomimetischen und nanotechnologischen Konzepten für verschiedene Oberflächen entwickelt werden. Dabei wird an Flugzeugtragflächen, Rollläden und Kühlaggregate gedacht.

Das ILK wird in Zusammenarbeit mit WÄTAS und KÜBA Wärmetauschermuster entwerfen und diese im Hinblick auf das Einsparpotenzial durch Verwenden der eisabweisenden Beschichtungen charakterisieren.

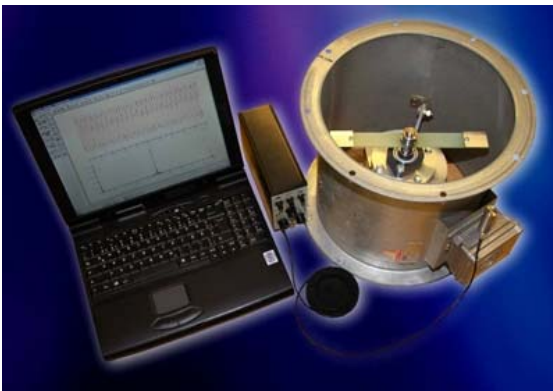
Durch die Absenkung der Gefrierpunkttemperatur kann die Bereifung von Luftkühlern hinausgezögert werden. Damit sinkt der Aufwand für die Abtauung beträchtlich. Eine Abschätzung zeigt, dass dadurch bis zu 10.000 GWh/a Elektroenergie eingespart werden könnte.



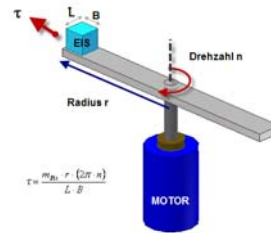
Für die Beschichtungsversuche wurden vom ILK geeignete technische Substrate definiert. Diese sind repräsentativ für die nachfolgende Wärmetauscherentwicklung.

Durch die Projektpartner wurden bei der Verfolgung beider Routen (Lackstrukturierungs- und Polymerroute) mehrere vielversprechende Ansätze zur Herstellung von Schichten, die das Eiswachstum vermindern, gefunden.

Diese Schichten sind auf ihre Wirksamkeit hin zu prüfen. Dafür wurde am ILK ein Prüfstand aufgebaut.



Er besteht aus einer Zentrifuge und einem Messsystem. Das Eis wird auf dem beschichteten Substrat angefroren und bis zum Ablösen des Eises in Folge der Zentrifugalkraft geschleudert. Aus der Ablösedrehzahl kann die Haftkraft des Eises berechnet werden. Die ersten Versuche wurden bereits durchgeführt.



Nach Auswahl von chancenreichen Schichtsystemen werden durch die Industriepartner Musterwärmetauscher damit beschichtet. Die Erprobung erfolgt anschließend im ILK.

Komponenten CO₂-Kreisläufe

Kohlendioxid ist ein natürlicher Stoff, der in geringen Konzentrationen ungiftig, nicht brennbar und chemisch sehr stabil ist. Es ist ein natürliches Gas, das kein Ozonzerstörungspotential und ein geringes Treibhauspotential hat. Damit stellt es eine Alternative zu den heute weitverbreiteten fluorierten Kältemitteln dar. Kohlendioxid wurde „wiederentdeckt“, denn es war in der Zeit von 1875 bis 1930 insbesondere in der Schiffskältetechnik weit verbreitet. Erst die Einführung der „Sicherheitskältemittel“ (FCKW) führte zur Ablösung des CO₂. Der größte Nachteil des Kohlendioxids ist die hohe Drucklage als Kältemittel. So sind Drücke bis 130 bar typisch.

Beim Bau einer Kälteanlage für dieses Kältemittel können deshalb auch keine sonst üblichen Bauteile eingesetzt werden. Das betrifft alle Komponenten, vom Verdichter über die Wärmetauscher bis zu den Rohrleitungen.

Die Voraussetzung für den Anlagenbau ist die Verfügbarkeit von Komponenten in einem weiten Leistungsbereich, die alle Randbedingungen der Kältetechnik erfüllen. Deshalb war das Ziel des Projektes die Qualifizierung und der Test von Bauteilen. Dafür wurde ein entsprechender Prüfstand entwickelt und im ILK-Versuchsfeld errichtet.



Dieser Prüfstand ist geeignet zur Untersuchung von Komponenten bei überkritischen Bedingungen.

- Kältemittelverdichter
- Expansionsventile
- Gaskühler
- Ölabscheidern
- Messtechnik



Die experimentellen Untersuchungen führten bereits zu einer Anzahl neuer Erkenntnisse.

Die halbhermetischen Kältemittelverdichter zeichnen sich entgegen der ursprünglichen Erwartungen, durch eine sehr geringe Geräusentwicklung aus. Das ist wahrscheinlich auf die Dämpfung durch die größere Gehäusewandstärke und das geringe Druckverhältnis zurückzuführen.

Es konnte gezeigt werden, dass die Leistungsmessung auf der Basis der Massenstrommessung mit dem Coriolisprinzip prinzipiell möglich ist. Das erfolgte durch den Vergleich der Messung in der Saugleitung (Gas) und nach dem Gaskühler (überkritisches Fluid).

Allerdings zeigte sich auch, dass nicht jedes Gerät nach dem Coriolisprinzip in der Lage ist, den Massenstrom im überkritischen Gebiet richtig zu messen.

Der Test von Gasregelventilen aus der Chemie als Expansionsventil zeigte für große Kälteleistungen eine ausreichende Funktionalität. Schrittmotorventile in Verbindung mit PID-Reglern führten zu einer beherrschbaren halbautomatischen Regelung des Prüfstandes. Damit eröffnet sich prinzipiell die Chance, auch transkritische CO₂-Kreisläufe vollautomatisch in engen Grenzen des Beharrungszustandes auszuregeln.

LowCost-Wärmeübertrager für AKA

Absorptionskältemaschinen sind geeignet, Abwärme in der Industrie, von BHKW oder Solarwärme sinnvoll zu nutzen. In diesen Fällen steht die Antriebsenergie der Kältemaschine nahezu kostenlos zur Verfügung.

Haupthindernis einer stärkeren Vermarktung von Absorptionskältemaschinen sind die höheren Investitionskosten gegenüber den elektrisch angetriebenen Kompressionskältemaschinen.



Die gegenwärtig eingesetzten Wärmeübertrager aus Kupfer sind einer der wichtigsten Kostenfaktoren. Das betrifft sowohl den Werkstoff als auch die Fertigungskosten.

Ziel des Projektes war die Entwicklung von kostengünstigen Wärmeübertragern für die speziellen Bedingungen (Vakuum, Korrosion) in einer Absorptionskältemaschine. Dafür wurden alternative Werkstoffe, insbesondere Kunststoffe, betrachtet, die grundsätzlich eine einfache Fertigung der Wärmeübertrager erwarten lassen. Von Interesse waren:

- Wärmeleitung
- Benetzungseigenschaften
- Festigkeit
- Verträglichkeit mit LiBr-Lösung
- Vakuumdichtheit

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass Kunststoffe keine zufriedenstellende Lösung sind. Aufgrund der geringen Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit können die Kosten gegenüber Kupfer nicht gesenkt werden. Deshalb wurde als Vorzugsvariante ein ringförmiger Lamellenwärmeübertrager für den Absorber entwickelt.



An den beiden Wärmeübertragern Absorber und Generator ist neben einem hohen Wärmeübergang auch der Stoffübergang zu sichern. Das erfordert eine intensive Nutzung der Wärmeübertragerfläche durch eine gute Benetzung. Dafür wurden gezielte Versuche mit unterschiedlichen Oberflächen durchgeführt. Als beste Variante erwies sich eine Nanobeschichtung des Rohres.



Die Prüfstandsversuche wurden in einer AKA mit 5 kW Leistung fortgesetzt. Die Tests mit verschiedenen Benetzungsbzw. Verrieselungseinrichtungen ergaben wichtige Hinweise zur konstruktiven Gestaltung dieser Bauteile in der Maschine.

Als eine weitere Variante wurden sogenannte Hochleistungsrohre von Wieland untersucht, d. h. Rohre mit strukturierter innerer und äußerer Oberfläche. Bei der

Verdampfung von Wasser konnte eine wesentliche Verbesserung der Wärmeübergangszahl (ca. Faktor 3) bezogen auf die Rohrlänge erreicht werden. Für die Kondensation ergaben sich dagegen überraschenderweise keine nennenswerten Erhöhungen.

3. FuE-Dienstleistungen für die Kältetechnik-Industrie 2009

WP-Prüflabor

Im Frühjahr 2008 wurde das Prüflabor Wärmepumpen im ILK Dresden nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Dies konnte 2009 erweitert werden zu einer flexiblen Akkreditierung. Damit wurde die Kompetenz für Prüfungen zur

„Ermittlung der Heiz- und Kühlleistung an Fluidenergiemaschinen und kältetechnischen Bauteilen“

nachgewiesen.



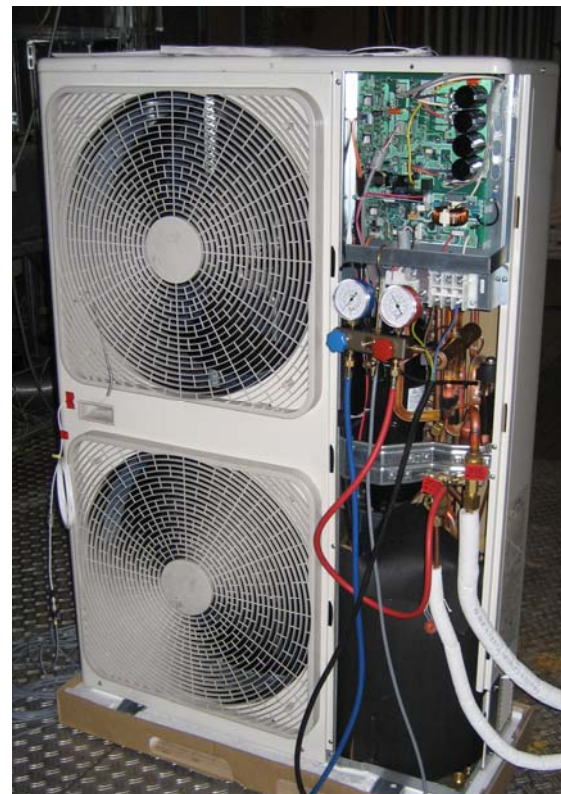
Gegenwärtig läuft die Erweiterung um das Prüfgebiet Schall. In einem Forschungsprojekt wird dafür ein Schallintensitätsmessverfahren erprobt. Ziel ist die Schallmessung bereits während der Leistungsmessung der Prüflinge. Gegenwärtig werden diese Prüfungen noch nacheinander durchgeführt. In Zukunft kann somit der Aufwand für die doppelte Installation des Prüflings reduziert werden.

Inzwischen wurde das Prüflabor auch beim Bundesverband Wärmepumpen und beim Europäischen Wärmepumpenverband EHPA als zugelassenes Testinstitut registriert. Damit sind Prüfungen für das D-A-CH/EHPA-Gütesiegel an Wärmepum-

pen möglich. Damit wird im Bereich der Dienstleistungen das europäische Spitzenniveau mitbestimmt.

Dienstleistungen

Im Jahr 2009 wurde eine Vielzahl von Leistungsprüfungen durchgeführt. Der Schwerpunkt lag bei der Vermessung von Luft-Wasser-Wärmepumpen. Das ist unter anderem auf die stark gestiegenen Verkaufszahlen dieses Typs zurückzuführen. Dabei wird oftmals aber nicht nur die Messung beauftragt, sondern der Kundenwunsch besteht in einer Verbesserung der Leistungszahl.



An dieser Stelle ist die Wirkung von erhöhten Anforderungen an die Wärmepumpen in Gesetzen und Verordnungen sowie Förderbedingungen zu sehen. Die Fehlersuche, Bewertung der Maschinen und die Ausarbeitung von Vorschlägen für konstruktive Änderungen erfordert eine hohe Kompetenz. Diese zieht das ILK insbesondere aus der eigenen Forschungstätigkeit auf dem Gebiet Wärmepumpen. Gegenwärtig laufen deshalb zwei Wärmepumpenprojekte zu den Hauptproblemen

aus der Praxis Verbesserung der Jahresarbeitszahlen und Reduzierung der Geräusche.

Neben der messtechnischen Prüfung kompletter Maschinen ist der Test von einzelnen Komponenten des Kältekreislaufes ein wichtiges Standbein unserer Dienstleistungen.



Die Leistungsmessung an Kältemittelkompressoren für die Hersteller und im Auftrag der ASERCOM zählt seit über 15 Jahren zum Leistungsangebot.

Bei diesen Prüfungen wurden bisher unerklärliche Unterschiede bei den Prüfergebnissen festgestellt. Es lag die Vermutung nahe, dass die Normen nicht alle konstruktiven Unterschiede der verschiedenen Verdichtertypen richtig berücksichtigen.

Deshalb werden die Abhängigkeiten in einem Forschungsprojekt näher untersucht. Das ist ein Beispiel für die Rückwirkung der Praxis auf unsere Forschungstätigkeit.

Im Bereich der Wärmeübertrager wurden sowohl überflutete Plattenverdampfer getestet als auch luftbeaufschlagte Lamellenverdampfer vermessen.



Die Prüfaufgaben an Luftsystemen (Wärmepumpen, Wärmeübertrager) sind in den letzten Jahren ständig angestiegen. Deshalb wurden die Prüfkapazitäten in unserem Prüffeld durch den Umbau des großen Kalorimeterraumes erweitert. Dadurch können jetzt zwei Prüflinge unterschiedlicher Art parallel vermessen werden. Ein weiterer Ausbau mit Investitionsmitteln ist geplant.



Die Messergebnisse aus den Dienstleistungsmessungen sind ein wichtiger Fundus experimenteller Ergebnisse. Diese werden beispielsweise für die Validierung von Berechnungssoftware, die in Forschungsprojekten oder direkt für Industriekunden entwickelt werden, herangezogen.

Auslegungs- und Produktauswahlsoftware (Wärmeübertrager, Kältemittelverdichter) ist ein weiteres stabiles Geschäftsfeld im Dienstleistungssektor.

4. Entwicklung kältetechnischer Prüfanlagen

Das Geschäftsfeld der Entwicklung kältetechnischer Prüfstände konnte auch 2009 auf hohem Umsatzniveau fortgeführt werden.

Für einen Hersteller von Kältemittelverdichtern konnte der Auftrag zur Entwicklung eines 70 kW-Prüfstandes mit der Inbetriebnahme abgeschlossen werden.



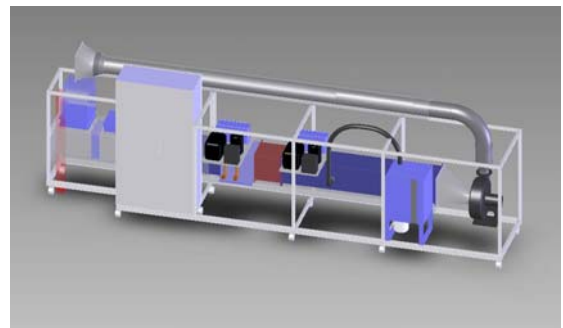
Die Technik der Verdichterleistungsprüfstände hat sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Mit neuen, vereinfachten Kreislaufschaltungen für die Kältetechnik und anderen Regelstrategien konnte der notwendige Bauraum reduziert und der Leistungsbe- reich deutlich erweitert werden. Beide Kriterien sind für unsere Kunden von wirtschaftlicher Bedeutung.

Die Weiterentwicklung war insbesondere durch eine gezielte Forschungstätigkeit in diesem Geschäftsfeld möglich. Im Mittelpunkt standen dabei Messverfahren mit geringer Messunsicherheit, eine hohe Regelgüte der Prüfpunkte und eine durchgängige Automatisierung des Prüfablaufes. Die in den öffentlich geförderten Projekten „Automatische Leistungsmessverfahren“ und „Regelverfahren kleiner Leistung“ gewonnen Erkenntnisse werden auf

diesem Weg in die industrielle Nutzung überführt.



Für das ISE Freiburg wurde erstmals durch das ILK ein Prüfstand zur Untersuchung von Luft-Luft-Wärmepumpen entwickelt. Dieser besteht aus einem Kältekreislauf für brennbare Kältemittel und zwei Luftkonditionierungsstrecken. Die Luft kann durch Heizen oder Kühlen temperiert und gleichzeitig be- bzw. entfeuchtet werden. Die Volumenströme sind über die Drehzahl der Lüfter einstellbar. Die Beharungszustände für die Prüfpunkte können halbautomatisch geregelt werden.



Neben den Wärmepumpen können auch luftbeaufschlagte Wärmeübertrager als Verdampfer untersucht werden.

Mit der Entwicklung der automatisierten Luftkonditionierungsstrecken ergeben sich

in der Zukunft neue Chancen im Prüfstandsba. Durch die Kombination von Kältetechnik, Kühlwasserkreisläufen und Luftstrecken ist die Umsetzung von komplexeren Prüfaufgaben für Komponenten der Luft- und Kältetechnik möglich.

Durch weitere Forschungsvorhaben sollen weitere Märkte erschlossen und Risiken minimiert werden.

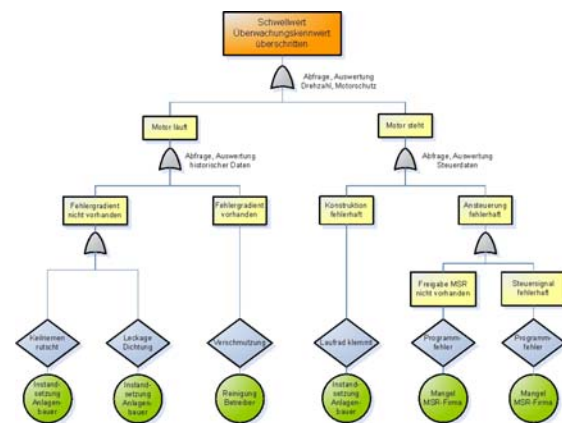
5. Klimatechnik

Fehlerüberwachungssystem für RLT-Anlagen

Entwicklungsziel war ein energetisch basiertes Überwachungssystem für raumlufttechnische Anlagen, welches durch die gezielte Kontrolle energetischer und betriebstechnischer Kennwerte Fehler im Betrieb detektiert, unwirtschaftlichem Betriebsverhalten vorbeugt und Betriebskosten reduziert. Gleichzeitig werden längerfristige Fehlfunktionen vermieden und geforderte Sollzustände sicherer eingehalten.

Für das Fehlerüberwachungssystem kommt dabei eine Volumenstrommessung nach einem neu entwickelten integralen Messprinzip auf Basis der Heißfilmanemometrie zum Einsatz.

Das entwickelte Fehlerüberwachungssystem liefert eine wissensbasierte Hilfestellung bei der Erkennung von Fehlern durch Über- oder Unterschreiten eines Schwellwertbereiches von energetischen Überwachungskennwerten. Dazu wird die qualitative Fehlerbaumanalyse verwendet, bei der eine modellhafte Unterteilung des betrachteten Gesamtsystems RLT-Anlage in Subsysteme und Komponenten erfolgen musste.



Die neuartige Entwicklung ermöglicht es, die wahrscheinlichste Fehlerursache näher einzugrenzen und direkte Handlungsanweisungen zu generieren.

Darüber hinaus ist es zusätzlich möglich, dem Betreiber eine Hilfestellung bei der Beauftragung von Wartungs- bzw. Serviceleistungen zu geben. Die softwaretechnische Umsetzung der mathematischen Algorithmen im Berechnungsalgorithmus erfolgte in der Programmiersprache Visual Basic.

Für die messtechnische Volumenstrombestimmung wurde ein integrales Thermisches Anemometer entwickelt. Dieses ermöglicht durch eine zeitparallele Messung mehrerer Messpunkte Geschwindigkeitsprofile in Luftkanälen zu erfassen.

Die Messung erfolgt dabei mit gleichmäßig über der Kanalfäche verteilten Sensorelementen, die in der Lage sind, Strömungsprofile richtungsabhängig zu erfassen. Daraus wird ein integraler Wert der Luftgeschwindigkeit ermittelt, welcher als Maß für den Luftvolumenstrom dient. Der Sensor kann sowohl für stationäre Langzeitmessungen als auch für mobile Untersuchungen zum Einsatz kommen.



Im Rahmen einer energetischen Inspektionsmessung konnte die Entwicklung des Gesamtsystems getestet werden. Dazu wurde das für diese Aufgabenstellung modifizierte Fehlerüberwachungssystem mit dem integralen Volumenstrommesssystem eingesetzt. Das Gesamtsystem konnte damit seinen Nachweis im praktischen Feldtest erbringen und zeigen, dass neben der geplanten Anwendung auch andere Aufgabenstellungen gelöst werden können.

Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden damit in vollem Umfang erreicht. Im Ergebnis steht ein innovatives Produkt, welches sowohl für die einmalige Zustandsanalyse von Bestandsanlagen (z. B. im Rahmen der vom Verordnungsgeber gesetzlich vorgeschriebenen Energetischen Inspektion von Klimaanlage) als auch im stationären Online-Betrieb bei Betreibern mit hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit der geforderten Betriebszustände Anwendung finden kann.

Entwicklung eines Brennstoffzellenklimagerätes

Ziel des Entwicklungsprojektes war ein kostengünstiges Gerätesystem zur Raumklimatisierung, welches den wachsenden ökologischen und wirtschaftlichen Ansprüchen gerecht wird. Das Projekt konzentriert sich auf ein abwärmebetriebenes Klimagerät, das bezüglich der Flexibilität und Investitionskosten den Multisplit-Klimasystemen ähnlich ist.

Das Klimagerät besteht aus einer Außen-einheit und mehreren Inneneinheiten, wobei die Inneneinheiten im Gegensatz zu den klassischen Multisplit-Klimasystemen über Kaltwasser versorgt werden. Das gewählte Funktionsprinzip basiert auf einem sorptionsgestützten Prozess mit einer gekoppelten Verdunstungskühlung.

Ein wesentlicher Vorteil des gewählten Verfahrens auf Basis der Luftentfeuchtung mit einem flüssigen, hygroskopischen Material und einer nachgeschalteten Verdunstungskühlung besteht darin, dass dieses Verfahren bei Umgebungsdruck

arbeitet. Im Vergleich zu Prozessen mit Absorptionskältetechnik sind dadurch geringere Anforderungen an die Festigkeit und Dichtheit des Gehäuses erforderlich.

Der geringere Fertigungsaufwand lässt geringere Gerätekosten erwarten. Infolge der konsequenten Auslegung der Inneneinheiten auf die relativ hohe Kaltwasservorlauftemperatur besteht zudem der Vorteil, dass in vielen Stunden des Jahres allein über die Verdunstungskühlung die notwendige Kaltwassertemperatur zur Verfügung gestellt werden kann.

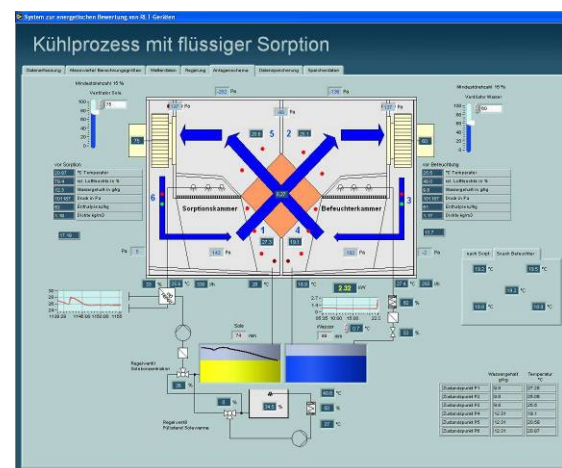


Bild: Oberfläche der Softwarevisualisierung

Es erwies sich, dass für den gewählten sorptionsgestützten Prozess im Vergleich zu anderen Abwärmenutzungsverfahren bereits Regenerationstemperaturen um 60°C ausreichend sind. Dadurch ergibt sich ein besonderer Vorteil, da das Temperaturniveau der weit verbreiteten „low-budget“ Solarthermie-Anlagen im erforderlichen Bereich liegt.

Es ist daher beispielsweise möglich, im Sommer die überschüssige Wärme von Solarheizungsanlagen für die Raumkühlung nutzen zu können. Durch diese alternative Nutzungsmöglichkeit ist mit dem entwickelten Verfahren unter anderem die Raumkühlung durch regenerative Energie durchführbar.



Bild: Prototypgerät zur Kaltwasserbereitung mit erweiterter Messtechnik

Eine weitere Zielstellung des Projektes war die Nutzung von Abwärme von Niedertemperaturbrennstoffzellen in Kombination mit dem Klimatisierungsprozesses.

Dies wird als Einheit beispielsweise in Büro- und Geschäftsräumen durch Nutzung der Energieformen Elektroenergie und Wärmeenergie eine gute Gesamtenergiebilanz ermöglichen.

Dieser Anwendungsbereich ermöglicht eine Verbreiterung des Brennstoffzellenmarktes, der für eine marktattraktive Preisentwicklung der Brennstoffzellensysteme erforderlich ist.

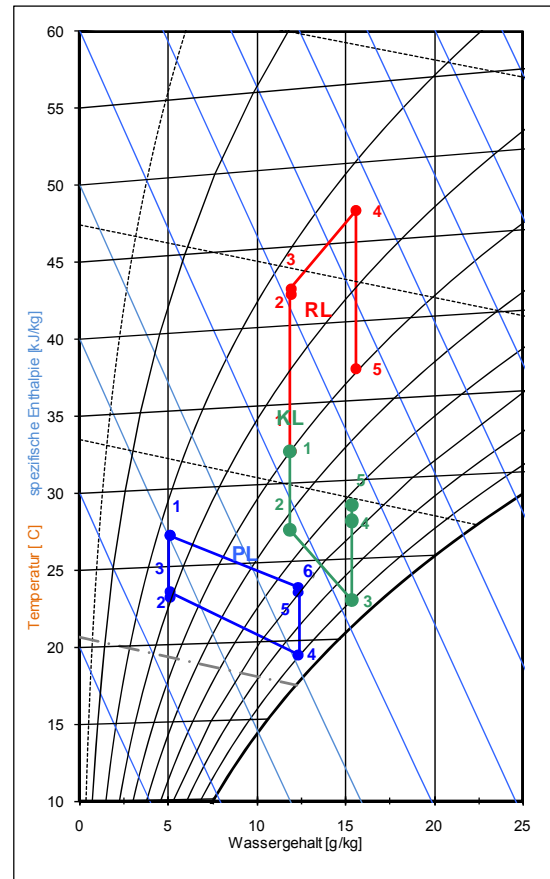


Bild: Prozesse zur Kaltwasserbereitung im Mollier hx-Diagramm

Innovative Wärmeübertragerkonzepte

Die internationale Fachliteratur zeigt eine Vielzahl von Untersuchungen zur Verbesserung des Wärmeüberganges in Plattenwärmeübertragern. Hierzu gehören insbesondere die passiven Methoden der Oberflächenstrukturierung mit Dimples.

Experimentell untersuchte Dimple sind zumeist flache kreisförmige Vertiefungen. Ihr Durchmesser zu Tiefe Verhältnis ist mit 4.3 bis 20 vergleichsweise groß. Solche Strukturen sind in Wärmeübertragerplatten beidseitig nur schwer einzubringen. Realistischer ist es, Platten so zu verformen, so dass auf einer Seite Dellen und auf der gegenüberliegenden Seite Noppen entstehen.

Im Rahmen eines grundlagenorientierten Forschungsthemas widmet sich die ILK Dresden gGmbH der experimentellen Untersuchung und numerischen Nachbildung solcher innovativen Wärmeübertragerkonzepte. Hierzu wurde ein entsprechender Versuchsstand aufgebaut. Prinzipiell handelt es sich dabei um zwei kleine sich kreuzende Windkanäle, in dessen Schnittpunkt ein Kreuz- bzw. ein Gegenstromwärmeübertrager eingesetzt werden kann.

Die Hauptabmessungen des untersuchten Kreuzstromwärmeübertragers (Bild 1) betragen $400 \times 400 \times 100 \text{ mm}^3$. Für den kühlenden und den zu kühlenden Luftstrom ergeben sich damit jeweils fünf wechselnd angeordnete Passagen zu je 9 mm Höhe bei einer nominellen Plattenstärke von 1 mm. Der zu kühlende Luftstrom wird im Umluftbetrieb gefahren und kann bis ca. $120 \text{ }^\circ\text{C}$ erhitzt werden.

Die in den Versuchen eingesetzten Dimple haben einen Außendurchmesser von ca. 9 mm und eine Tiefe von ca. 2 mm. Die versetzte Anordnung der Dimple ist in der oberen Öffnung des Wärmeübertragers in Bild 1 zu erkennen. Anders als gefräste Dimples sind ihre Berandungen gerundet. Lokale Ablösungen und die damit verbundene Steigerung des Druckverlustes sind daher kaum zu erwarten.

Die experimentellen Untersuchungen zeigen, dass mit den gedimpleten Wärmeübertragern die spezifische übertragene Wärmemenge gegenüber dem unstrukturierten Referenzfall um bis zu 40 % gesteigert wird. Eine komplexere Bewertung, welche neben dem Wärmeübergang auch den Druckverlust berücksichtigt, lässt erkennen, dass entsprechend des konkreten Einsatzfalles des Wärmeübertragers bestimmte geometrische Konfigurationen zu bevorzugen sind.

Die numerischen Simulationen mit FLUENT zeigen, dass je nach geometrischer Konfiguration gedimplete Wärmeübertrager gut bis sehr gut nachgebildet werden können. Bild 3 zeigt globale Wärmedurchgangskoeffizienten im Vergleich von Messung und Simulation. De-

tailbilder der Simulationen zeigen zudem, dass die abgerundeten Berandungen tatsächlich nicht zum Ablösen führen. Gleichzeitig bildet sich jedoch eine signifikante, wandnormal orientierte Strömungskomponente aus, die den konvektiven Wärmeübergang deutlich verstärkt.

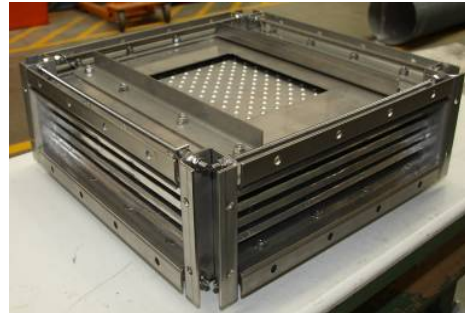


Bild 1: Gedimpler Wärmeübertragerblock der ILK Dresden gGmbH

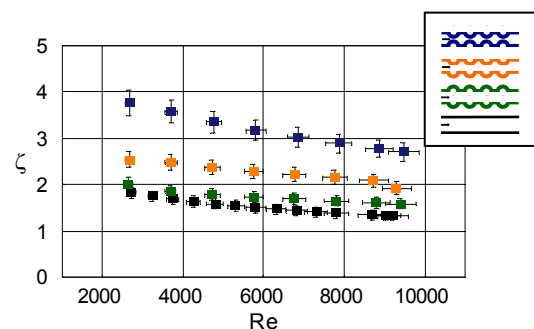
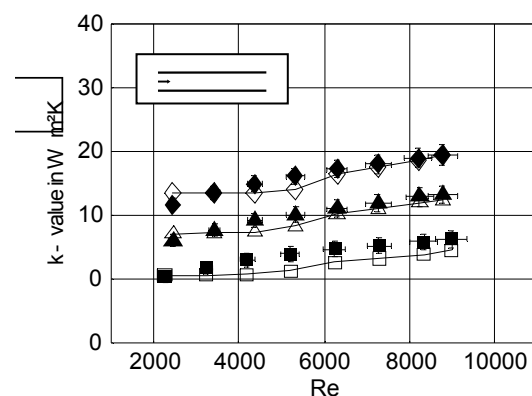


Bild 2: Dimensionslose Druckverlustbeiwerte geometrisch unterschiedlicher Kanäle entsprechend Skizze



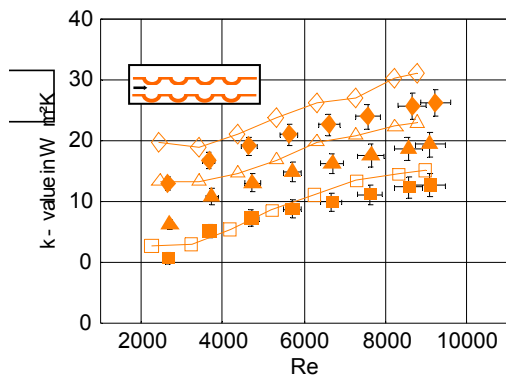


Bild 3: Experimentell und numerisch (FLUENT) ermittelte Wärmedurchgangskoeffizienten für Referenzfall (ebene Platten, oben) und gedimpler Wärmeübertrager (unten)

Entwicklung leiser CPU-Kühler mit fein strukturierten Schaufeln

Im Hinblick auf die Geräuschentwicklung von PCs hat sich in der letzten Zeit der Anspruch auf „leise Gerätetechnik“ rasant entwickelt. Neben den üblichen technischen Parametern stellt die abgestrahlte Schallleistung einen für den Verkauf zunehmend bestimmenden Parameter dar.

Ziel eines aktuellen Forschungsvorhabens ist es deshalb, einen leisen Ventilator speziell für die CPU-Kühlung zu entwickeln. Die technische Innovation steckt dabei in der neuartigen Konstruktion der Ventilatorschaufeln aus feinen Strukturen. Weiterhin sollen Kühlkörper und Ventilator als einheitliches strömungsmechanisches System betrachtet werden, um eine maximale Effizienz in Bezug auf die abzuführende Wärme zu erreichen. Als Grundlage für das Ventilator-konzept wurden im ILK bereits umfangreiche Forschungsarbeiten zu Ventilatoren mit fein strukturierten Lauf- und Leiträdern durchgeführt.

Strömungsmechanische Untersuchungen

Der Kühlkörper ist neben dem Ventilatorlauf- und eine zentrale Komponente eines CPU-Kühlers. Zudem existiert eine starke Wechselwirkung zwischen Ventilator und Kühlkörperdurchströmung.

Die Betrachtung von Kühlkörper und Ventilator als strömungsmechanisches System ist deshalb ein wesentlicher Punkt, um eine maximale Effizienz in Bezug auf die abzuführende Wärme zu erreichen.

Als wichtiges Werkzeug der strömungsmechanischen Untersuchungen wird die Numerische Simulation mit dem Programmpaket FLUENT eingesetzt. In FLUENT werden die Erhaltungsgleichungen der Kontinuität, des Impulses und der Energie numerisch gelöst. Die Simulation erfolgt für den stationären Zustand und wird vollständig dreidimensional sowie vollturbulent durchgeführt. Im Ergebnis der Simulation erhält man u. a. die Temperatur-, Druck- und Geschwindigkeitsverteilung für das Berechnungsgebiet.

Im Bild sind der Kühlkörper und ein vergrößerter Ausschnitt des Berechnungsgebietes dargestellt. Aufgrund des symmetrischen Aufbaus des Kühlkörpers reicht es hier aus, das Berechnungsgebiet auf ein Segment mit nur einer Rippe zu beschränken.

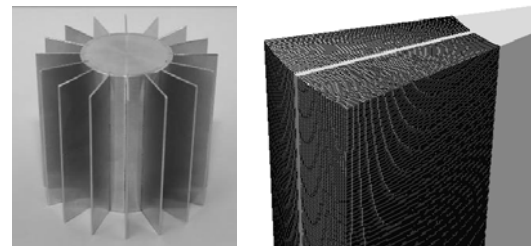


Bild: Kühlkörper Prototyp und Ausschnitt aus dem Berechnungsgebiet des Simulationsmodells

Für die optimale Gestaltung des Kühlkörpers in Abhängigkeit vom eingesetzten Ventilatorrad sind in einem ersten Schritt die folgenden Parameter von besonderem Interesse:

- Rippenanzahl
- Bauhöhe
- Material (Wärmeleitung)

Die Auswirkung der Parameter auf das Gesamtsystem lässt sich dann im Vergleich der Berechnungsergebnisse bewerten. Im folgenden Bild ist beispielhaft die Geschwindigkeitsverteilung der zwischen

den Rippen strömenden Luft dargestellt. Auffällig ist hier beispielsweise, dass ein Großteil der Kühlluft bereits im oberen Teil des Kühlkörpers wieder austritt. Das hat zur Folge, dass die von der CPU abzuführende Wärme zunächst über Wärmeleitung bis in den oberen Kühlkörperbereich transportiert werden muss, was einen ungewünschten großen Temperaturgradient zur Folge hat.

Weiterhin von Interesse sind Fragen wie z. B. die Gestaltung der Einströmgeometrie als Nachleitrad, um einen maximalen Druckrückgewinn zu erreichen.

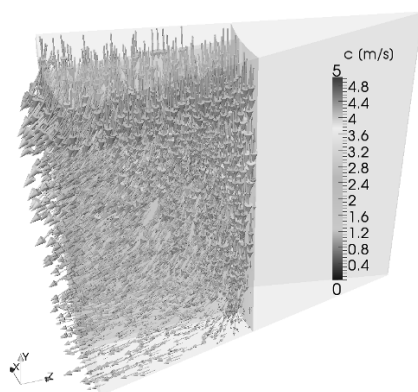


Bild: Geschwindigkeitsverteilung an einer Kühlrippe

6. Innovative TGA-Planung am ILK 2009

Festung Königstein Modernisierung von DDC-Automationsstationen

Seit 1992 wurden auf der Festung Königstein in mehreren Bauabschnitten die heizungs-, lüftungs- und sanitärtechnische Ausstattung modernisiert und erweitert. Für die Steuerung und Regelung dieser Anlagen wurde ein Gebäudeautomationsystem installiert.

Einrichtet wurden hierfür durch verschiedene Auftragnehmer insgesamt 5 Informationsschwerpunkte (ISP) mit jeweils einer

kommunikationsfähigen Automationsstation (AS) der Baureihe PRV bzw. PRU des Fabrikat Siemens. Die Automationsstationen (Automationsebene) werden als dezentrales Automationssystem mit verteilter Intelligenz betrieben. Eine örtliche Bedienung ist direkt an der Station oder über die zusätzlich eingerichtete Visualisierung der Gebäudeleitzentrale möglich. Schnittstelle zur Feldebene bilden systemeigene Ein- und Ausgangsmodule (I/O-Module) der Baureihe PTM. Alle Automationsstationen und I/O-Module sind zusammen mit dem Leistungsteil der jeweiligen Anlage in einem Automations-schaltschrank montiert.



Bild: ISP 03 / Kasematten-Restaurant
Controller UNIGYR PRU 2.128

Die Hauptfunktionen dieser Ebene sind Ein- und Ausgaben zur Feldebene (Sensoren und Aktoren), Steuerung, Regelung und Überwachung sowie Optimierung der technologischen Abläufe in den Anlagen der TGA, deren Signale in den Unterstationen verarbeitet werden.

Neben diesen umfangreichen Regel-, Steuer- und Logikfunktionen verfügen die Automationsstationen auch über eine Zeit- und Kalenderfunktion und eine lokale historische Datenbank. Übergreifende Informationen werden im Querverkehr selbstständig ausgetauscht. Dieser Informationsfluss der DDC-Stationen untereinander und mit der Gebäudeleitzentrale wird über einen proprietären Systembus realisiert.

Derzeit sind technologische Anlagen für Heizung, Lüftung und Sanitärtechnik mit einem Datenpunktaufkommen von ca. 320 Datenpunkten installiert. Diese werden auf

dem DESIGO-Bedienplatz auf insgesamt ca. 50 Anlagenbildern im Leitsystem novaPro visualisiert.

Perspektivisch ist vom Ausbau und der Modernisierung weiterer Ausstellungs- und Nutzungsflächen der Festung Königstein auszugehen.

Aus heutiger Sicht ist demnach nach Fertigstellung von Offizierskasino, Magdalenenburg und Westbebauung mit einem Datenpunktaufkommen von min. 650 Datenpunkten zu rechnen, welche im Endausbau etwa in ca. 80 Anlagenbildern dargestellt werden.

Hardwareseitig ist hier die Installation von Anlagenteilen auf Basis des Gebäudeautomationssystems Siemens DESIGO vorgesehen.

Diese Investition trägt somit wesentlich zu einer Optimierung des Personaleinsatzes bei, da eine einheitliche selbsterklärende grafische Bedienebene, angelehnt an die Visualisierung der Gebäudeleitzentrale, deutlich zur Verminderung von Bedienfehlern und zur Flexibilisierung des Fachpersonals führt. Zudem wird durch eine nach Benutzer gestaffelte, passwortgeschützte Bedienführung so auch - beispielsweise für Pächter von gastronomischen Anlagen - ein ausreichender Zugriff auf betriebstechnische Anlagen erreicht.

Dieser Eingriff soll nur im notwendigen Rahmen und unter Berücksichtigung technischer und bauphysikalischer Randbedingungen möglich sein, um eine eventuelle Fehlbedienung von Anlagen zu verhindern und damit Investitionsschutz zu gewährleisten.

Hinsichtlich des Ausführungszeitraumes für die zuvor beschriebenen Leistungen ist zu beachten, dass auf Grund von zahlreichen dezentralen Heizungsanlagen, welche über das Automatisierungssystem geregelt werden, eine Modernisierung überwiegend außerhalb der Heizsaison erfolgen wird.

Errichtung des Nahkälte-Versorgungssystems, Kälteverbund Insel 4 - Chemiegebäude – Chemische Institute 1. und 2. Bauabschnitt, Hempel-Bau, Förster-Bau, König-Bau und Müller-Bau

Zum Umbau der Kälteversorgung der TU Dresden in einen Nahkälteverbund sind in einer ILK-Studie grundlegende Überlegungen angestellt worden. Grundsätzlich sollen als Zwischenschritt 7 sogenannte Kälteinseln entstehen, die perspektivisch zusammen geschaltet bzw. verbunden werden können.

Grundlage dieser Investition in den Umbau ist die nachgewiesene Wirtschaftlichkeit. Dieser Nachweis für die Insel 4 ist erfolgt und liegt als Wirtschaftlichkeitsnachweis nach VDI 2067 und VwV Energieeffizienz vor.

Dabei wird die dezentrale Kälteerzeugung der zentralen Kälteerzeugung gegenübergestellt. Variante 1 ist die dezentrale Lösung mit einzelnen autark arbeitenden Erzeugern und Objekt, Variante 2 und 3 beinhaltet die Kälteverbundlösung mit einem zentralen Kälteerzeuger, der im Objekt Chemische Institute bzw. Objekt Hempel-Bau errichtet wird.

Die wirtschaftlichste Variante ist die zentrale Errichtung im Objekt Chemische Institute, die nun der weiteren Planung zugrunde liegt. Die Lösung berücksichtigt den Gesamtverbund mit anderen Kälteinseln.

Der zu ergänzende Gesamtkälteleistungsbedarf bei zentraler Aufstellung mit Verbundlösung muss eine Kälteleistung von 560 kW decken.

Die Planungen berücksichtigen die Errichtung eines zeitlich vorgezogenen Lieferabschnitts zwischen Chemischen Instituten und dem König-Bau sowie Müller-Bau aus der vorhandenen Kälteanlage des 1. Bauabschnitts sowie im Späteren die Errichtung der zentralen Kälteerzeugungsanlage.

Im Endausbau dieser Maßnahme ist eine Kälteleistung für den sommerlichen Kühlfall und die Prozesskühlung von 1.390 kW zu decken.

Der Neubau Chemische Institute - 1. Bauabschnitt sowie die Gebäude König-Bau und Müller-Bau werden genutzt und sind demnach Bestandsgebäude. Insofern erfolgt die Errichtung eines vorgezogenen Lieferabschnitts zwischen dem Neubau bzw. aus dessen vorhandener Kälteerzeugungsanlage. Dieser wird als Bauabschnitt 1 der Kälteinsel 4 bezeichnet.

Nach Inbetriebnahme des 2. Bauabschnitts der Chemischen Institute durch die TU Dresden erfolgt mit 560 kW Kälteleistung die Errichtung der zentralen Kälteerzeugungsanlage mit Standort im 2. Bauabschnitt und dessen endgültigem Versorgungsverbund über den 2. Bauabschnitt zu den Gebäuden Hempel-Bau und Förster-Bau. Dieser wird als Bauabschnitt 2 der Kälteinsel 4 bezeichnet.

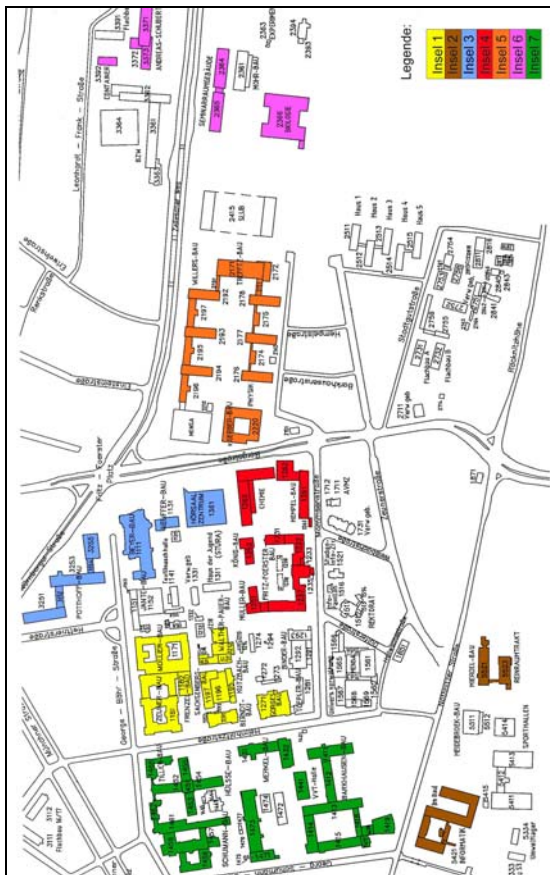


Bild: Lageplan - TU-Campus, Gesamt-Nahkälteversorgung - Kälteinsel 4 (Chemiegebäude)

Erforderliche technische und bauliche Maßnahmen für die Leistungen im Zusammenhang des Verbundes zwischen 1. und 2. Bauabschnitt bzw. der Errichtung der zentralen Kälteerzeugungsanlage mit Standort im 2. Bauabschnitt sind Bestandteil der derzeitigen Herrichtung des 2. Bauabschnitts. Gleiches gilt für den Verbundanschluss bzw. Kältebereitstellung im Müller-Bau. Es wird davon ausgegangen, dass der Verbundanschluss der weiteren Planung zugrunde gelegt wird.

Die Errichtung des Abzweigs im Schachtbauwerk der Außenanlage zwischen dem 1. BA der Chemischen Institute und dem König-Bau dient als Vorhaltung zur Versorgungsanbindung des Hörsaal-Zentrums. Vorrangig bleibt die Kältebereitstellung für die Objekte der Insel 4, so dass im Wesentlichen für den Fall eines Kälteleistungsüberschusses an das Hörsaal-Zentrum geliefert werden kann. Perspektivisch kann er aber auch als Anschlusseinspeisung an das zentrale Campus-Kältenetz genutzt werden. Beide Erschließungsbedingungen sind Bestandteil späterer Planungs- bzw. Ausführungsmaßnahmen.

7. Luftreinigungstechnik

Industrieller Hochleistungs-Schadstoffabscheider

Durch Bearbeitungsprozesse in der Industrie werden luftfremde Stoffe freigesetzt, welche, wenn sie nicht gefahrlos abgesaugt oder beseitigt werden, zum Teil in den Arbeitsbereich emittieren oder auch die Produktqualität beeinflussen können.

Neue Materialien und Verbindungstechniken rufen im Produktionsprozess oft Emissionen hervor, die vor der Anwendung nicht ermittelt werden können, oft nur im Umkehrschluss durch chemische Abluftanalytik. Probleme entstehen überall dort, wo gasförmige Stoffe mit Aerosolen in einer Mischphase vorliegen.

Da die abgeführten Luftmengen groß sind, ergeben sich meist nur geringe Schadstoffkonzentrationen. Allerdings ist über die Anlagenlaufzeit die Schadstofffracht beträchtlich und es werden Schäden durch zugesetzte Rohrleitungen, inaktive Wärmerückgewinnung sowie mangelhafte Funktion der Abluftanlage induziert.

Die hier skizzierten Problemfälle betreffen vor allem Einsatzfälle, wo dezentrale Abluftreinigungen der zentralen Absauganlage vorzuschalten sind, um die beschriebenen Effekte zu verhindern mit Abluftmengen unterhalb von 2000 m³/h.

Diese Konfigurationen werden immer stärker nachgefragt. Im Verbund mit der Fa. Bristol hat das Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) hierzu ein Forschungsvorhaben durchgeführt, in dem die im ILK bisher vorliegenden Forschungsergebnisse zur Gasreinigung genutzt wurden.

Im Rahmen des Fördervorhabens wurde ein mehrstufiges Abscheideverfahren für Aerosole und Gasphasen luftfremder Stoffe entwickelt.

Das Adsorbermodul ist dabei so gestaltet, dass es leicht austauschbar ist und für die Regenerierung aus dem Gerät entnommen werden kann. Für die Regenerierung wurde ein thermisches Modul entwickelt, welches für den Servicebetrieb zur Verfügung steht.

Die entwickelte Abscheideeinrichtung besteht im Wesentlichen aus drei Hauptbaugruppen:

1. Vorabscheidung
2. Elektrostatik
3. Adsorber.

Der Aufbau der einzelnen Hauptbaugruppen ist nachfolgend in Bild 1 dargestellt.

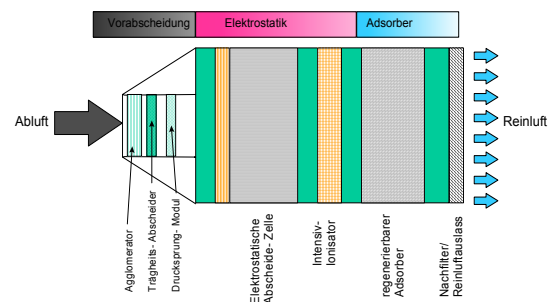


Bild 1: Aufbau des Hochleistungsabscheiders

Der Gesamt-Fraktionsabscheidegrad bei einem Volumenstrom von 1000 m³/h kann mit Werten von über 99 % effektiv nachgewiesen werden. Dabei erfolgt durch den Hochleistungs-E-Filter eine Abscheidung von über 95 % im Partikelgrößenbereich kleiner 1 µm (vgl. Bild 2). Die alleinige Verwendung des aktivierten Aktivkohle-Pakets bewirkt eine Abscheidung von über 50 % der submicronen Partikel.

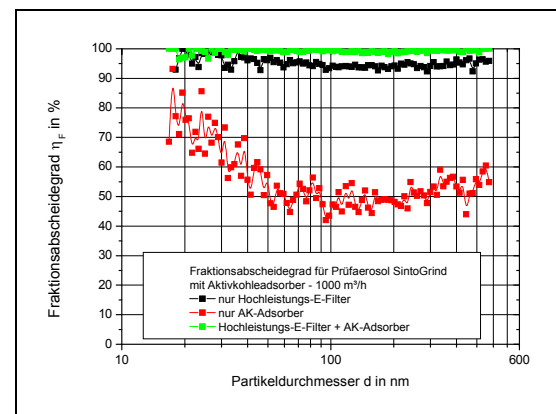


Bild 2: Abscheidegrad des elektrostatistischen Abscheiders

Kontaminationsfreie Baugruppen und Baugruppenträger

Der Vorgang des Nutzentrenns findet seine Anwendung bei der Vereinzelung von Leiterplatten aus einem größeren Leiterplatten-Gesamtnutzen. Eine Neuentwicklung der Nutzentrenntechnik ist die Vereinzelung von Leiterplattennutzen mittels Laser. Die Vorteile des Verfahrens liegen in einer Vergrößerung der Vorschubgeschwindigkeit und des stressfreien Trennprozesses für die Baugruppe.

Das Laserverfahren arbeitet ohne Einbringung einer Kraft auf den Nutzen. Bei der Trennung von Leiterplatten mittels Laser entstehen Sublimationsprodukte, die sowohl als partikelförmige als auch dampfförmige Emissionen wirksam werden.

Das Ziel des durchgeführten FuE-Vorhabens war die Entwicklung eines prozesssicheren Komplettsystems zur Absaugung und Abscheidung von gas- bzw. dampf- und partikelförmigen Emissionen, die im speziellen Einsatzfall eines Nutzentrenners mit Laserbearbeitungskopf entstehen.

Folgende Arbeitsschritte waren dabei zu realisieren:

- Laborversuchsstand
- Abscheiderkonzept
- Strömungsanalyse
- Oberflächenanalyse
- Praxismessung
- Erfassungsmessung
- Erprobungsmuster

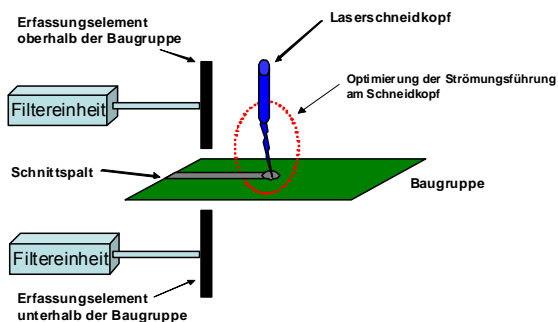


Bild 1: Schadstofffassung bei der Nutzentrennung

Die Lösung der Aufgabe beinhaltet die komplexe Anwendung neuester material-, geräte- und verfahrenstechnischer Entwicklungen. Das neue Filtergerät ist dabei vor allem durch den Einsatz der folgenden Aspekte gekennzeichnet:

- Innovatives Vorfilter mit definierter Strömungslenkung aus Fasern mit einer hohen filtertechnischen Leistungsfähigkeit bezüglich Druck- und Abscheideverhalten,

- Schwebstofffilterelement mit Schutzfilterstufe
- Innovativer aktivierter Aktivkohle-Adsorber zur optimierten Gasphasenreduktion (Geruchsstoffe)

Das erstellte Versuchsmuster des Filtergerätes ist für den Einsatz nach einem Nutzentrennautomat vorgesehen.



Bild 2: Messungen an einem Nutzentrennautomat bei Fa. G.A.S.

Das Filtergerät zeichnet sich durch eine hohe Effektivität aus. Die Installation erforderte zusätzlich die Optimierung der Schadstofffassungseinrichtungen ober- und unterhalb der Baugruppe sowie im Bereich des Laserschneidkopfes.

Im Zusammenwirken von Erfassungseinrichtungen und Filtergerät werden die hohen Qualitätsanforderungen bei der Nutzentrennung optimal erreicht.

Neuartige Abscheideverfahren für Schadstoff-Emissionen bei der Materialbearbeitung mittels Lasertechnik (ASEMLAS)

Bei der Materialbearbeitung mittels Lasertechnik entstehen sowohl gesundheits-schädliche Gase als auch Partikel im Submikrometerbereich.

Bei den partikelförmigen Emissionen ist zwischen Primär- und Sekundärpartikeln zu unterscheiden. Die Erstgenannten entstehen im Wesentlichen durch die Kondensation übersättigter Dämpfe, die letztgenannten durch Koagulation der Primär-

partikel, oder die Kondensation von Gasen bzw. Dämpfen an den vorhandenen Partikeln.

Aus dem Energieeintrag des Laserstrahls resultiert eine starke Erwärmung und Expansion von Gasen in der Nähe des Auftreffpunktes. Diese Gase reißen Tropfen und Partikel vom Entstehungsort fort.

Neben den Auswirkungen auf die Gesundheit des Anwenders kann durch diese Emissionen auch die Leistungsfähigkeit der Laseranlage beeinträchtigt werden. Partikel, welche zum Beispiel auf der Laseroptik abgeschieden werden oder Aerosole, welche in der Arbeitszone verbleiben, führen zu einer Abschwächung der Laserleistung. Des Weiteren führen abgelagerte Partikel auf dem Werkstück zu einer Verminderung von dessen Qualität.

Um die Abluftströme besser regulieren zu können und auch höhere Saugleistungen (höhere Durchströmgeschwindigkeiten) zu erreichen, sind stabile Filterlagen erforderlich. Die Bestimmung eines für die Folgeuntersuchungen geeigneten schwer abtrennbaren Testaerosols erfolgte am Fraunhofer Institut (IWS) für Werkstoff- und Strahlforschung.

Hierfür wurde ein Versuchsstand eingerichtet, an welchem die, bei der Bearbeitung unterschiedlichster Werkstoffe freigesetzten, Aerosole untersucht werden konnten.

Die hierbei betrachteten Werkstoffe sind:

- Stempelgummi
- Polymethylmethacrylat (Plexiglas)
- Holz (Buche, Fichte,..., MDF)
- Polyvinylchlorid
- Baustahl

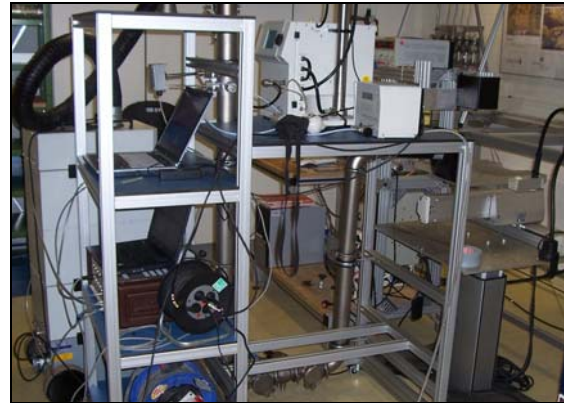


Bild 1: Messanordnung im IWS

Für die Bestimmung der Emissionen bei der Laserbearbeitung wurden die Energieeinträge in das Material variiert. Die entstehenden Emissionen wurden über eine modifizierte Düsenplatte erfasst und abgesaugt. In einer Messstrecke konnten die Massenkonzentration und die Partikelgrößenverteilungen der Laser-Aerosole bestimmt werden.

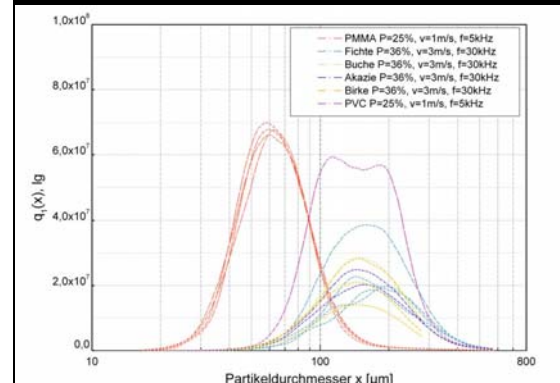
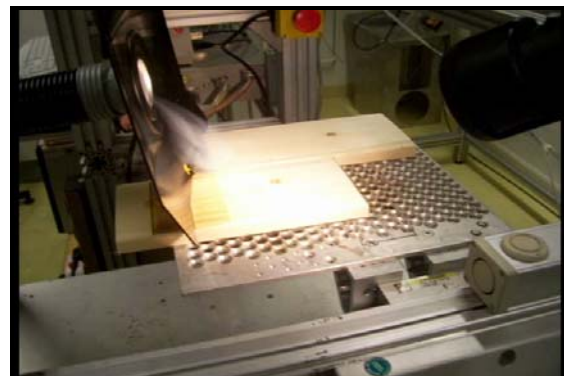


Bild 2: Spezifische Aerosol-Charakteristik

8. FuE-Dienstleistungen auf dem Gebiet der Luftreinhaltung 2009

Leistungsmessungen und Messtechnik für die Weiterentwicklung von filternden Abscheidern

Schnelle Druckmessung

In filternden Abscheidern werden Filterelemente unterschiedlicher Art sowie Regenerierungssysteme mit und ohne Injektoren in unterschiedlicher Form und Abmessung eingesetzt. Auf eine Leistungssteigerung bei der Abreinigung durch konstruktive Maßnahmen wird zwar meist hingewiesen, aber ein exakter Vergleich der einzelnen Bauformen erfolgt auf Grund des Aufwandes oft nicht.

Möglich wird dies durch indirekte Untersuchungsmethoden, bei denen der Druckanstieg während des Abreinigungsimpulses ermittelt und zur Beurteilung herangezogen wird. Dieses Vorgehen ist an eine spezielle Mess- und Auswertetechnik geknüpft. Die Messdaten müssen hier in einer sehr schnellen Abtastfrequenz im Moment der Regenerierung bereitgestellt werden. Dabei erfolgt die Messung der Drücke im Innenraum des Filterelementes, sowie der Druckabfall im Druckkessel während der Regenerierungssequenz von 300 ms.

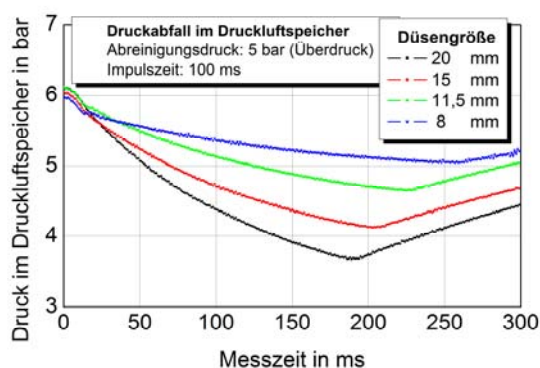


Bild 1: Kesseldruckverlauf bei der Abreinigung

Für diese Untersuchungen wurde im ILK ein spezielles Messwert-Erfassungssystem entwickelt, welches die Aufnahme dieser Druckimpulse möglich macht. Die filtertechnischen Kenngrößen werden kontinuierlich im Sekunden-Takt erfasst und ermöglichen eine Charakterisierung des Filterkuchenaufbaus am Filtermaterial.

Über eine Triggerung wird im Moment der Abreinigung der schnelle Daten-Speicher aktiviert. Dadurch ist auch eine Analyse der Abreinigungseffizienz und des spezifischen Energieverbrauches möglich. Die Messeinrichtung besteht aus einer Messwertfassung (Bild 2) und den Drucksensoren, welche am Druckkessel und im Inneren des Filterelementes montiert werden.



Bild 2: Messwertfassung

Weiterentwicklung und Leistungsprüfung von filternden Abscheidern

Unter Einsatz von modernster Messtechnik ist auch die Optimierung und Leistungsmessung an filternden Abscheidern unter Technikumsbedingungen möglich.

Für die Dosierung und Dispergierung von Stäuben stehen im ILK Dresden präzise Dosierwaagen und Druckluftzerstäuber bereit. Die Bestimmung von Gesamt- und Fraktionsabscheidegraden erfolgt durch gravimetrische Messungen sowie durch Aersolspektrometer. Immer wichtiger ist auch die Bestimmung von Grenzleistungskenngrößen, wie der maximalen Belastung in Abhängigkeit der Rohgasstaubkonzentration. Das schafft Auslegungs- und Prozesssicherheit bei Herstellern und Anwendern von Abscheidetechnik.



Bild 3: Abscheideraufstellung mit ILK

9. Angewandte Neue Technologien / Werkstoffe/Messtechnik

Mikro-Thermoelektrischer Spannungsgenerator

Innerhalb dieses Projektes wurde die vorwettbewerbliche Entwicklung eines miniaturisierten Spannungsgenerators realisiert, der im Vergleich zum Stand der Technik preisgünstiger und langlebiger ist und bedingt durch eine kleinere Baugröße neue Anwendungsfelder eröffnet.

Der Fokus liegt bei diesem Projekt auf der Spannungserzeugung von hohen Spannungen mit einigen hundert Volt bis in den kV-Bereich und geringen Ausgangsströmen, getrieben von einer Gleichstromkleinspannungsquelle (z. B. Batteriesysteme oder Netzteile).

Um Spannungen mit hohem Ausgangspotential bei kleinen Ausgangsströmen netz- oder batteriegespeist zu erzeugen, werden derzeit AC/DC- bzw. DC/DC-Wandlermodule genutzt. In diesen Modulen sorgen

hochfrequent schaltende Hochsetzsteller, in der Regel in Kombination mit Übertragern und nachgeschalteten Kaskaden, für die gewünschte hochpotentielle Ausgangsspannung.

Kleine Baugrößen und hohe Wirkungsgrade werden durch hohe Schaltfrequenzen und kurze Schaltflankenzeiten für das Wechsellspannungssignal genutzt, die erhebliche elektromagnetische Störimpulse erzeugen.

Diese Störsignale beeinflussen über leitungsgebundene und feldgebundene Übertragungswege angrenzende oder kontaktierte Peripherie, so dass durch zusätzliche Filterbauelemente oder Abschirmsysteme der schaltungstechnische Baugruppenaufwand erheblich erweitert werden muss, um die anwendungsspezifischen Grenzwerte einhalten zu können.

Um diese Nachteile handelsüblicher Produkte zu vermeiden, wurde für die ILK-Entwicklung ein pyroelektrisches Substratmaterial als Spannungsgenerator eingesetzt. Diese Materialien haben die Eigenschaft, durch thermische Verformung bedingt, ein hohes Spannungspotential zwischen ihrer Substratober- und -unterseite zu erzeugen.

Die Erzeugung der notwendigen Temperaturdifferenz wird durch ein kombiniertes Mikro-Heiz-Kühlsystem erzeugt.

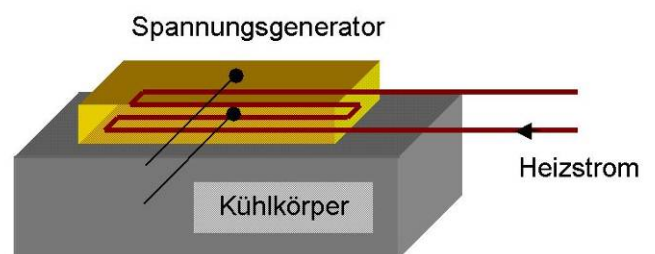


Bild 1: Aufbau des Mikro-Thermoelektrischen Spannungsgenerators

Innerhalb des Projektes wurde das Generatorkonzept erstellt, Substratvoruntersuchungen, theoretische Analysen und der Aufbau eines spezifischen Messsystems durchgeführt. Anschließend erfolgte die

Auslegung und Erstellung der Fertigungsdokumentation für die Versuchsmusterfertigung. Isolations-, Kontakt- und Klebertechnik wurden optimiert und am Prototyp ein Lebensdauertest und die Fertigungsoptimierung für die Prototypkleinserie ergänzt.



Bild 2: Prototypkleinserie der Spannungsgeneratoren

Im Abschluss des Projektes konnten erste Musterbaugruppen zur Evaluierung bei Anwendern aus der Industrie ausgeliefert werden. Die Sicherung der Entwicklungsergebnisse erfolgte durch die Patentschrift DE 10 2009 008 998.5.

Entwicklung von Hochtemperatur-Latentwärmespeichermaterial

Die Hochtemperatur-Wärmespeicherung ist ein wichtiges Instrument zur Erhöhung der Energieeffizienz wärmetechnischer Prozesse. Im Jahre 2009 standen im Zentrum der Entwicklung von Hochtemperatur-Wärmespeichermaterialien auf der Basis von Phasen-Wechselmaterialien (HT-PCM) die Arbeiten zur Formgebung, zur Verkapselung, zur Nutzung poröser Stützkörper sowie zum Test und zur Charakterisierung der entwickelten Wärmespeichermaterialien.

Für die Herstellung kugelförmiger HT-PCM-Kerne wurden zwei Verfahren entwickelt, das Gießen in Mehrfach-Silikonformen als effiziente Variante mit für den Labormaßstab guter Produktivität, Formgenauigkeit, Dichte und Entformbarkeit sowie ein Stempel-Kaltpressverfahren speziell für

höherschmelzende und chemisch aggressive Materialien.

Die Arbeiten zur Kunststoffverkapselung konzentrierten sich auf Silikone als Hüllmaterialien. Anhand verschiedener Tests wurde das Spritzgießen von Flüssigsilikon mit vorgefertigten Halbkugelkalotten als Vorzugstechnologie entwickelt. Gemeinsam mit einem Industriepartner wurden mehrere hundert Wärmespeicherkugeln (Kerndurchmesser ca. 30 mm, Wandstärke ca. 1,3 mm) gefertigt (Bild 1).

Die Nutzung poröser Stützkörper für HT-PCM-Speicherkugeln dient der mechanischen Verstärkung der Kerne und der Erhöhung der Wärmeleitung. Es wurde nachgewiesen, dass bei optimierter Gießtechnologie Aluminium als Stützkörpermaterial in Form von Schaum und Streckmetall eingesetzt werden kann.

Zum Test der Speicherkugeln wurde ein komplexes Programm von Charakterisierungs- und Prüfverfahren entwickelt. Die mechanischen Eigenschaften der Speicherkugeln wurden im geschmolzenen Zustand durch einachsigen Druck sowie durch zyklische dynamische Belastung getestet (Bild 2). Es wurde der Nachweis der Stabilität der Kugelkapselungen für Innendrucke bis 8 bar erbracht. Stapelhöhen von 6 bis 26 m sind damit möglich.

Zur thermischen Charakterisierung wurde ein Kalorimeter konzipiert und gebaut. Damit konnten den Erwartungswerten entsprechende Speicherkapazitäten in Höhe von 156 J/g (96 kJ/l) bei ca. 126 °C und 276 J/g (228 kJ/l) bei ca. 119 °C nachgewiesen werden (Bild 3); die volumenbezogenen Angaben entsprechen einer Füll-dichte von 60 %.

Weitere Untersuchungen betrafen die Charakterisierung der thermischen Stabilität der HT-PCM sowie die Durchführung thermischer Zyklen-Tests mit mehr als 100 Schmelz- und Erstarrungszyklen. Die Permeabilität der gekapselten Speicherkugeln wurde durch Langzeitauslagerung bei Anwendungstemperatur in Wärmeträgermedien untersucht. Eine prinzipielle

Anwendbarkeit der Speicherkugeln mit Heißluft und zum Teil mit speziellen Glykolen wurde nachgewiesen.

Wirtschaftlich interessante Langzeitanwendungen mit Wasser oder Ölen erfordern eine weitere Qualifizierung der Kapselmateriale und der Keimbildungsprozesse.



Bild 1: Silikonkapselte HT-PCM-Wärmespeicherkugeln

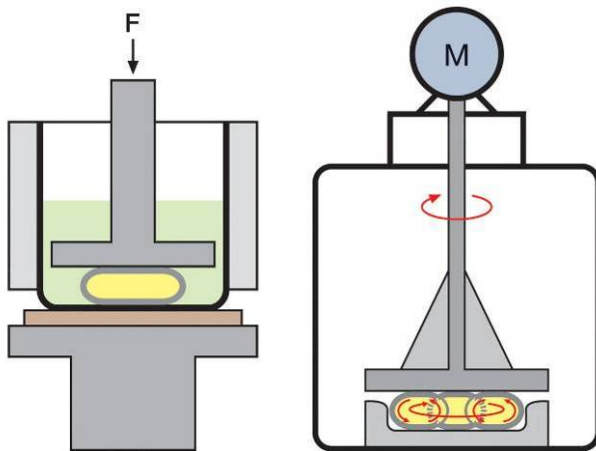


Bild 2: Mechanische Belastungstests (Quetschen links und Roll-Walken rechts)

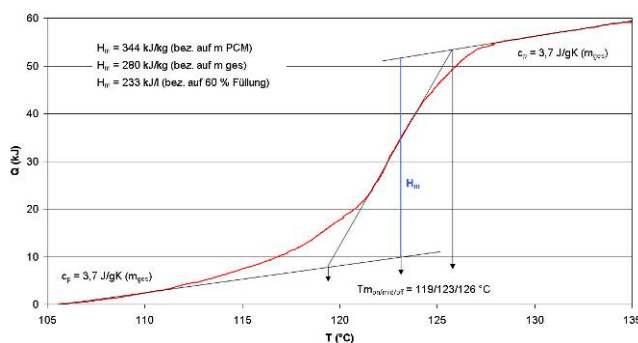


Bild 3: Kalorimetrische Messung von HT-PCM-Kugeln

Testcool

Alternative umweltschonende Energiekonzepte wenden sich verstärkt dem Einsatz flüssiger tiefkalter Energieträger, wie Flüssigerdgas (LNG) oder flüssigen Wasserstoff (LH_2) zu, die sich durch eine hohe Energiedichte auszeichnen.

Transport und Lagerung stellen dabei zusätzliche Anforderungen an den Werkstoffeinsatz, insbesondere hinsichtlich mechanischer und thermischer Eigenschaften, sowie deren Wechselverhalten im kryogenen Temperaturbereich.

Gegenwärtige Werkstoffentwicklungen widmen sich in verstärktem Maße hochleistungsfaserverstärkten Kunststoffen, die hohe mechanische Eigenschaften mit geringem spezifischem Gewicht verbinden und in hochbelasteten Bauteilen mit Metallen konkurrieren können.

Im Rahmen des FuE-Projektes „TESTCOOL“ wurde ein innovatives Messsystem mit integriertem Kühlsystem zur Bestimmung mechanischer Kennwerte entwickelt, das die Voraussetzung für eine umfassende Tieftemperaturqualifizierung herkömmlicher und neuer Werkstoffe gestattet.

Die komplexe Prüfeinrichtung basiert auf einer *Universalprüfmaschine*, ergänzt durch eine Temperierkammer zur Schaffung definierter Versuchsbedingungen in Probenumgebung wie z. B. die Bereitstellung der erforderlichen Kühlendtemperatur, die sollwertgesteuerte Ausführung geregelter Kühl- und Aufwärmzyklen sowie deren Dokumentation.

Die Temperierkammer ist als doppelwandiger vakuumsolierter *Kryostat* ausgelegt.

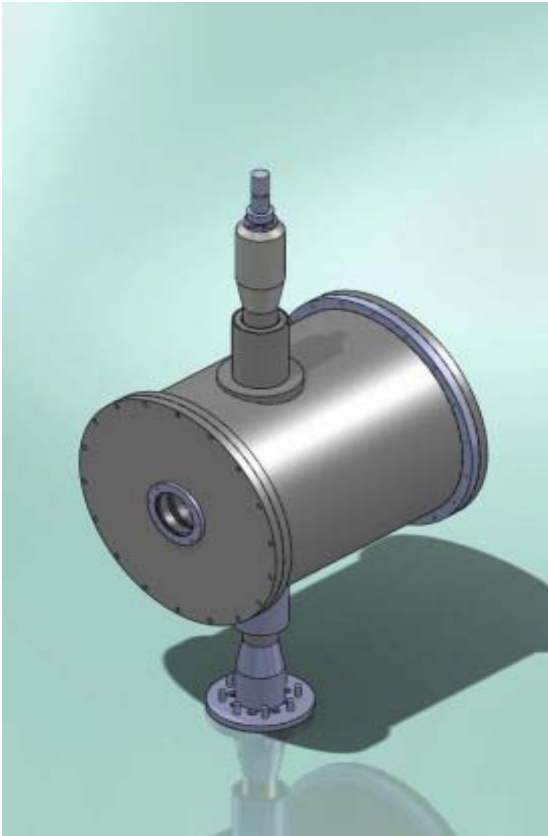


Bild 1: Vakuumisolierterer Kryostat mit optischem Fenster

Die Temperierung des Kammerinneren erfolgt mittels des geregelten Gasstromes einer angekoppelten LN₂-Kaltgasanlage. Die Bewegungsführung der speziell für Tieftemperaturanforderungen ausgelegten Zugstangen erfolgt über einen axial geführten Membranfaltenbalg geringer Federkraft zur Entkopplung des Innenraumes von der Umgebung. Damit wird unkontrollierter Kaltgasaustritt und Eindringen von Feuchtigkeit in den Probenraum vermieden. Darüber hinaus wurde eine Möglichkeit geschaffen, Proben unter Vakuum bei Temperaturen bis ca. 20 K zu untersuchen.

Bei entsprechender Kaltgasführung kann die Probe ebenso einer Temperaturwechselbelastung ausgesetzt werden. Die Temperatur in Probennähe sowie die Temperaturverteilung im Raum wird mittels eines mehrkanaligen unabhängigen *Temperaturkontrollsystems* online erfasst.

Die Erfassung der Dehnung und Querkontraktion erfolgt mittels *Laser-Speckle Messtechnik*.

Die Vorteile bei der Nutzung dieses Verfahrens liegen in der berührungslosen und markierungsfreien Messtechnik. Das Messprinzip basiert auf dem Erkennen und Verfolgen von Speckle-Mustern, die mit Laserlicht auf der Oberfläche erzeugt werden. Das Speckle-Muster folgt der Bewegung und Dehnung an der Probe, die mittels zweier Vollbild-Digitalkameras in Längenänderungen umgesetzt werden. Auf bisher gebräuchliche Dehnmessstreifen und deren hohe Messunsicherheit kann verzichtet werden.

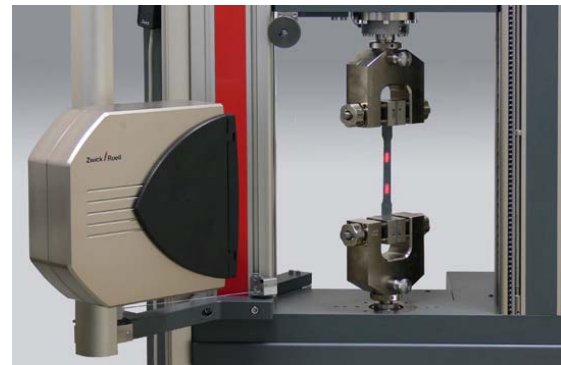


Bild 2: Messaufbau Laser-Speckle Messsystem

Das Messsystem befindet sich außerhalb der Temperierkammer und wird über optische Fenster in den Probenraum eingekoppelt und unterliegt damit keiner thermischen Beeinflussung. Das Laserlicht geringer Leistung beeinflusst die Proben-temperatur nicht. Das berührungslose Messsystem vereinfacht zudem die Handhabung und die Probenvorbereitung in der Temperierkammer deutlich.



Bild 3: Universalprüfmaschine mit Kryostat und Laser-Speckle-Messsystem

Die Erprobungsphase des durch eine modulare Tieftemperaturtemperierkammer erweiterten Messsystems „Universalprüfmaschine mit Laser-Speckle-Dehnungsmessung“ konnte erfolgreich abgeschlossen werden.

Neue Low-GWP-Kältemittel

In Fortführung und Abschluss des Projekts „Neue Low-GWP-Kältemittel“ erfolgten vergleichende Untersuchungen in Form von Maschinenlangzeittests. Hierbei sollte in ersten Versuchen die Praxistauglichkeit des bereits anderweitig untersuchten Kohlendioxid-Propen-Gemisches (75/25 mass%) getestet werden.

Die Tests erfolgten unter Einbeziehung der bereits untersuchten Kältemittel R-744 und des R-744/1270-Gemischs mit den Kältemaschinenölen PAG-Öl Reniso ACC46 und POE-Öl Reniso C85E. Da bereits bei früheren im Rahmen dieser Forschungsarbeit durchgeführten Sealed Tube Tests festgestellt wurde, dass Additivkomponenten des Öls Reniso C85E mit Propen reagieren und in Folge das Öl dermaßen verändern, dass eine Weiter-

verwendung als Kältemaschinenöl zu Betriebsstörungen von Kälteanlagen führen kann, kam für die Maschinentests das unadditivierte Öl zur Anwendung.

Die Bilder veranschaulichen den prinzipiellen Aufbau der insgesamt vier angefertigten Kältekreisläufe.

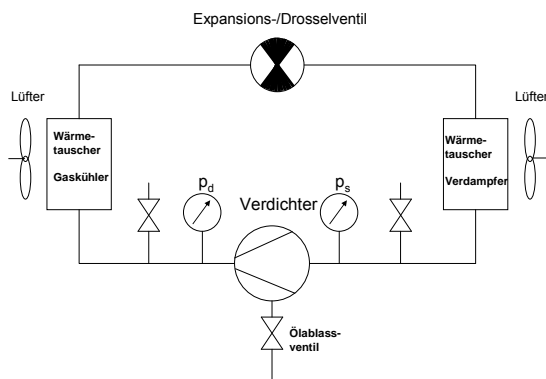


Die Maschinentests wurden unter vergleichbaren Bedingungen (gleiche Umgebungstemperatur und gleiche Verdampferemperatur) durchgeführt. Jeweils zwei Prüfstände waren mit reinem Kohlendioxid und zwei weitere mit dem Kohlendioxid-Propen-Gemisch betrieben worden. Die Laufzeit betrug jeweils 1000 h.

Der Betrieb lief ohne Störungen der Kompressoren. Zwischenzeitlich musste jedoch eine Abtauphase der Verdampfer über 6 Stunden erfolgen. Anschließend wurden alle Anlagen mit Verdampfertemperaturen betrieben, die ein Vereisen ausschlossen.

Nach Ablauf der Testphase wurden die Öle untersucht und die Befundung der Kompressoren veranlasst.

Aufgrund der erfolgten Maschinentests kann von keiner negativen Beeinflussung bzgl. des Abnutzungsverhaltens der Kompressoren bei Zumischung von Propen zu Kohlendioxid ausgegangen werden. Alle gemessenen chemischen und thermodynamischen Parameter bestätigen dies.



Es kann insgesamt eingeschätzt werden, dass nach den abgeschlossenen Untersuchungen das Kältemittelgemisch Eigenschaften aufweist, die einen sinnvollen Einsatz in Kältemaschinenkreisläufen ermöglichen. Neben der sicherheitstechnischen Einstufung des Kältemittelgemischs in die Gruppe A2 werden auch Chancen für die Einstufung in die Untergruppe A2L gesehen, was jedoch mittels erforderlicher Flammenausbreitungs-Geschwindigkeitsmessungen noch experimentell nachzuweisen ist. Darüber hinaus werden fortführende praxisorientierte Maschinenversuche sowie Simulationen von Leckageszenarien im Rahmen eines marktorientierenden Forschungsprojektes als notwendig erachtet.

Durch die Bearbeitung des Themas wurden am ILK wertvolle Erfahrungen und Kenntnisse auf folgenden Gebieten gewonnen:

- Neue Erkenntnisse im Umgang mit kohlenwasserstoffmodifiziertem Kohlendioxid als Kältemittel
- Ausrichtung von Versuchsapparaturen auf höhere Drucklagen
- Abschätzungen zur Entflammbarkeit von kohlenwasserstoffhaltigen Kohlendioxid

Der positive Ausgang der Untersuchungen führte zu einer Patentanmeldung des Propylen-Kohlendioxid-Kältemittelgemischs und drei Veröffentlichungen.

Sowohl Kältemittelhersteller als auch Kompressorhersteller haben ihr Interesse

an der Nutzung des Kältemittelgemischs geäußert.

10. FuE-Dienstleistungen auf dem Gebiet der Arbeitsstoffe und Werkstoffe 2009

Im Geschäftsjahr 2009 wurden im Hauptbereich Angewandte Neue Technologien vielfältige Entwicklungsprojekte und ingenieurwissenschaftliche Dienstleistungen in den Bereichen Stoffdatenermittlung, der MSR-Technik, der Lecksuche / Dichtheitsprüfung sowie der angewandten Werkstofftechnik bearbeitet.

Umfangreiche Projekte zur Ermittlung neuer Arbeitsstoffdaten neuer Low-GWP-Kältemittel und deren Qualifizierung für Automobilanwendungen standen im Zentrum der Laboruntersuchungen. Dabei wurden anwendungsorientiert neue Kältemittel-Ölssysteme hinsichtlich chemischer Beständigkeit, deren Verträglichkeit mit Elastomer- und Dichtwerkstoffen sowie bezüglich des Permeationsverhaltens untersucht.

Im Jahr 2009 wurden im Bereich MSR-Technik Studien zum Einsatz solarer Kühlsysteme sowie Konzepte zur energetischen Bilanzierung der Systeme entwickelt. Diese bildeten die Grundlage für die Errichtung einer ersten Prototypeninstallation eines autarken Energieversorgungssystems, die gemeinsam mit einem Partnerunternehmen für ein Großunternehmen im Bereich Öl- und Gasfelderschließung realisiert wurde. Der Anteil des ILK bestand in der Auslegung und Errichtung einer kundenindividuellen Kälteanlage inklusive deren lufttechnischer Einbindung sowie der Sensorik, Steuerung und Bedieninterfaces.

Das in zahlreichen öffentlich geförderten FuE-Projekten des ILK akquirierte Wissen zu komplexen Wechselwirkungen von Arbeitsstoffen, Werkstoffen sowie Dichtmaterialien in luft- und kältetechnischen Anlagen ermöglichte die Beratung zahlreicher Unternehmen bei Fragestellungen zur beanspruchungsgerechten Werkstoffauswahl

und die Unterstützung bei der Aufklärung von Schadensfällen.

Das Angebot von Schulungen und Seminaren zur Dichtheitsprüfung kältetechnischer Anlagen wurde durch Anerkennung des ILK als berechnete Stelle zur Erteilung von Sachkundebescheinigungen nach § 5 ChemKLimaschutzV nach Kategorie 4 erheblich ausgeweitet.

11. Angewandte Energietechnik

Verbundprojekt R 718-Kaltwassersatz der 3. Generation

Das Verbundvorhaben zwischen der Cofely Refrigeration GmbH, wie die Axima-Refrigeration GmbH aus Lindau seit einer Umbenennung im Jahr 2009 heißt, und dem ILK Dresden, startete im Juni 2008 und ist für einen Zeitraum von 3 Jahren konzipiert.



Bild: Versuchsverdichter auf dem ILK Verdichterprüfstand

Ziel des Vorhabens ist die Bereitstellung von Ergebnissen, Erkenntnissen und Methoden als Voraussetzung zum Bau von Kaltwassersätzen mit Wasser als Kältemittel. Zur Zielstellung gehört weiterhin eine hohe Energieeffektivität, ausreichende Zuverlässigkeit und technologische Machbarkeit. Ausgehend von den grundlegenden Erfahrungen mit ausgeführten Anlagen werden Turboverdichterstufen mit einem verbesserten Wirkungsgrad entwi-

ckelt. Die ersten Typen sind auf einem eigens errichteten Verdichterprüfstand installiert worden.

Die Leistungsmessungen begannen im Jahr 2009. Es wurden neue verfahrenstechnische, konstruktive und technologische Lösungen gefunden, die in speziellen Versuchseinrichtungen oder auf dem Verdichterprüfstand erprobt werden.

Der Vergleich der Gestaltungsideen der 1. Generation Turbo-KWS mit Wasser als Kältemittel mit der 3. Generation offenbart die grundlegenden Unterschiede. Das Prinzip des Hochleistungsturboverdichters mit CFRP-Schaufeln wurde beibehalten. Beide Verdichterstufen eines Kaltwassersatzes, einschließlich eines integrierten Zwischenkühlers, arbeiten im Vakuum. Die Maschinen werden von außen liegenden Motoren angetrieben.

Die Hauptkomponenten, vor allem Turboverdichter und Wärmeübertrager, werden für erhöhten Verdichterwirkungsgrad und höhere Leistungszahl des Kaltwassersatzes optimiert. Innovative verfahrenstechnische und konstruktive Lösungen, Verbesserungen und Vereinfachungen sollen schließlich den Herstellungsaufwand deutlich reduzieren.

Vakuumeisspeicher-Verfahren zur Eisherstellung und Eisspeicherung im Direktverdampfungsprozess mit Wasser als Kältemittel und mechanischem Kompressor

Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung der Vakuumeisspeicher-Technologie unter Verwendung des vom ILK entwickelten Wasserdampf-Turboverdichters. Mit diesem Verfahren kann Eis bei einer Verdampfungsstemperatur von nur 1 bis 2 K unter dem Gefrierpunkt erzeugt werden.

Der Verdampfungsdruck von Wasser als Kältemittel liegt unter 4.5 mbar. Das Verfahren erfordert einen deutlich geringeren Energieaufwand als andere konventionelle Speichertechnologien. Die Eisherstellung

erfolgt direkt, durch Verdampfung des Kältemittels Wasser.



Bild: Vakuumeisspeichersystem

Ein solches Speichersystem lässt sich in bestehende Kältesysteme integrieren. Die Speicherbeladung erfolgt in Zeiten geringen Kältebedarfs.

Anwendungsvoraussetzung eines Speichersystems ist ungleichmäßiger Kältebedarf mit ausgeprägter(n) Lastspitze(n). Das Kühllastprofil eines Einsatzfalls sollte möglichst genau erfasst werden, um die wirtschaftliche Speicherkapazität und Ladeleistung auszuwählen.

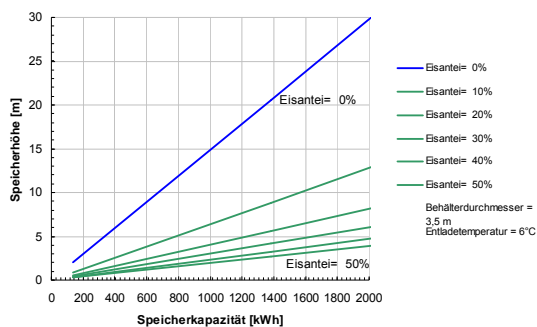


Bild: Speicherkapazität

Mit diesem Projekt werden die Voraussetzungen für die praktische Anwendung des Vakuum-Eisspeicher-Verfahrens in der klima-kältetechnischen Anwendung geschaffen. Das Vakuum-Eisspeicher-System mit Wasser als Kältemittel sollte

zu einem in Zukunft allgemein verfügbaren und bezahlbaren Bestandteil der Kältetechnik werden.

Das Projekt leistet einen Beitrag zur Reduzierung des Energiebedarfs der Klimakältetechnik. Dieser Beitrag kann nur erreicht werden, wenn das System für relativ kleine Leistungen ausgelegt ist. Im Projekt werden alle wesentlichen Bestandteile des neuartigen Systems entworfen, konstruiert, hergestellt und erprobt.

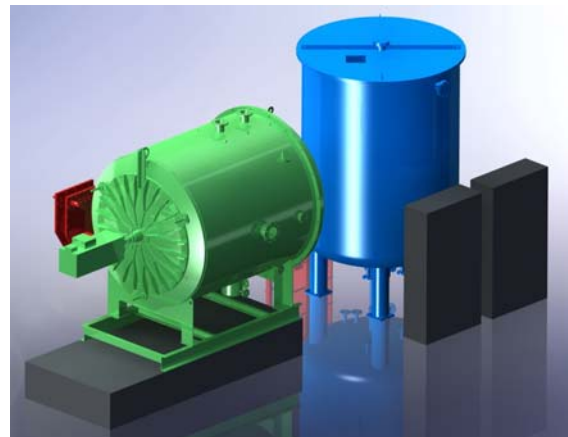


Bild: Modell einer Vakuumeisspeicheranlage mit Verdampfer-Verdichter-Einheit (grün) und Speicherbehälter (blau)

Mit der Versuchsanlage erfolgt der Nachweis der Praktikabilität des Verfahrens, Eis im Direktverdampfungsprozess herzustellen, zu speichern und mit großer Leistungsdichte zu entladen.

Für die neuartigen Komponenten, wie Turboverdichter, Eisspeicherbehälter und Direktverdampfer zur Eiserzeugung wurden technische Lösungen erarbeitet und erprobt. Für die Kernbaugruppen eines Vakuum-Eisspeicher-Systems, Turboverdichter, Verdampfer und Speicherbehälter wurden technische Lösungen gefunden, simuliert und fertigungsgerecht konstruiert. Die Inbetriebnahme des Versuchsstandes erfolgte 2009.

Meerwasserentsalzung

Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Meerwasserentsalzung (gefördert vom Ministerium für Wirt-

schaft und Arbeit unter der Projektbezeichnung „Kostengünstige abwärmegetriebene Meerwasserentsalzungsanlage“ (Reg.-Nr. IW061072) war die Entwicklung eines neuartigen Platten-Verdampfer-Kondensators für abwärmegetriebene Anlagen.

Bei der bisherigen Technologie werden vorrangig Rohrbündelwärmeübertrager eingesetzt.

Der Plattenwärmeübertrager bietet die Möglichkeit, kompakter und preiswerter pro m^3 Destillat zu werden. Durch ein neues Design des Plattenwärmeübertragers konnte eine einfache und sichere Verteilung des Rieselwassers auf den Verdampferoberflächen realisiert werden. Dieses konnte in Vorversuchen nachgewiesen werden.

Nach der Designstudie, der thermodynamischen Auslegung und der Voruntersuchung zu einer effektiven Benetzung der Verdampferoberflächen wurde ein Verdampfer/Kondensator konstruiert und aufgebaut.

Die Montage des Verdampfers/Kondensators ist in den unteren Bildern zu sehen. Die experimentellen Untersuchungen zeigten, dass mit dieser Technologie Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen Verdampfung und Kondensation von $3.500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden.



Bild 1: Dichtheitsprobe des Plattenwärmeübertragers



Bild 2: Verdampfer-Kondensator für Meerwasserentsalzung im Test

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird eine „Dezentrale MED-Anlage kleiner Leistung 1 bis $10 \text{ m}^3/\text{d}$ “ entwickelt. Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit unter der Reg.-Nr. IW0090005 gefördert. Es wurde eine Anlagenschaltung ausgewählt, bei der mit einer minimalen Anzahl von Pumpen sowie Mess- und Regelsystemen auskommen wird. Eine weitere Optimierung der Platten-Verdampfer-Kondensatoren ermöglicht einen kompakten Aufbau. Vier Effekte wurden in einen Wärmeübertrager zu einem Quadroeffekt kombiniert. Der Aufbau und der Test der Anlage erfolgt 2010.

Entwicklung einer solarthermischen $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ - Absorptionskälteanlage in Einbehälterbauweise

Die thermische Kälteerzeugung, insbesondere die Nutzung von Solarwärme und Abwärme zur Klimakälteerzeugung hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.

Mit der Kleinabsorptionskälteanlage SE 15 wurde in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden, der Firma Wegra und der Firma EAW eine Anlage entwickelt, die speziell für die solare Kühlung in südlichen Regionen konzipiert wurde, aber auch innerhalb kleiner Anlagen der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung einsetzbar ist. Mehrere Felderprobungsanlagen wurden vermessen und die Ergebnisse publiziert. Die Absorptionskälteanla-

gen dieser Entwicklung können als 1. Generation dieses Anlagentyps bezeichnet werden.

Innerhalb der Erprobungen, praktischen Vermessungen und Bauteiluntersuchungen wurden Verbesserungspotentiale ermittelt, die insbesondere die Anlagenkompaktheit, die Lebensdauer und die Inertgasproblematik sowie die Anlagenkosten betreffen. Darauf aufbauend begann die Entwicklung einer 2. Generation Kleinabsorptionskälteanlagen mit 15 kW Nennkälteleistung.

Die neue Anlage wird für die Einsatzbedingungen südlicher Regionen ausgelegt. Es wurden höhere Rückkühltemperaturen berücksichtigt, da die Rückkühlung des Kühlwassers in diesen Regionen hauptsächlich in geschlossenen, trockenen Rückkühlwerken erfolgt. Die wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele waren:

1. Reduzierung der Anlagenkosten
2. Erhöhung der Anlagenzuverlässigkeit
3. Verbesserung der Integrationsmöglichkeit der Anlage in Gesamtsysteme

Mit der Untersuchung und Vermessung der Anlage wurden Optimierungspotentiale erschlossen und bewertet.



Bild: Behälteraufbau der SE 15 EB

Die Vermessung der Versuchsanlage bestätigte die Funktion der optimierten

Wärmeübertrager, die durch die bessere Benetzung eine deutlich erhöhte Kälteleistung ermöglichen. Die Versuchsanlage wurde erfolgreich vermessen und die Funktionalität in Einbehälterbauweise nachgewiesen.

12. Normungsarbeit am ILK

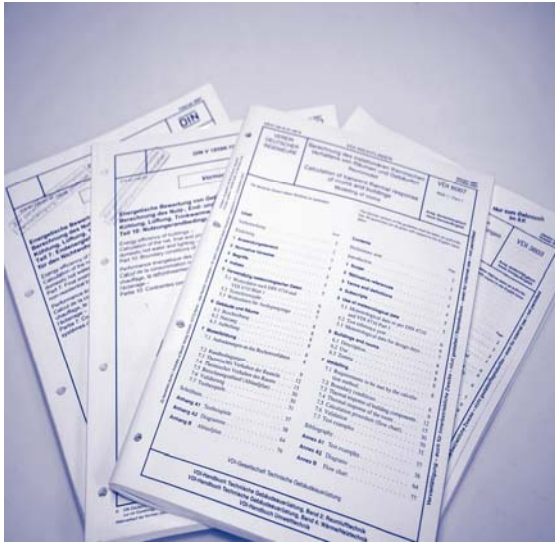
Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Raummodell

Die Richtlinie VDI 6007-1 beschreibt einen Algorithmus zur Berechnung der komplexen Einflüsse verschiedener Größen auf das thermische Verhalten eines Gebäudes oder eines Raumes. Dieser Algorithmus dient als einheitlicher, moderner „Rechenkern“ für Berechnungen des Energiebedarfs nach VDI 2067 und der Kühllast und der Raum- und operativen Temperaturen nach VDI 2078.

Ziel der neuen VDI 6007-2 ist es, dem Planer ein leistungsfähiges Werkzeug zur Berechnung energetischer Kenngrößen transparenter Fassaden und Bauteile, speziell des für die sommerlichen Kühllasten entscheidenden Gesamtenergiedurchlassgrades, an die Hand zu geben.

Die Berechnung der auf ein Gebäude wirkenden solaren Strahlung wird in der künftigen VDI 6007-3 geregelt. Hier werden alle relevanten Berechnungen für die solare Einstrahlung an einer Stelle definiert. Völlig neu ist die Definition der Strahlungsbedingungen am CDD (cooling design day) und in einer CDP (cooling design period).

Die Richtlinien VDI 6007-2 und VDI 6007-3 werden im ersten Halbjahr 2010 erscheinen.



Die Arbeit an den vorgenannten Richtlinien mündet in die VDI 2078, die die Berechnung der Kühllast und der Raumtemperatur klimatisierter aber auch nicht klimatisierter Gebäude beschreibt.

Diese neue Richtlinie, sie erscheint voraussichtlich Ende des Jahres 2010 im Gründruck, wird gegenüber der bisherigen Richtlinie wesentliche Neuerungen aufweisen, wie:

- korrekte Erfassung der Wandaufbauten,
- mechanische und natürliche Lüftung sowie Flächenheizung und -kühlung sind integraler Bestandteil des Rechenverfahrens,



- korrekte Berücksichtigung von Betriebsweise und Regelungsstrategie,
- Berücksichtigung eines zulässigen Schwankungsbereiches für die Raumtemperatur,
- Möglichkeit der Vorgabe der operativen Temperatur als Berechnungsziel,
- Kopplung der thermischen Berechnung mit den aktiven Anlagenkomponenten, bei Leistungsänderung abhängig von der Raumtemperatur,
- Möglichkeit der Ganzjahressimulation mit Testreferenzjahrdaten,
- Berechnung von Raumlufttemperatur, operativer (empfundener) Temperatur, Kühllast sowie Heizlast bei Vorgabe der erforderlichen Randbedingungen,
- definierte Randbedingungen für das Außenklima bei der Kühllast- und Raumtemperaturberechnung.

Diese verbesserte Berechnungsmethodik ist die Grundlage einer energieökonomischen und die Ressourcen schonenden Raumlufttechnik. Sie ermöglicht zudem bereits im Entwurfsstadium des Gebäudes durch entsprechende Gestaltung, den künftigen Energiebedarf zu verringern.

Der Autor Herr Dipl.-Ing. C. Seifert ist Mitglied in den VDI-Richtlinienausschüssen 2078: VDI-Kühllastregeln und der 6007: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden.

13. Mitwirkung des ILK in wissenschaftlichen Organisationen und Fachgremien

Das ILK Dresden ist aktives Mitglied in zahlreichen Verbänden und Vereinigungen, u. a.:

- Verband Innovativer Unternehmen
- International Institute of Refrigeration
- Eurammon
- Forschungsrat Kältetechnik e. V.
- Fachinstitut Gebäude-Klima e. V.
- Verband Beratende Ingenieure

- Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V.
- Verband Deutscher Kälte-Klima-Fachbetriebe e. V.
- Bundesverband Wärmepumpe e. V.
- European heat pump association
- European Solar Thermal Technology Plattform
- Deutsche Gesellschaft f. zerstörungsfreie Prüfung e. V.
- Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V.
- Verbundinitiative Automobilzulieferer Sachsen
- Deutsches ITER Industrie Forum e. V.
- Historische Kälte- und Klimatechnik e. V.

International Institute of Refrigeration IIR



Das International Institute of Refrigeration (IIR) ermöglicht als zwischenstaatliche wissenschaftlich-technische Organisation das Bündeln von wissenschaftlichen und industriellen Know-how in allen Bereichen der Kältetechnik und ihren Anwendungen auf globaler Ebene. Das ILK ist seit vielen Jahren aktives IIR Mitglied.

Dr. Herzog ist seit 2007 als Vertreter Deutschlands Mitglied im **Science and Technology Council** (STC) des IIR. Der STC koordiniert die wissenschaftlichen und technischen Aktivitäten des IIR. Der STC umfasst 5 Haupttechnologiebereiche mit 10 fachspezifischen Kommissionen.

Das Ziel des IIR besteht vor allem in der Unterstützung und Vertiefung der wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse und in deren Verbreitung durch die einzelnen Kommissionen weltweit.

Dr. Herzog ist weiterhin als Präsident der Kommission A1 „Cryophysics, cryoengineering“ für das IIR tätig.

Forschungsrat Kältetechnik e. V.

Das ILK ist seit 1991 aktives Mitglied im Forschungsrat Kältetechnik e. V. Der Forschungsrat hat die Aufgabe, die technisch-wissenschaftliche Forschung und deren

praktische Auswirkungen auf dem Gebiet der Kälte- und Wärmepumpentechnik und für den kältetechnischen Teil der Klimatechnik zu fördern. Der Forschungsrat erfüllt seine Aufgaben auf gemeinnütziger Grundlage unter Beschränkung auf den wissenschaftlichen Nutzen für den durch den Mitgliederkreis gegebenen Wirtschaftssektor und für die Forschung. Der Verein ist selbstlos tätig, er verfolgt nicht in erster Linie eigenwirtschaftliche Zwecke. Das ILK arbeitete 2008 insbesondere intensiv im Arbeitskreis Energieeffizienz ehrenamtlich mit.

VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA)



Die VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung ist eine von 22 Fachgesellschaften im Verein Deutscher

Ingenieure. Mit ca. 8.500 von 130.000 Mitgliedern des VDI setzt die VDI-TGA insbesondere im Bereich der Technischen Regeln Akzente. Die VDI-TGA ist außerdem fachlicher Träger zahlreicher Seminare und Tagungen in der VDI-Wissensforum GmbH. Regional ist die Gesellschaft in 45 Bezirksvereinen mit lokalen Angeboten für die Mitglieder da. Das ILK ist seit vielen Jahren aktives Mitglied.

Prof. Franzke ist seit 2008 ehrenamtlicher Vorsitzender der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung.

Die VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung versteht sich als Moderator und Marktplatz für den Informationsaustausch, für Innovationen und Wissensvermittlung, aber auch als Initiator für Zusammenkünfte und Aktivitäten innerhalb der Branche.

Als einziger technisch-wissenschaftlicher Verein vertritt die VDI-TGA einen gewerkeübergreifenden Ansatz und weist damit den Weg zu höherer Effizienz und Qualität von Gebäuden.

Dipl.-Ing. Uwe Ritscher, Leiter der Gruppe TGA-Planung des ILK, ist aktives Mitglied im Verband Beratender Ingenieure, Landesverband Sachsen.

VDI-Fachgebiet Umwelttechnik



Die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN ist eine gemeinsame Einrichtung von VDI und DIN (Deutsches Institut für Normung) und wichtigster Ansprechpartner für die Erstellung von technischen Regeln, wie VDI-Richtlinien, DIN-Normen, DIN-Vornormen, DIN-EN-Normen und DIN-ISO-Normen zur Luftreinhaltung. In freiwilliger Selbstverantwortung und gemeinsam mit den beteiligten Behörden, der Wissenschaft und der Industrie hält die Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) den Stand von Forschung und Technik im Bereich der Luftreinhaltung in technischen Regeln fest. Das ILK ist seit vielen Jahren aktives Mitglied.

Der Leiter des ILK-Technologiebereiches Luftreinhaltung, Dipl.-Ing. Ralf Heidenreich, ist als ILK-Vertreter Mitglied der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN-Normenausschuss KRdL mit dem Schwerpunkt Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz KUT-1/2262-1. Dipl.-Ing. Ralf Heidenreich ist weiterhin im Dresdner Bezirksverein des VDI Obmann des Arbeitskreis Umwelttechnik.

Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V.



Unternehmen der Branchen mit dem Technologie-Fokus Energie- und Umwelttechnik finden im Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V. (VEU) einen kompetenten Partner für die Organisation und die Mittelbeschaffung für anwendungsorientierte Forschung. Das ILK ist seit vielen Jahren aktives Mitglied im VEU.

Ein wichtiges Bindeglied zwischen dem VEU und der mit Energietechnik und technischem Umweltschutz befassten gewerblichen Wirtschaft, der AiF und der Energie- und Umweltforschung ist der Wissenschaftliche Beirat des VEU.

Der Leiter des ILK-Technologiebereiches Luftreinhaltung, Dipl.-Ing. Ralf Heidenreich, ist als ILK-Vertreter Mitglied im wissenschaftlicher Beirat des VEU.

Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Das ILK wirkt sehr aktiv in dem Fachausschuss Dichtheitsprüfung der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP) mit. Durch Aufklärung von Wirkungszusammenhängen bei Permeations- und Dichtheitsmessungen an mit Öl benetzten PKW-Klimakreisläufen konnten wesentliche, neue Erkenntnisse gewonnen und in die Facharbeit innerhalb der DGZfP eingebracht werden.

Anlässlich der DGZfP-Jahrestagung 2009 in Münster wird das ILK in der Präsentation „Bestimmung der Permeationseigenschaften von Faserverbundwerkstoffen und Elastomeren für den Einsatz in der Kryo- und Kältetechnik“ über die vielfältigen Aktivitäten und entwickelten Messmethoden zur Prüfung der Dichtheit luft- und kältetechnischer Anlagen berichten.

Verbundinitiative Automobilzulieferer Sachsen



VerbundInitiative
Automobilzulieferer Sachsen
Saxony Automotive
Supplier Network

In den kommenden Jahren sind grundlegende Änderungen der Technologie mobiler Klimaanlage zu erwarten. Insbesondere die Anforderungen, die sich aus der Elektromobilität ergeben, verlangen völlig neue Denkansätze und Konzepte.

Das ILK Dresden steht den Sächsischen Automobilzulieferern beratend zur Seite, informiert über technologische Trends und steht mit seinen Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen bei der Markteinführung neuer Produkte zur Verfügung.

Mitwirkung von ILK-Mitarbeitern in wissenschaftlichen Gremien

- FAKRA Normen-Ausschuss, Arbeitskreis Kfz-Luftfilter
- DPG - Deutsche Physikalische Gesellschaft
- APS - Amerikanische Physikalische Gesellschaft, Division Fluid Mechanics
- FGK: Arbeitskreis Reinigung von RLT-Anlagen
- Zentrum für angewandte Forschung und Technologie e.V. an der HTW Dresden
- DKV - Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V.

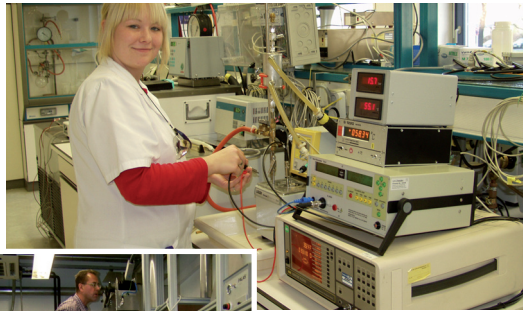
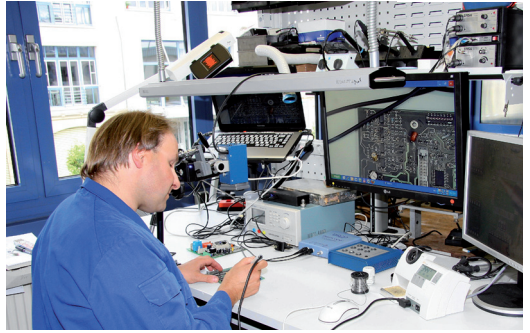
Ausgewählte Veranstaltungen des ILK für den Wissenstransfer 2009

1. Seminare / Sonstige Veranstaltungen

- Veranstaltungen des DKV-Bezirksvereins (10) im ILK 01/09 bis 12/09
- Besuch Staatsdelegation Indonesien 02.06.2009
- 10. Überwachungsaudit DIN EN ISO 9001:2000, TÜV Management Süd 25./26.06.2009
- DKV-Veranstaltung „100 Jahre DKV“ in Altenberg 04.07.2009
- Dresdner Kolloquium: Energieeffizienz und natürliche Stoffe in der Kältetechnik“ 11.09.2009
- 7. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung „Neue Entwicklungen in der Abscheidetechnik zur Luftreinhaltung“ 22.09.2009
- Status-Workshop „Kryochirurgie“ 14.11.2009
- Durchführung von Kick-off-Meetings im ILK zu bewilligten Forschungsvorhaben 16./17.06.2009
24./25.08.2009
19./20.10.2009
- Grillabend des ILK, gemeinsam mit den Senioren 13.08.2009
- Mitgliederversammlung Verein zur Förderung 14.09.2009
- Seminar „Vertragsrecht, Teil 1 und 2“, RA Wülfrath 27.11.2009
10.12.2009
- Veranstaltung Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V. (FEE) 16.11.2009
- VIU-Verbandstag, Berlin 04.12.2009
- Jahresabschlussveranstaltung 11.12.2009

2. Messebeteiligungen

- Terra Tec 2009, Leipzig 27. - 29.01.2009
- ISH 2009, Frankfurt/Main 10. - 14.03.2009



ILK Mitarbeiter bei ihrer verantwortungsvollen Tätigkeit

Anlagen

Veröffentlichungen

Publikationen

Albring, P.

„Eiserzeugung und Eisspeicherung mit Wasser als Kältemittel“
DKV-Tagungsbericht,
Berlin, 2009

Birnbaum, Th.

„Staub-Abscheidetechniken für Kleinf Feuerungsanlagen“
Tagungsband zum 18. Symposium Bioenergie, OTTI,
Regensburg, 2009, S. 50-55

Blei, St. u.a.

„Nachweis von Aerosolen (<1 µm) mit Schwingquarz-Impedanzspektroskopie“
Dresdner Beiträge zur Sensorik, Band 39, 2009,
S. 217-220

Burandt, B.

„Kältetechnische Verfahren zur Meerwasserentsalzung“
DKV-Tagungsbericht,
Berlin, 2009

Buschmann, M.H.

„Alternativ gewickelte Kühlschlangen“
KI Kälte Luft Klimatechnik, Heidelberg
45(2009)6,
S. 24-26

Buschmann, M.H.

„Alternative coiled heat exchangers“
Tagungsband Turbulence, Heat and Mass Transfer, Rom, 2009

Feja, St.

„Erfahrungen und Lösungsansätze für Korrosionsprobleme in Absorptionskälteanlagen“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009

Feja, St.

„Dynamische Differenz-kalorimetrie (DSC) zur Untersuchung von Kältemaschinenölen und Kältemittel-Öl-Gemischen“
DKV-Tagungsbericht, Berlin 2009

Franzke, U.

„Solare Klimatisierung – Sonderteil Jahrestagung TGA“
Springer – VDI-Verlag, Teil 09/2009, S.49

Franzke, U.

„Überlegung zur Raumluft-feuchte unter sommerlichen Bedingungen“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009

Friebe, Chr.;

Buschmann, M.H.

„Heat transfer enhancement employing simple machine elements“
Tagungsband Colloquium FLUID DYNAMICS 2009, Prag, 21-23-10.2009

Germanus, J.; Feja, St.

„Eignungsuntersuchungen eines Kohlendioxid-Propen-Gemisches als Low-GWP-Kältemittel“
KI Kälte Luft Klimatechnik, Heidelberg
45(2009)11, S. 16-19

Hackeschmidt, K.

„Metallschaum-Latentspeicher – Einsatzpotentiale für die Klimatechnik“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009

Heidenreich, R.

„Vorsicht Feinstaubfalle“
dlz Agrarmagazin (2009)11, S. 100-104

Heinrich, C.

„Innovativer Verflüssiger für die Haushaltskälte-technik“
DKV-Tagungsbericht, Berlin 2009

Hempel, O.

„Kältemittel Luft - Chance für Lebensmittelfroster“?
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009

- Honke, M.
„Untersuchung von Verfahren zur Sauerstoffanreicherung in Führerständen von Schienenfahrzeugen“
KI Kälte Luft Klimatechnik, Heidelberg
45(2009)9, S. 19-23
- Krause, R.
„Luftdurchlass mit Mikroperforation“
KI Kälte Luft Klimatechnik, Heidelberg
45(2009)1/2, S. 20-22
- Krause, R.
„Entwicklung leiser CPU-Kühler mit fein strukturierten Schaufeln“
Tagungsband zur 20. Internat. Wiss. Konferenz, Mittweida, 2009
- Lermen, D.; Spörl, G.
"Cryobanking of viable biomaterials: implementation of new strategies for conservation purposes"
Molecular Ecology 18/2009, S. 1030–1033
- Müller, M.
„Verfahren zur Anhebung der Verdampfungstemperatur“
KI Kälte Luft Klimatechnik, Heidelberg
45(2009)11, S. 20-21
- Reinsch, H. u.a.
„Gelatine/TCP-Komposite als Biomaterial für die regenerative Medizin“
Zeitschrift für Regenerative Medizin
2/2009, S. 64 – 69
- Reinsch, H.; Spörl, G.
"Tools for Cryobanking of Living Tissue"
Regen. Med. Nov. 4(6)/2009, Suppl. 2, S. 288
- Röllig, P.; Köpp C.
„Bestimmung des Abscheide-grades von Ölabscheidern unterschiedlicher Bauart – Prüfstand zur Vermessung von Ölabscheidern“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009
- Römer, S.
„Qualifizierung von Konstruktionswerkstoffen und Bauteilverbindungen für Tieftemperaturanwendungen“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009
- Safarik, M.; Richter, L.
„Solare Kühlung mit Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen“
DIE KÄLTE & Klimatechnik, Stuttgart
62(2009)1, S. 34-37
- Safarik, M. u.a.
„Untersuchungsergebnisse einer solarthermisch betriebenen 5 kW-Absorptionskälteanlage“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009
- Spörl, G.; Kaiser, G.; Klier, J.
„Thermische Materialtests im kryogenen Bereich“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009
- Spörl, G.; Reinsch, H.
„Freezing von Biosystemen“
DKV-Tagungsbericht, Berlin, 2009
- Vollmer, D.
"Einsatz von Kältemitteln in der Klimatechnik"
Elektropraktiker, Berlin 63(2009)7, S. 554-558
- Vorträge**
- Albring, P.
„Eiserzeugung und Eisspeicherung mit Wasser als Kältemittel“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin, 18.-20.11.2009
- Albring, P.
„Kälteversorgung in der Gläsernen Manufaktur“
3. Geothermischer Tag,
Dresden, 2009
- Albring, P.
„Kältetechnik mit Wasser als Kältemittel“
Kongress „Möglichkeiten, Energieeinsparpotential in der Kältetechnik“
Hamburg, 29.09.2009
- Albring, P.
„Stand und Perspektiven von Wasser als Kältemittel – Energieeffizienz und natürliche Stoffe in der Kältetechnik“
Dresdner Kolloquium,
Dresden, 11.09.2009

Birnbaum, Th.
 „Staub-Abscheidetechniken für Kleinfeuerungsanlagen“
 18. Symposium Bioenergie,
 Kloster Banz, 19.-20.11.2009

Blei, St.
 „Nachweis von Aerosolen mit Schwingquarz-Impedanz-spektroskopie“
 Dresdner Kolloquium,
 Dresden, 22.09.2009

Burandt, B.; Albring, P.
 „Kältetechnische Verfahren zur Meerwasserentsalzung“
 Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
 18.-20.11.2009

Buschmann, M.H.
 „Alternative coiled heat exchangers“
 Conference Turbulence, Heat and Mass Transfer, Rom, 14.-18.09.2009

Franzke, U.
 „Commissioning – Qualitäts-sicherung für RLT-Anlagen“
 IEA Task 38 Expertentreffen,
 Freiburg, 27.-29.04.2009

Franzke, U.
 „Klimatechnik“
 Vorlesungsreihe HTW Dresden,
 Frühjahrssemester 2009

Franzke, U.
 „Solare Klimatisierung“
 Bundesverband mittelständige Wirtschaft,
 Dresdner Kühlanlagenbau GmbH,
 Dresden, 27.05.2009

Franzke, U.
 „Raumklimatisierung – Anforderungen und Lösungen“
 Inhouse-Seminar IPRO,
 Dresden, 09.06.2009

Franzke, U.
 „Commissioning – Qualitäts-sicherung für RLT-Anlagen“
 IEA Task 38 Expertentreffen,
 Palermo, 28.-29.09.2009

Franzke, U.
 „Solare Klimatisierung“
 VDI-Jahrestagung, Erfurt, 08.-10.10.2009

Franzke, U.
 „Solare und sorptionsge-stützte Klimatisierung – Grundlagen und praktische Anwendung“
 Raumluftechnik im Wandel,
 CCI Promotor Verlags- und Fördergesellschaft mbH, Dresden, 10.11.2009

Franzke, U.
 „Überlegung zur Raumlufffeuchte unter sommerlichen Bedingungen“
 Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
 18.-20.11. 2009

Franzke, U.
 „Behaglichkeit und Energieeffizienz im Labor“
 LABCONTROL-Symposien TROX,
 Hamburg/Potsdam/Leipzig,
 23.-25.11.2009, München/Ludwigsburg/
 Neukirchen-Vluyn, 01.-03.12.2009

Friebe, Chr.;
 Buschmann, M.H.
 „Heat transfer enhancement employing simple machine elements“
 Colloquium FLUID DYNAMICS 2009,
 Prag, 21.-23.10.2009

Germanus, J.
 „Applications of schickR723 Blend in Commercial Refrigeration Systems“
 IIR Conference 2009,
 Ohrid/Macedonia, 07.-09.05.2009

Germanus, J.
 „CO2 Refrigerant Blend“
 3rd Conference on Thermophysical Properties and Transfer Processes of Refrigerants“
 IIR-Conf. 2009-5, Boulder/USA,
 23.-26.06.2009

Hackeschmidt, K.
 „Metallschaum-Latentspeicher – Einsatzpotentiale für die Klimatechnik“
 Sächs. Fachsymposium Energie 2009,
 Dresden, 16.11.2009

Hackeschmidt, K.

„Metallschaum-Latentspeicher – Einsatzpotentiale für die Klimatechnik“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung,
Berlin, 18.-20.11.2009

Hackeschmidt, K.

„Neue Lösungen für Latentspeicher in der stationären und mobilen Anwendung“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung,
Berlin, 18.-20.11.2009

Hackeschmidt, K.

„Metallschaum-Latentspeicher für die Klimatisierung von Räumen“
DKV-Regionalverband Sachsen,
Dresden, 30.11.2009

Heidenreich, R.

„Abscheidung von Feinstpartikeln“
Auslegung von Staubabscheidern, TAW
Wuppertal, 24.-25.03.2009

Heidenreich, R.

„Pyrolyse – Ergebnisse der Lötrauchanalyse“
Rehm Technologie Tage, Blaubeuren,
26.-27.03.2009

Heidenreich, R.

„Erleben Sie an dieser Live-Demo die Effizienz der Pyrolyse“
Rehm Technologie Tage, Blaubeuren,
26.-27.03.2009

Heidenreich, R.

„Wartung von RLT-Anlagen, Messtechnik zur Überwachung von RLT-Anlagen“
Hygieneschulung nach VDI 6022,
Maintal, 21.-24.04.2009

Heidenreich, R.

„Maßnahmen zur Emissionsminderung im praktischen Betrieb“
6. Mitteldeutsche Bioenergietage/agra,
Leipzig, 24.04.2009

Heidenreich, R.

„Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von Filtermaterialien für die Abscheidung von Feinstäuben aus der Biomasse-Verbrennung“
23. Palas Aerosol Technologie Seminar,
Karlsruhe, 14.-15.09.2009

Heidenreich, R.

„Kompaktabscheider zur Feinstaubabscheidung an Kesselanlagen der BImSchV“
Dresdner Kolloquium,
Dresden, 22.09.2009

Heidenreich, R.

„Lufttechnische Lösungen zur Reinhaltung der Luft am Arbeitsplatz und zur Abtrennung von luftfremden Stoffen aus dem Erfassungsluftstrom“
ULT Symposium 2009, Löbau, 02.10.2009

Heidenreich, R.

„Technische Lösungen zur Emissionsminderung bei Feststoffheizungen“
Tagung „Wärme aus halmgutartiger Biomasse“, Bad Sassendorf, 29.10.2009

Heinrich, C.

„Innovativer Verflüssiger für die Haushaltskältetechnik“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
18.-20.11. 2009

Heinrich, C.

„Wärmeverschiebung im Bürogebäude – Theoretische Betrachtungen“
DAIKIN – Planertag,
Leipzig, 23.-24.04.2009

Hempel, O.

„Verbesserungspotentiale bei Wärmepumpen“
DKV-Regionalverband Sachsen,
Dresden, 18.05.2009

Hempel, O.

„Kältemittel Luft - Chance für Lebensmittelfroster“?
Deutsche Kälte-Klima-Tagung,
Berlin, 18.-20.11.2009

- Hempel, O.
„Steigerung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen“
TWK – Symposium Karlsruhe, 29.10.2009
- Hernschier, W.
„PV-Applikationen“
Hannovermesse 2009,
Hannover, 20.04.2009
- Hernschier, W.
„Small PV-Applications – Rural Electrification and Commercial Use“
Otti Symposium 2009,
Ulm, 25.-26.05.2009
- Junk, M.
„Tribologische Charakterisierung von Öl-Kältemittel-Gemischen“
Tribologie Fachtagung
GfT 2009, Göttingen,
21.-23.09.2009
- Klier, J.
„Kryotechnik für die Medizin“
Dresdner Kolloquium, Dresden,
14.11.2009
- Klier, J.; Kaiser, G.
„Mikroverdampfer für Hochleistungs-Kryoelektronik“
DPG Frühjahrstagung, Dresden, 22.-
27.03.2009
- Klier, J.
„Kryotechnik und
Tieftemperaturphysik am ILK Dresden“
PTB, Berlin, 28.04.2009
- Klier, J.
„Kryo 2009“
Tagung Kryoelektronische Bauelemente,
Ilmenau, 04.-06.10.2009
- Krause, R.
„Akustik in der Kälte- und Klimatechnik“
DKV-Regionalverband Sachsen,
Dresden, 12.01.2009
- Krause, R.
„Entwicklung leiser CPU-Kühler mit fein
strukturierten Schaufeln“
20. Internat. Wiss. Konferenz,
Mittweida, 28.-29.10.2009
- Leupolt, H.
„Anwendung von Temperatur- und Feuchte-messverfahren im ILK“
Konferenz TEMPERATUR, Berlin, 24.-
25.06.2009
- Mai, R.
„Energetische Inspektion von Klimaanlage-n“
BHKS-Seminare,
Hamburg, 20.09.2009,
Großburgwedel, 04.12.2009
- Mai, R.
„Raumtemperatur- und Anlagensimulation“
Baufachmesse HAUS 2009,
Dresden, 26.02.2009
- Müller, M.;
Tzscheutschler, A.
„Prüfstand für CO₂-Komponenten“.
Dresdner Kolloquium, Dresden,
11.09.2009
- Reinsch, H.; Spörl, G.
„Tools for Cryobanking of Living Tissue“
World Conference on
Regenerative Medicine, Leipzig, 29.-
31.10.2009
- Richter, L.
„Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung: Funktions-prinzip / Aktuelle und zukünftige Techno-logien“
Konferenz innovative Kälteerzeugung mit-tels KWK und Solarthermie,
Berlin, 27.05.2009
- Röllig, P.; Köpp C.
„Bestimmung des Abscheide-grades von Ölabscheidern unterschiedlicher Bauart – Prüfstand zur Vermessung von Ölab-scheidern“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
18.-20.11.2009
- Safarik, M.
„Erfahrungen mit einer 15 kW Absorptions-Kältemaschine“
Workshop Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung,
FH Aachen, Solarinstitut Jülich,
Jülich, 14.01.2009

- Safarik, M.
„Entwicklungslinien thermischer Kälteerzeugung“
Dresdner Kolloquium, Dresden 2009
- Safarik, M. u.a.
“Vacuum ice storage as a novel concept of energy storage”
3rd International Conference Solar Air-Conditioning, Palermo/Italien,
30.09.-02.10.2009
- Safarik, M.; Albring, P.
"Development of a 5 kW absorption chiller for solar cooling installations"
3rd International Conference Solar Air-Conditioning, Palermo/Italien,
30.09.-02.10.2009
- Safarik, M.; Albring, P.
" Low capacity absorption chillers for solar cooling applications"
3rd International Conference Solar Air-Conditioning, Palermo/Italien,
30.09.-02.10.2009
- Safarik, M.
"Solar thermal cooling – experiences and recent developments in Europe"
3rd Renewable Energy India
2009 Expo, Neu-Delhi/Indien,
10.-12.08.2009
- Safarik, M.
"Vergleich von Kompressions- und Absorptionskälteanlagen"
2. Kulmbacher Kolloquium der Kältetechnik,
Bayreuth, 22.10.2009
- Safarik, M. u.a.
„Untersuchungsergebnisse einer solarthermisch betriebenen 5 kW-Absorptionskälteanlage“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
19.-20.11.2009
- Schmidt, D.
„Kombiniertes Zu- und Abluftsystem zur gezielten Schadstoffeffassung und Klimatisierung von Arbeitsplätzen“
Dresdner Kolloquium,
Dresden, 22.09.2009
- Spörl, G.; Lücker, H.
„Kryokonservierung – Eine Möglichkeit zur Erhaltung bedrohter Amphibienarten weltweit“
DKV-Vortrag, Stuttgart, 17.02.2009
- Spörl, G.; Lücker, H.
„Kryokonservierung – eine Möglichkeit zur Erhaltung bedrohter Amphibienarten weltweit“
Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V., Bezirksverein Sachsen,
Dresden, 20.04.2009
- Spörl, G.; Reinsch, H.
“Cryopreservation of seeded bone tissue replacement material”
SLTB Annual General Meeting,
Hannover, 07.-09.09.2009
- Spörl, G.; Kaiser, G.; Klier, J.
„Thermische Materialtests im kryogenen Bereich“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
18.-20.11. 2009
- Spörl, G.; Reinsch, H.
„Freezing von Biosystemen“
Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Berlin,
18.-20.11. 2009
- Vollmer, D.
Vorlesung „Grundlagen der Kältetechnik“
Technische Universität Dresden,
Sommersemester 2009
- Vollmer, D.
Vorlesung „Kälteanlagen“
Technische Universität Dresden,
Sommersemester 2009
- Waschull, J.
„Bestimmung der Permeationseigenschaften von Faserverbundwerkstoffen und Elastomeren für den Einsatz in der Kryo- und Kältetechnik“
DGZfP-Jahrestagung 2009,
Münster, 18.-20.05.2009
- Waschull, J.
„Videopräsentation ...“
Gastech 2009,
Dubai 25.-28.05.2009

Waschull, J.
 „Investigation of the Phase Change Materials for Elevated Temperatures“
 Effstock 2009 – Thermal Energy Storage for Efficiency and Sustainability,
 Stockholm, 14.-17.06.2009
 (Preis für “most innovative PCM contribution“)

Ziller, F.
 „Mess- und Analysesystem zur energetischen Inspektion von Klimaanlage“
 Fachtagung des VDMA,
 Leinsweiler, 16.06.2009

Ausgewählte Fachberichte

Kälte- und Tieftemperaturtechnik

Großmann, B.
 2. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben „Betriebsmessgerät für die integrale Wärmeleitfähigkeit“
 ILK-B-2-09-826

Heinrich, C.
 Überblick über die Weiterentwicklung des Modellpakets zur dynamischen Simulation von Haushaltskältegeräten
 ILK-B-2-09-855

Heinrich, C.; Böhm, M.
 Entwicklung eines Teillastregelverfahrens für den Kältemittelkreislauf
 ILK-B-2-09-861

Heinrich, C.; Manzke, S.; Schaake, K.
 Abschlussbericht: Haushaltskältegeräte-Verflüssiger mit Mikrostrukturen
 ILK-B-2-09-924

Heinrich, C.; Peusch, A.
 Analyse eines Transportkoffers zur Beförderung von Kühlgut in definierten Einsatzgrenzen
 ILK-B-2-09-860

Hempel, O.; Vollmer, D.
 Beurteilung der Dimensionierung einer Tiefkühlanlage
 ILK-B-2-09-856

Kaiser, G.
 Kryoflüssigkeitspumpe
 ILK-B-2-09-901

Kaiser, G.
 Konzept einer Wärmekraftmaschine zur Nutzung der Automobil-Abgaswärme
 ILK-B-2-09-817

Kleeberg, A.
 Regelverfahren für kleine Kälteleistungen
 ILK-B-2-09-873

Müller, M.
 Untersuchungen an Plattenverflüssigern mit unterschiedlichen Kältemitteln
 ILK-B-2-09-872

Müller, M.; Tzscheutschler, A.
 Konzeptentwicklung für eine Prüfeinrichtung zur Messung des Gütegrads von Rückwandverdampfern
 ILK-B-2-09-896

Noack, R.; Peusch, A.
 Untersuchungen an einem Luft-Wasser-Wärmepumpen-Splitgerät mit Hybridspeicher
 ILK-B-2-09-845

Noack, R.; Peusch, A.; Krause, R.
 Untersuchungen an Kühl- und Tiefkühlaggregaten
 ILK-B-2-09-908

Noack, R.; Peusch, A.; Vollmer, D.
 Untersuchungen an einem Wärmepumpenverdampfer
 ILK-B-2-09-865

Paatzsch, A.
 Innovativer Luftvorkühlsatz für trockene Rückkühler
 ILK-B-2-09-923

Peusch, A.; Krause, R.
 Schall-Untersuchungen an Luft-Wasser-Wärmepumpen (Teillastbetrieb Verdichter und Drehzahländerung Lüfter)
 ILK-B-2-09-867

Peusch, A.; Stangl, R.
Studien zum Eishaftungsvermögen an
Oberflächen
ILK-B-2-09-843

Reinsch, H.
Zwischenbericht für das Kooperationspro-
jekt „Entwicklung eines neuartigen, indika-
tionsspezifischen Biomaterials zum Ein-
satz in der Regenerativen Dental-Medizin
(Alveolarstift)“. Teilprojekt: Physikalische
und biologische Evaluierung neuer Bioma-
terialien für die Behandlung von Knochen-
defekten in der Regenerativen Dental-
Medizin
ILK-B-2-09-853

Röllig, P.
Studie zu Verfahren der Kälteerzeugung
(Teil 1)
ILK-B-2-09-894

Röllig, P.
Expansionsventile kleiner Leistung für Käl-
tetechnische Anwendungen
ILK-B-2-09-870

Schneider, M.
Wärmeleitfähigkeit eines PU-
Schaumstoffmaterials im Temperaturbe-
reich von 20 K bis 300 K
ILK-B-2-09-864

Schneider, M.
Messung der thermischen Längenausdeh-
nung von PU-Schaumstoffproben
ILK-B-2-09-866

Vollmer, D.
Update SOLKANE-Programm für Kältemit-
telstoffdaten
ILK-B-2-09-915

Vollmer, D.
Thermocoil Selection Program for Heat
Exchangers
ILK-B-2-09-825

Luft- und Klimatechnik Bereich Klimatechnik

Buschmann, M. H.
3. Zwischenbericht: Innovative
Wärmeübertrager Konzepte - Vorlauffor-
schung
ILK-B-31-09-3478

Buschmann, M. H.;
Friebe, Chr.
Analyse der Kondensation von Wasser-
dampf im Bereich der Kühlräume
ILK-B-31-09-3484

Buschmann, M.; Friebe, Chr.
Bestimmung der Geschwindigkeitsvertei-
lung an einem Plattenwärmeübertrager bei
verschiedenen Bedingungen
ILK-B-31-09-3493

Buschmann, M.H.
Innovativer Wärmeübertrager - experimen-
telle Untersuchungen mit Störelementen
(Federn)
ILK-B-31-09-3536

Buschmann, M.H.
Optimierung des Wärmeübergangs von
Kühlschlangen
ILK-B-31-09-3490

Döge, S.; Krause, R.
Recherche zur Erfassung von verschiede-
nen Energiewerten, zugehörige Geräte-
technik und deren Genauigkeitsgrenzen
im Europäischen Wirtschaftsraum
ILK-B-31-09-3473

Ehle, A.; Buschmann, M.H.
Simulation der Strömung im ILK-
Messsystem für Wärmeleitfähigkeiten von
Flüssigkeiten
ILK-B-31-09-3530

Franzke, U.
Berechnungsunterlage Membranwärme-
übertrager
ILK-B-31-09-3540

Franzke, U.
Theoretischer Jahresenergiebedarf von
Gebäuden
ILK-B-31-09-3541

Franzke, U.
Überlegungen zur Raumlufffeuchte unter
sommerlichen Bedingungen
ILK-B-31-09-3529

Franzke, U.; Preibisch, St.
Erweiterung des Marie-Elisabeth-Lüders-
Hauses, Strömungssimulation der Ver-
sammlungsstätte
ILK-B-31-09-3504

Franzke, U.; Preibisch, St.
Berechnungen zum Feuchteeintrag in die
Magazine des MELH
ILK-B-31-09-3481

Franzke, U.; Rosenbaum, H.
Berechnung der Energiebedarfswerte der
DEC-Anlagen im Hörsaalzentrum
ILK-B-31-09-3464

Friebe, Chr.
Verwendung der Fluoreszenzintensität für
die berührungslose Temperatur-messung
in Fluiden
ILK-B-31-09-3522

Friebe, Chr.
Experimentelle Untersuchungen des An-
saugverhaltens eines Kompressors mittels
Particle-Image-Velocimetry
ILK-B-31-09-3527

Friebe, Chr.
Darstellungsmöglichkeiten von Kondensa-
tionsfilmen an horizontalen Rohren
ILK-B-31-09-3509

Gneuß, M.; Krause, R.
Akustische und strömungs-technische
Untersuchungen an Ventilatoren
ILK-B-31-09-3498

Hackeschmidt, K.
Messung der Quellluftfähigkeit von Tep-
pichbodenelementen
ILK-B-31-09-3519

Hackeschmidt, K.
Entwicklung einer aktiven Fensterbanklüf-
tung
ILK-B-31-09-3506

Hackeschmidt, K.
Untersuchungen zum Einsatz offenporiger
Metallschäume in Latentspeichern zur
Klimatisierung von Räumen
ILK-B-31-09-3475

Hackeschmidt, K.;
Preibisch, St.
Entwicklung einer Turbomaschineneinheit
für eine CO₂-Wärmepumpe
ILK-B-31-09-3525

Hackeschmidt, K.; Seifert, C.
Entwicklung einer klimaaktiven Innenbe-
schattung
ILK-B-31-09-3496

Heiber, M.; Rosenbaum, H.
Thermodynamische und strömungstechni-
sche Untersuchungen am Prototyp
eines Membran-Wärmeübertragers zur
sorptionen Luftentfeuchtung
ILK-B-31-09-3511

Krause, R.
Entwicklung leiser CPU-Kühler mit fein
strukturierten Schaufeln
ILK-B-31-09-3515

Krause, R.
Experimentelle Bestimmung der Raumluf-
tströmung an ausgewählten Punkten in
einer Produktionshalle
ILK-B-31-09-3489

Krause, R.; Hackeschmidt, K.
Akustische Messungen in Reinnräumen
ILK-B-31-09-3543

Krause, R.; Heinrich, C.
Experimentelle Bestimmung der Volumen-
strom-Druck-Kennlinien und der thermi-
schen Leistung mit erzwungener Konvek-
tion an Wärmeübertragern
ILK-B-31-09-3491

Krause, R.; Rosenbaum, H.
Luftgeschwindigkeiten und Zugluftrisiko in
den Räumen von MTV
ILK-B-31-09-3482

Mai, R.
Fehlerüberwachungssystem für RLT-
Anlagen
ILK-B-31-09-3548

Mai, R.
Erstellung eines Energiepasses für das
Albertinum Dresden
ILK-B-31-09-3542

Rosenbaum, H.
Messung von WRG-Systemen nach EN
308
(Teil 1)
ILK-B-31-09-3523

Rosenbaum, H.
Wärmeübertrager mit semipermeabler
Membran zur Luftentfeuchtung
ILK-B-31-09-3492

Rosenbaum, H.
EnEV- Nachweis und Energiepass für das
Hörsaalzentrum der
TU Dresden
ILK-B-31-09-3485

Rosenbaum, H.
Thermische Gebäudesimulation verschiede-
ner Klimatisierungsszenarien für das
LVZ der Fa. Ferrero
ILK-B-31-09-3486

Schneider, R.; Krause, R.
Strömungstechnische und thermische Un-
tersuchungen an Kühlkörpern für CPU-
Lüfter
ILK-B-31-09-3533

Steege, M.;
Buschmann, M.H.
Experimentelle Untersuchungen zu Ober-
flächenstrukturen in Plattenwärme-
übertragern
ILK-B-31-09-3534

Tamme, S.; Ziller, F.
Raumklimagerät für thermisch hoch belas-
tete Räume
ILK-B-31-09-3488

Ziller, F.
Bewertung von Lösungsansätzen zur Ser-
verkühlung
ILK-B-31-09-3545

Ziller, F.
Kammerprüfstand zur Ventilator- und Wi-
derstandskennlinienmessung
ILK-B-31-09-3497

Ziller, F.
Entwicklung eines Brennstoffzellenklima-
gerätes
ILK-B-31-09-3471

Ziller, F.
System zur energetischen Inspektion von
Klimaanlagen
ILK-B-31-09-3472

Ziller, F.; Krause, R.
Untersuchungen zu den Luftvolumenströ-
men bei der Druckbelüftung im St. Jakob
Turm
ILK-B-31-09-3510

Luft- und Klimatechnik Bereich Luftreinhaltung

Birnbaum, Th.; Schmidt, D.
Aufnahme der Leistungs- und Emissions-
charakteristik einer Biomasse-Heizanlage
mit neu entwickelter Abscheidetechnik
ILK-B-33-09-1497

Birnbaum, Th.
Stoffbilanzen bei der thermischen Nutzung
von Hölzern aus Kurzumtriebsplantagen
ILK-B-33-09-1517

Birnbaum, Th.;
Heidenreich, R.
Bericht über die Durchführung von Emis-
sionsmessungen an Textilveredlungsanla-
gen
ILK-B-33-09-1511

Birnbaum, Th.;
Heidenreich, R.; Schmidt, D.
Verfahrenstechnische Grundlagen für eine
Abscheideeinrichtung zur Emissions-
senkung an Holzheizungen
ILK-B-33-09-1504

Blei, St.; Heidenreich, R.
Kontaminationsfreier Baugruppenträger
ILK-B-33-09-1486

Blei, Th.; Heidenreich, R.
Nachweis von Aerosolen durch Schwing-
quarze
ILK-B-33-09-1484

Blei, St.; Heidenreich, R.
Industrieller Hochleistungsabscheider
ILK-B-33-09-1479

Frenzel, H.-P. u.a.
Optimieren des serienmäßigen Patronen-
filtergerätes der Baureihe DUSTEX für die
Vorabscheidung von Funken
ILK-B-33-09-1508

Frenzel, W.-P.;
Heidenreich, R.
Optimierung des Regenerierungssystems
für Abscheider vom Typ DUSTEX
ILK-B-33-09-1502

Frenzel, W.-P.; Böhme, A.
Modellierung der Strömungsverhältnisse in
einem Filtergehäuse
ILK-B-33-09-1518

Frenzel, W.-P.; Böhme, A.; Birnbaum, Th.
Filtertechnische Analyse eines Einsatzfalls
zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit
des Schlauchfilters ILK-B-33-09-1505

Heidenreich, R.
Leistungsmessungen an einer Luftdusche
ILK-B-33-09-1519

Heidenreich, R.
Sol-Gel- Filter
ILK-B-33-09-1480

Heidenreich, R.
Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan
2008 - Hess Lichttechnik GmbH
ILK-B-33-09-1509

Heidenreich, R.
Verfahrenstechnische Grundlagen zur
Gestaltung der Abscheidung von Aeroso-
len an Maschinen
ILK-B-33-09-1515

Heidenreich, R.;
Birnbaum, Th.
Feldmessungen und Untersuchungen zu
Emissionen bei Abbrandversuchen von
verschiedenen Biomasse-Kompaktaten
ILK-B-33-09-1485

Heidenreich, R.; Blei St.
Strömungs- und partikeltechnische Unter-
suchungen zur Optimierung der Absau-
gung eines Fräser-Trennsystems
ILK-B-33-09-1498

Heidenreich, R.; Blei, St.
Nachweis von Aerosolen durch Schwing-
quarze und deren dynamische Verhal-
tenscharakteristik - ILK-B-33-09-1492

Heidenreich, R.; Holfeld, St.
Testing Compressed Air Filter for Oil Mist
Removal Efficiencies
ILK-B-33-09-1499

Heidenreich, R.; Schmidt, D.
Charakterisierung der Strömung am Aus-
tritt einer Gießereimaschine
ILK-B-33-09-1503

Heidenreich, R.; Schmidt, D.; Böhme, A.
Ermittlung von Emissionsfaktoren für
(Fein)Staub aus
Bauschuttrecyclinganlagen
ILK-B-33-09-1520

Schmidt, D.; Böhme, A.
Bestimmung des Quarzge-haltes von
Feinstaub an Bauschutt-Recyclinganlagen
ILK-B-33-09-1514

Angewandte Neue Technologien

Braumöller, J.
Emissionsverringerung an PKW-
Klimaanlagen
ILK-B-4-09-2668

Germanus, J.
Neue Generation Low-GWP-Kältemittel:
Basisuntersuchungen
ILK-B-4-09-2665

Grimm, U.
Tiefemperaturversuchseinrichtung
(TESTCOOL)
ILK-B-4-09-2664

Hernschier, W.; Rittsche, A.
MPP-Frequenzumrichter für
Photovoltaikinselsysteme
ILK-B-4-09-2688

Knabe, M.
Autokaskadensysteme
ILK-B-4-09-2739

Knabe, M.
Kompatibilität von Elastomeren gegenüber
dem gleichzeitigen Einfluss von Kältemittel-
gemischen und Kältemaschinenölen
ILK-B-4-09-2662

Knabe, M.; Schnerr, Th.
Aufbau und Betrieb einer Autokaskade
ILK-B-4-09-2735

Leupolt, H.
Mikro-Thermoelektrischer Spannungsgener-
ator
ILK-B-4-09-2736

Waschull, J.; Müller, R.
Entwicklung von Hochtemperatur-
Wärmespeichermaterial
ILK-B-4-09-2656

Angewandte Energietechnik

Albring, P.
Auslegung von Verdampfer und Kondensator
für eine R718-Prototypanlage
ILK-B-5-09-0027

Albring, P.
Vakuumeisspeicher
ILK-B-5-09-032

Böhm, U.
Darstellung der Montageabfolge des ILK-
Versuchsverdichters der 3.Generation für
Wasser als Kältemittel
ILK-B-5-09-050

Burandt, B.
Kostengünstige abwärme-getriebene
Meerwasserentsalzungsanlage
ILK-B-5-09-031

Burandt, B.
Dezentrale MED-Anlage kleiner Leistung
ILK-B-5-09-030

Honke, M.
Bericht über die Literatur- und Patentre-
cherche zum Thema Vakuum-eiserzeugung
ILK-B-5-08-006

Kretzschmar, Th.
Entwurf einer Prüfeinrichtung für
Rohrbündelwärmeübertrager als Ver-
dampfer und Kondensator für Wasser als
Kältemittel
ILK-B-5-09-046

Richter, L.
Auslegungsbericht für eine modifizierte
Absorptionskälteanlage RE 15 - EB mit
Desorber und in Einbehälterbauweise
ILK-B-5-09-051

Richter, L.
Bewertung und Modifikation der Kältever-
sorgung im Unternehmen Formconsult
Schmalkalden
ILK-B-5-09-043

Richter, L.
Auslegung und Gestaltung einer Ammoni-
ak/Wasser-
Absorptionskälteanlage Typ „congelato 100“
mit 100 kW Kälteleistung
ILK-B-5-09-036

Richter, L.
Konzeption für eine Wärme- und Kältever-
sorgung mit Absorptionskältemaschine in
der Speicherstadt Potsdam
ILK-B-5-09-033

Richter, L.
NCG-Abführung über Hilfskondensator
und Hilfsabsorber in Vakuumanlagen mit
Wasser als Kältemittel
ILK-B-5-09-037

Richter, L.; Safarik, M.;
Klupsch, M.
Entwicklung der solarthermischen H₂O-
LiBr- Absorptionskälteanlage in
Einbehälterbauweise
ILK-B-5-09-0061

Sauer, St.
Konzept zur Steuerung und Regelung im
Projekt Vakuumeis-Versuchsstand ILK-B-
5-09-038

OAD

Sussek, W.
Regelungen zum Elektrizitätsbinnenmarkt
der EU
ILK-B-91-09-09

Sussek, W.
Digitales intelligentes Zählerwesen
ILK-B-91-09-10

Sussek, W.
Literaturrecherche zu Stoff- und Trans-
porteigenschaften von Wassereisgemis-
chen
ILK-B-91-09-11