

Forschungsbericht 2012

Vorwort der Geschäftsleitung



Das Jahr 2012 war für die Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH das 22. Geschäftsjahr als freies, unabhängiges, privatwirtschaftliches Forschungs- und Technologieunternehmen. Mit einem interdisziplinären Team von 140 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von ca.12 Mio. € ist das ILK eines der größten privaten Forschungseinrichtungen.

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

Im Jahr 2012 wurden 74 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 2012 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 2012 und bei den ILK-Mitarbeitern für die aktive Mitarbeit und das persönliche Engagement.

Dr. rer. nat. habil. Ralf Herzog

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke



Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH
 Dr. rer. nat. habil. Ralf Herzog
Geschäftsführer / Institutsleiter
 Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke
Prokurist / Stellv. Institutsleiter

Gesellschafter
 ↓

ILK-Projektgesellschaft mbH
 100% Tochter

Bereich
Finanzen/Controlling
Forschungskoordination
 Dipl.-Ing. A. Oswald

Bereich Technik
 Dipl.-Ing. K. Weinhold
Objekt-, allgemeiner Dienst
 Dipl.-Ing. P. Bach

Qualitätsmanagement
 Dipl.-Ing. P. Bach
Datenschutz
 Dipl.-Ing. F. Prastka
Arbeitsicherheit
 Dr.-Ing. R. Krause
Gefahrstoffe/Strahlenschutz
 T. Guhlmann
Laserschutz
 Dipl.-Ing. (FH) C. Friebe
Verantwortliche Elektrofachkraft
 J. Voigt

Hauptbereich
Kryotechnik und
Tiefemperaturphysik
 Dr. rer. nat. habil. J. Klier

Fachgebiete:
 ■ Erzeugung tiefer Temperaturen
 ■ Anwendung kryogener Techniken
 ■ Kryo Life Science

Hauptbereich
Kälte- und
Wärmepumpentechnik
 Dr.-Ing. O. Hempel

Arbeitsgruppen:
 ■ Kompressionskältetechnik
 Dr.-Ing. M. Böhm
 ■ Kälteanlagen und Komponenten
 Dipl.-Ing. M. Müller

■ Prüflabor
 Wärmepumpen
 Dr.-Ing. M. Böhm

Hauptbereich
Luft- und
Klimatechnik
 Prof. Dr.-Ing. U. Franzke

Bereiche:
 ■ Klimatechnik
 Prof. Dr.-Ing. U. Franzke
 ■ Luftreinhaltung
 Dipl.-Ing. R. Heidenreich

Hauptbereich
Angewandte
Werkstofftechnik
 Dr. rer. nat. M. Goldberg

Fachgebiete:
 ■ Arbeitstoffe/Werkstoffe
 ■ Fügetechnik
 ■ Thermische Speicher
 ■ MSR, Photovoltaik-Anwendungen

■ Physikalisch-chemisches
 Laboratorium
 Dr. rer. nat. A. Rollberg

Hauptbereich
Angewandte
Energietechnik
 Dr.-Ing. M. Safarik

Fachgebiete:
 ■ Wasser als Kältemittel
 ■ Sorptionskältetechnik
 ■ Meerwasserentsalzung/
 Wasserreinigung
 ■ Energiesysteme



Inhalt

1	Tieftemperaturtechnik	2
2	Kältetechnik	17
3	FuE-Dienstleistungen für die Kältetechnik-Industrie 2012	27
4	Entwicklung kältetechnischer Prüfanlagen	29
5	Klimatechnik	30
6	Innovative TGA-Planung am ILK 2012	37
7	Luftreinigungstechnik	39
8	FuE-Dienstleistungen auf dem Gebiet der Luftreinigung 2012	45
9	Angewandte Werkstofftechnik	45
10	Angewandte Energietechnik	55
11	Konferenzen und Workshops – Cryogenics 2012	59
12	Normungsarbeit am ILK	63
13	Mitwirkung des ILK in wissenschaftlichen Organisationen und Fachgremien	64
	Anlagen	69

Ausgewählte Ergebnisse aus Forschung, Entwicklung und Technologietransfer im Jahr 2012

1 Tieftemperaturtechnik

1.1 Kryogene Wasserstoff Hochdruck-Speicherung

Seit 2010 wird am ILK Dresden ein Vorlaufforschungsvorhaben zur Speicherung von Wasserstoff bei hohem Druck bis zu 1000 bar und im Temperaturbereich zwischen 35 K und 70 K bearbeitet. Bild 1 zeigt die temperatur- und druckabhängige Speicherdichte von Wasserstoff, wobei die herkömmlichen Methoden Flüssig- (1) und Hochdruck- (2) Speicherung sowie die im Vorhaben untersuchte Speicherung im transkritischen Bereich (3) hervorgehoben sind. Die experimentellen Arbeiten werden derzeit fortgesetzt.

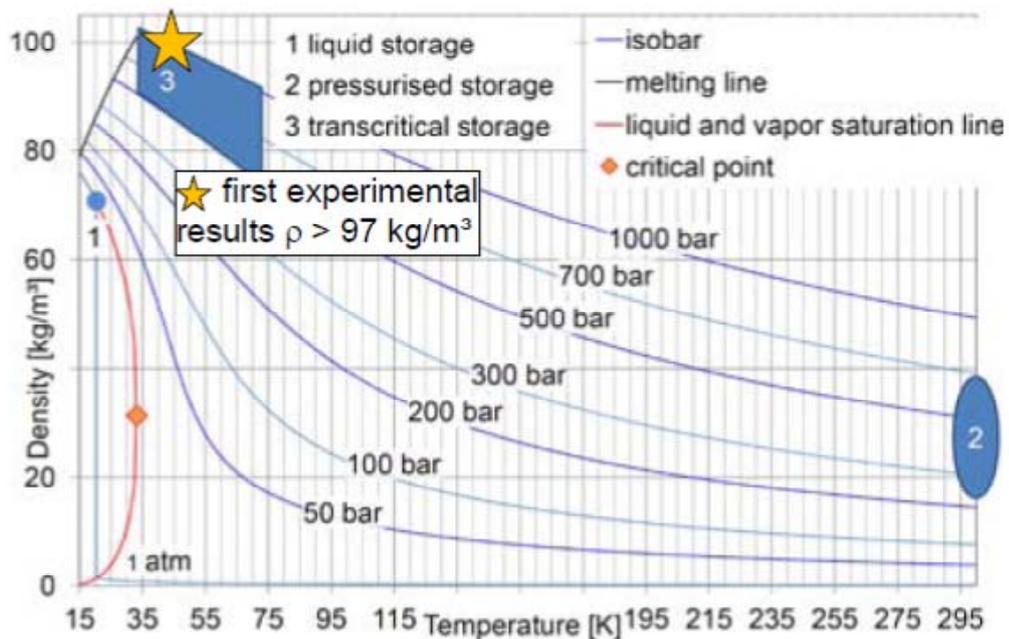


Bild 1: Speicherdichte von Wasserstoff als Funktion von Temperatur und Druck, siehe Text.

Die vorteilhafte Speicherung im transkritischen Zustand mit hohen Speicherdichten bei gleichzeitig geringen thermischen Verlusten wurde auch für Erdgas experimentell nachgewiesen.

Nach ersten Untersuchungen mit Inertgas (Helium) wurden Tests und Messungen mit Wasserstoff durchgeführt. Bild 2 zeigt Ergebnisse im Bereich hohen Drucks bei Temperaturen zwischen 23 und 33 K. Man erkennt eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und theoretischen Werten.

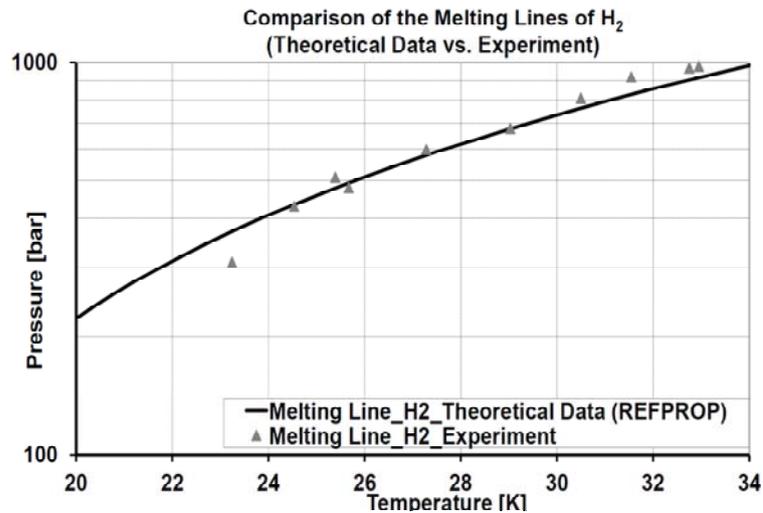


Bild 2: Phasenübergang flüssig-fest für Wasserstoff: Vergleich zwischen gemessenen Daten (graue Dreiecke) und theoretischen Werten (schwarze Linie; entspricht der Koexistenz-Linie).

Die Untersuchungen an innovativen Komponenten für die Umgebung des Speichers zur Erhöhung seiner Standzeit durch Verringerung thermischer Verluste wurden sowohl für den Kapillar-Expansionskühler als auch für das Latentwärme-Reservoir weitergeführt. Die erstgenannte Komponente wurde auch im Tieftemperaturbereich charakterisiert. Bild 3 zeigt den Verlauf von Druck und Heizleistung (diese entspricht der Kühlleistung) für einen Neon-Rückkühler bei etwa 60 K.

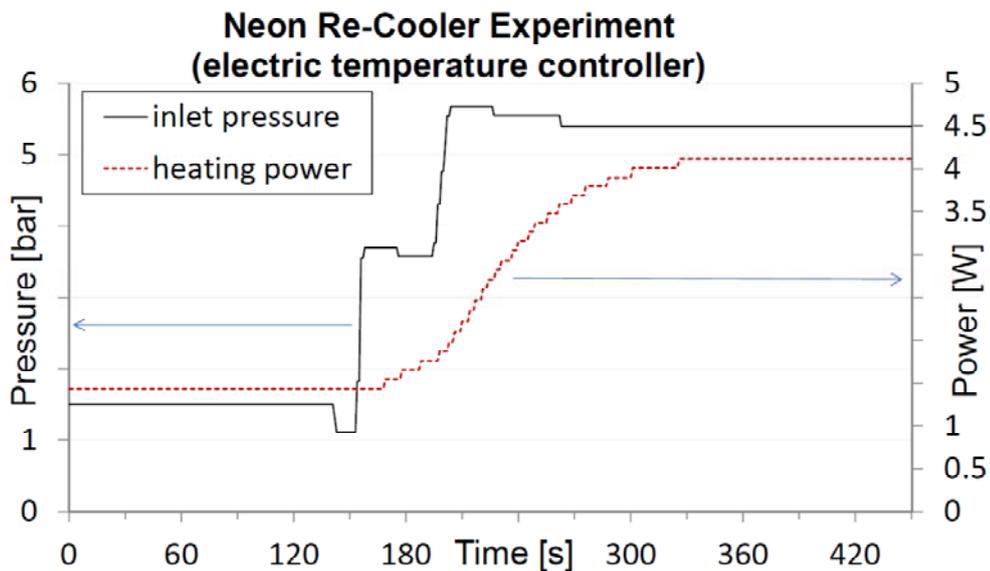


Bild 3: Verlauf von Druck und Heizleistung (Kühlleistung) bei Veränderung des Neon-Drucks, bei ≈ 60 K

Die Rückkühlung bei Medienentnahme führt aufgrund des Joule-Thomson-Effekts und des Bernoulli-Effekts bei stärkerem Massenstrom (also bei höherem Druck; zur Vorkonditionierung wird bei Beginn bereits ein geringer Neon-Strom eingestellt) zu einer Abkühlung des Systems. Zur Messung dieses Effekts wird elektrisch gegengeheizt. Der Nutzen des Kapillar-Expansionskühlers wird somit in der gestiegenen Heizleistung (Kühlleistung) bei hohem Druck sichtbar.

Zur Charakterisierung von Latentwärme-Medien wurden weitere Messungen an eutektischen Stoffgemischen bei verbesserter Prozessführung durchgeführt. Untersuchungen an einer Mischung aus Methan, Ethan und Propan zeigen sehr gute Übereinstimmung mit theoretischen Berechnungen. Zur Einpassung des Latentwärmespeichers in den Wasserstoff-Versuchsstand wurde ein spezieller Behälter konstruiert (siehe Bild 4), gefertigt und integriert. In der inneren Öffnung des Latentwärmespeichers befindet sich der Wasserstoffspeicher selbst. Das eutektische Gemisch ist in dem grün dargestellten äußeren Behälter eingebracht, die blau eingezeichneten Kapillaren dienen zu seiner Befüllung. Im rechten Teil des Bildes ist die thermische Ankopplung an den Kryokühler dargestellt.

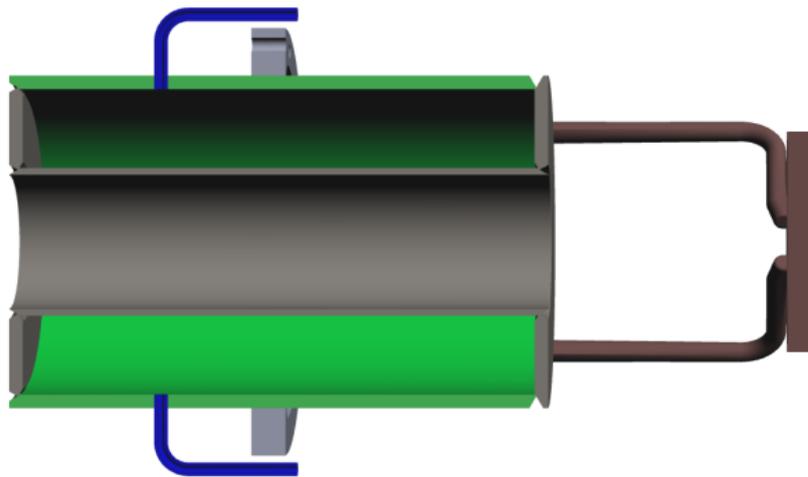


Bild 4: Konstruktionszeichnung des Latentwärmespeichers (Befestigungselemente zur Abstützung auf dem Kryokühler sind nicht eingezeichnet)

Die im Vorlauforschungsvorhaben erworbenen Kenntnisse und Erfahrungen kommen nicht nur der Forschungsrichtung Wasserstoff-Technologie zu Gute, sondern liefern auch wichtige Beiträge für Speichersysteme für Brennstoffe und weitere Energiespeichersysteme. Zielrichtung der daraus abgeleiteten marktorientierten Forschungsvorhaben ist die gesamte Wasserstoff-Prozesskette von Verarbeitung, Transport, Lagerung bis hin zur Anwendung mit dem Schwerpunkt auf mobilem Einsatz der Systeme.

Neben dem bereits laufenden FuE-Vorhaben zur Entwicklung eines energieeffizienten Kfz-Kühlers mit innovativem Antriebskonzept für Erdgas-Anwendungen sind aktuell Projekte zur Entwicklung eines Wasserstoffkühlers für mobile Anwendungen sowie auf dem Gebiet innovativer Hochdruck-Armaturen für Tieftemperaturanwendungen beantragt. Außerdem ist ein FuE-Projekt zur dezentralen Wasserstoff-Speicherung in Vorbereitung.

Weiterhin sollen die Vorhabenergebnisse auch in einem Projekt zur Energiespeicherung im größeren Leistungsbereich mit genutzt werden. In Zusammenarbeit mit Industriepartnern befinden sich weitere FuE-Aufgaben im Wasserstoff- und Erdgas-Bereich in Bearbeitung bzw. Projektanbahnung.

1.2 Kryogene Biomaterialien

Das Vorlaufforschungsvorhaben „Kryogene Prozessierung von Pharmaka und Biomaterialien“ konnte im Oktober 2012 mit großem wissenschaftlichen Erfolg abgeschlossen werden.

Auf dem Forschungsgebiet des **Pharmazeutischen Freezing** wurden sogenannte *Bottle Freezing-Prozesse* pharmazeutischer Proteinwirkstoffe unter wissenschaftlichen Aspekten aufgeklärt. Das Verfahren konnte geschlossen analytisch zugänglich gemacht werden, was eine umfassende qualitative Aufklärung des Gefrierprozesses gestattete. In einem Folgeprojekt „Innovatives Charakterisierungs- und Optimierungsverfahren eines *Final/ Intermediate Bulk Freezing*prozesses“ soll der Flascheneinfrierprozess ab Mai 2013 einer numerischen Modellierung zugänglich gemacht werden, um Verteilungsfunktionen für die Konzentrationen an Wirkstoff, Puffersubstanzen und anderen Inhaltsstoffen des Produktmedium im Gefriergut vorhersagen zu können. Diese Werte stellen die Basis für eine Modellierung von Produktverlusten dar.

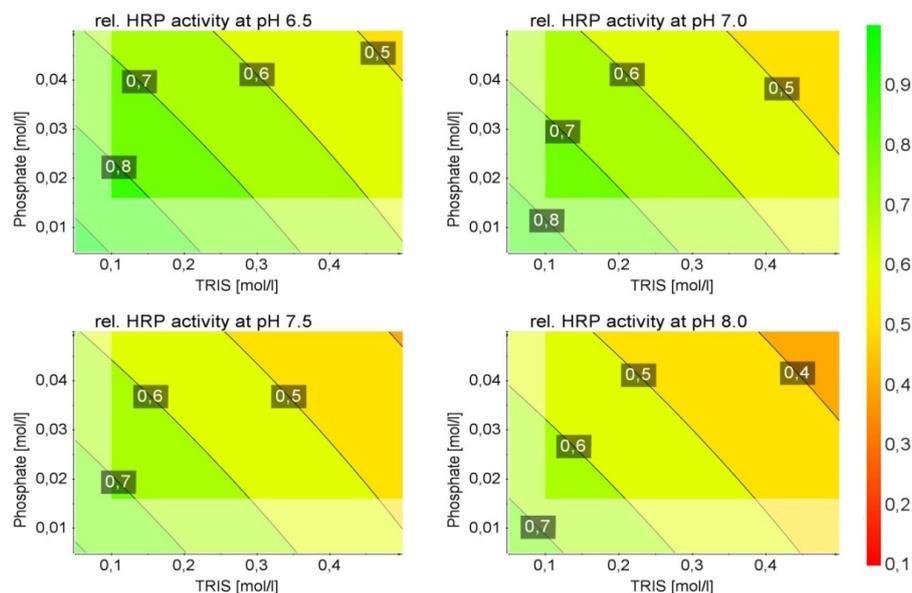


Bild 1: Berechnung von Produktverlusten eines Proteinwirkstoffs im Gefrierprozess in Abhängigkeit vom pH-Wert und den Konzentrationen an Phosphat und TRIS im Produktmedium

Am Beispiel des technischen Enzyms Meerrettichperoxidase konnte gezeigt werden, dass eine exakte Voraussage von Produktverlusten in technischen Gefrierprozessen mit Hilfe mathematischer Prozessmodelle prinzipiell möglich ist. Es konnte experimentell nachgewiesen werden, dass die Schädigung von Proteinwirkstoffen im Gefrierprozess keine direkte Konsequenz des Gefrierprozesses ist, sondern über spatiotemporale Verschiebungen von Stoffkonzentrationen und pH-Wert nur indirekt von diesem abhängt. Diese Erkenntnis ebnete den Weg für eine mathematische Modellierung von Produktverlusten auf Basis analytischer High Throughput - Verfahren bei Raumtemperatur, was einem Quantensprung in der wissenschaftlichen Aufklärung pharmazeutischer Gefrierprozesse gleichkommt. In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Wien konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von In-vitro-Schnellverfahren an Stelle aufwändiger quantitativer Proteinanalytik im Gefrierprozess eine Zeit- und Kostenersparnis um den Faktor 100 erzielt werden kann. Auf Basis der im Gefriergut bestimmten lokalen Stoffkonzentrationen konnten Proteinausbeuten für beliebige Gefrierbedingungen mit einer Genauigkeit von über 95 % berechnet werden. Bei Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Wirkstoffe und Prozessbedingungen steht ein mächtiges Werkzeug für die Ausbeuteoptimierung in pharmazeutischen Downstreamprozessen bereit.

Auf dem Forschungsgebiet der **Gewebekryokonservierung** wurden im Jahr 2012 wichtige Fortschritte gemacht. In umfangreichen Versuchsreihen zur Kryokonservierung an mittels *Tissue Engineering* hergestellten Schleimhautgewebes konnte der Nachweis erbracht werden, dass körpereigene Polysaccharide ein kryoprotektives Potential in der Gewebekryokonservierung besitzen. Es konnte gezeigt werden, dass Hyaluronate mit hohen Molekulargewichten konventionelle, extrazelluläre Kryoprotektiva adäquat ersetzen können und im Gegensatz zu diesen nach der Revitalisierung im Gewebe verbleiben können. Dies ist ein wichtiger Schritt für die geplante Entwicklung einfach handhabbarer, kryokonservierbarer Schnelltestsysteime im Rahmen des geplanten Folgeprojektes „*Kryokonservierbares Zytotoxizitäts-Testsystem*“, mit denen ein flächendeckender Ersatz von Tierversuchen ermöglicht werden soll.

Auf dem Gebiet der **Biomaterialentwicklung** wurden bereits im Vorjahr große Fortschritte erzielt. Durch eine gezielte Prozessführung ist das ILK Dresden nun in der Lage, in einem modernen *Ice Templating*-Prozess sowohl homogen strukturierte Matrices als auch Trägermaterialien mit *Bi-Layer*-Struktur zu erzeugen. Im gleichen Verfahren konnten beide Matrixtypen sowohl mit verschiedenen Porenstrukturen (tubulär und polygonal) als auch verschiedenen Porositäten hergestellt werden, was die enorme Flexibilität des softwaregestützten kryogenen Verfahrens aufzeigt.

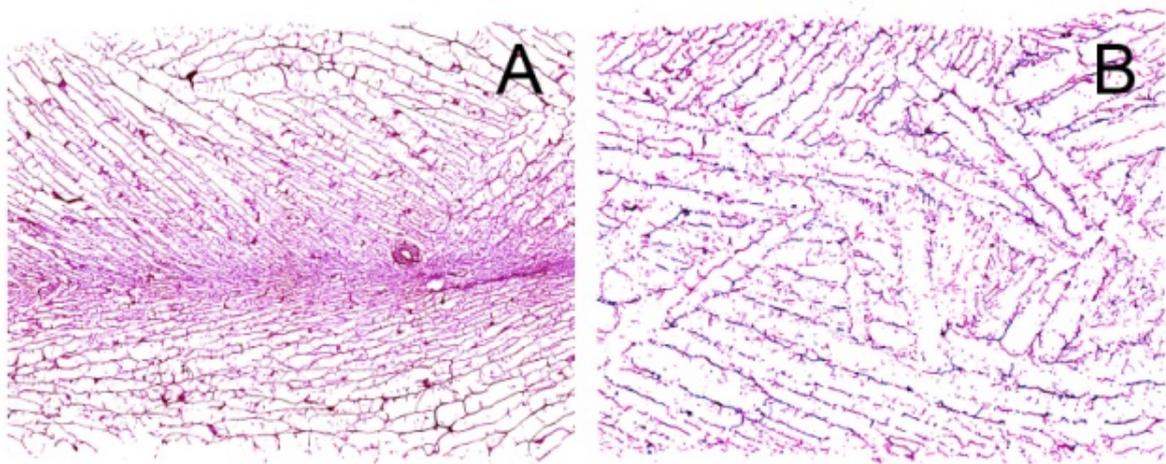


Bild 2: Histologische Schnittbilder tubulär-poröser 3-D Kollagenmatrices
(A) mit und (B) ohne Bi-Layer-Struktur

Es konnten statistische Prozessmodelle für die Prozessplanung entwickelt werden, die es ermöglichten, Materialien mit definiertem Schichtaufbau und definierter Porengröße herzustellen. In Fertigungsversuchen konnte die gewünschte Porengröße mit einer Genauigkeit von 98 % erreicht werden. Die Grundelemente der entwickelten Technologie wurden zum Patent angemeldet.

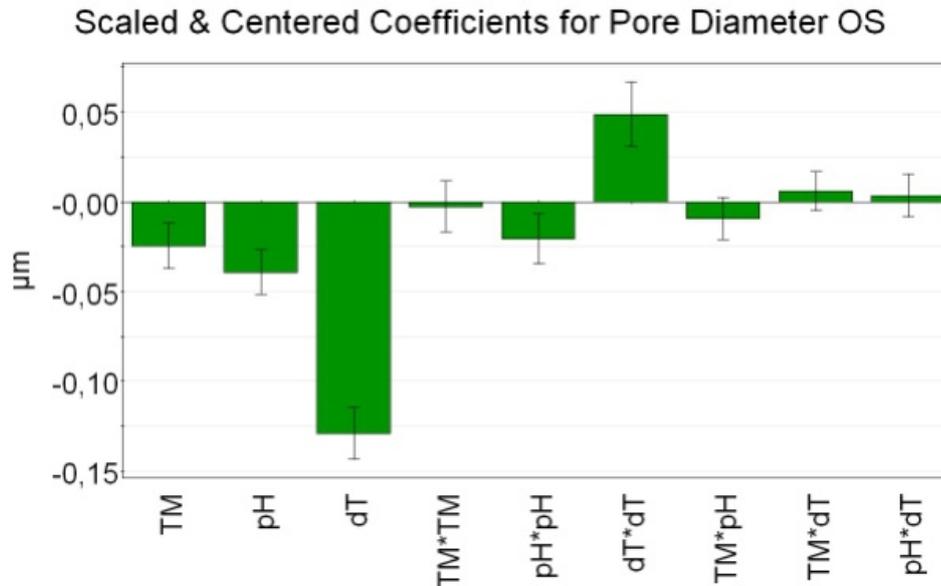


Bild 3: Herzstück eines statistischen Prozessmodells zur Steuerung der kryogenen Porosierung: Modellkoeffizienten zur Gewichtung der Einflüsse von Trockenmasse, pH-Wert und Gefriertrate auf die Porengröße von Kollagenmatrices

Im Rahmen der Technologieforschung wurde die enorme Bedeutung der Rohstoffqualität für den Prozess Erfolg nachgewiesen. Moderne softwaregestützte Fertigungsverfahren ermöglichen die exakte Einstellung gewünschter Produkteigenschaften durch sensible Feinjustierung von Prozessvariablen. Gerade deshalb reagieren sie aber sehr sensibel auf Qualitätsschwankungen des Rohmaterials und Änderungen in seiner Aufbereitung. Hier setzt das Folgevorhaben „*Innovative modellgestützte Verarbeitung von Biopolymeren*“ an. Mit Beginn im Q3/2013 sollen im Rahmen dieses Projektes potentielle Prozessstörgrößen erforscht und Methoden entwickelt werden, um die Kollagenverarbeitung robust gegen Schwankungen der Materialqualität und verfahrenstechnische Störeinflüsse zu machen.

1.3 Abscheidung von CO₂ aus Abgasen

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines *kombinierten thermischen und fluidischen Verfahrens zur Abgastrocknung, Abtrennung von hochreinem Kohlendioxid und der nachträglichen Reinigung des Abgases*, welches sich durch folgende innovative Punkte auszeichnen soll:

- Das Zusammenspiel der einzelnen Prozesse erfolgt mit einer höheren Energieeffizienz gegenüber den Einzelverfahren, die dem Stand der Technik entsprechen.
- Der Abscheidegrad und damit die Reinheit des CO₂ soll soweit verbessert werden, dass dieses anschließend der Wiederverwendung in anderen Prozessen zugeführt werden kann.
- Damit soll eine Alternative zur umstrittenen, unterirdischen Speicherung des CO₂ geschaffen werden.
- Das Verfahren soll skalierbar sein und somit auch kleinere Anlagen unter 20 MW thermischer Leistung zur Verfügung stehen.

Die Realisierung des Abtrennverfahrens wird im Wesentlichen durch die Hintereinanderschaltung eines Anreicherungsverfahrens mittels Membran-Technik und der Abscheidung durch die Erzwingung eines Phasenübergangs gasförmig zu flüssig erfolgen. Das Produkt aus Druck und

Konzentration des Kohlendioxids hinter der Membran (im Permeat) ergibt den für die kältetechnische Abscheidung wichtigen Partialdruck. Dieser muss so gewählt werden, dass er in einem Bereich des Phasendiagramms (siehe Bild 1) liegt, wo eine Verflüssigung und keine De-Sublimation des Kohlendioxids geschieht. Das bedeutet, dass der Kohlendioxid-Partialdruck im Permeat deutlich über dem Tripeldruck von 5.11 bar liegen muss.

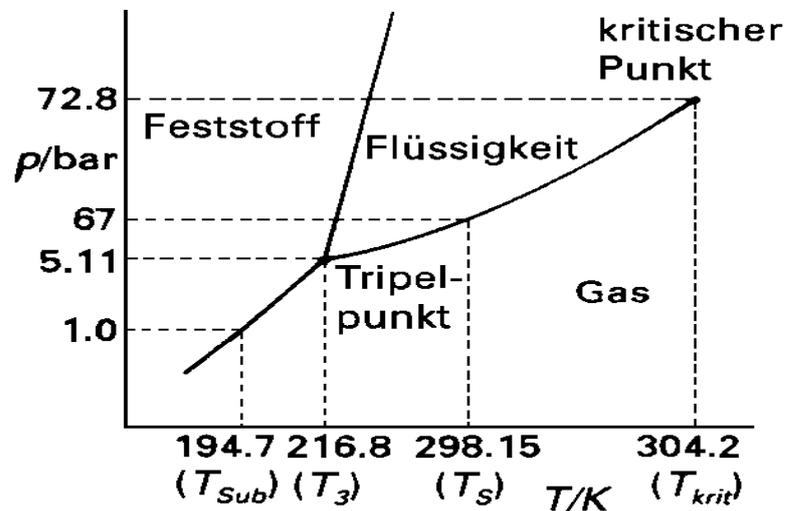


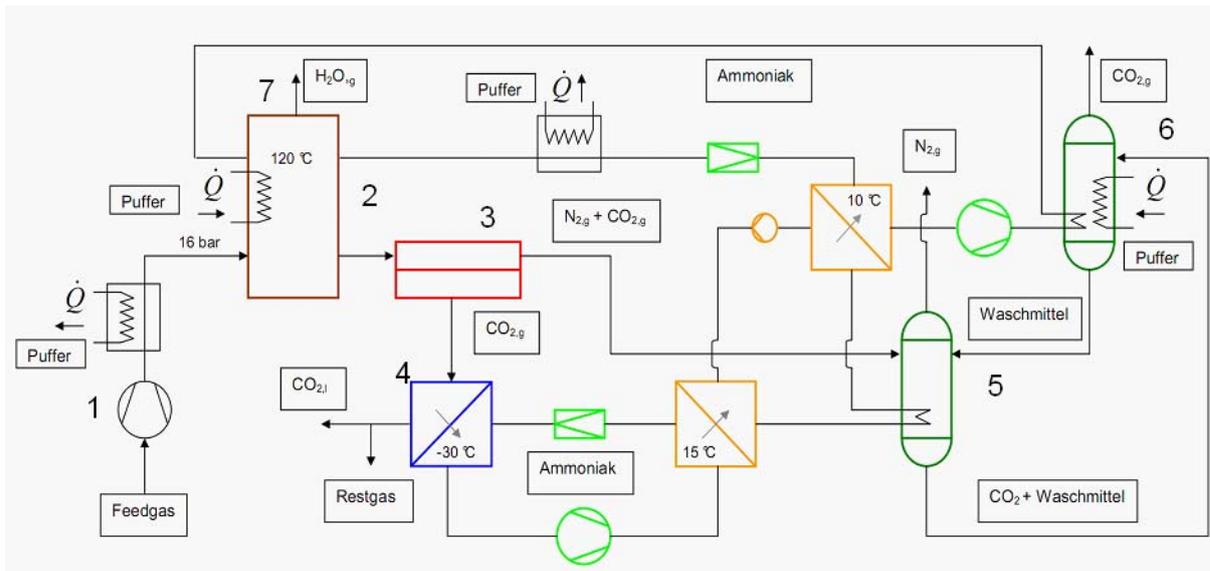
Bild 1: Phasendiagramm für Kohlendioxid

Um Verunreinigungen durch Wasserdampf und Schadgase im Membran- und Kälteprozess zu vermeiden, muss das Gas vor der Membran-Anreicherung und kältetechnischen Abscheidung getrocknet werden. Nach diesen Prozessen erhält man neben dem flüssigen Kohlendioxid auch noch das zum großen Teil aus Stickstoff- und Rest-Sauerstoff bestehende Abgas, welches, bevor es in die Umwelt entlassen wird, noch durch einen Waschprozess von Kohlendioxid-Resten befreit werden muss.

Um ein Minimum an Primärenergie im Prozess zu verbrauchen ist es erforderlich, die Abwärme des Kompressionsprozesses vor der Membrananreicherung für die Trocknung und den Waschvorgang zu nutzen. Bei der Trocknung wird die Abwärme derart genutzt, dass das Sorptionsmittel, welches den Wasserdampf gebunden hat, durch die Prozessabwärme regeneriert wird. Beim Waschprozess wird das vom Waschmittel aufgenommene Kohlendioxid durch Abwärme-Zufuhr angetrieben.

Die Realisierung eines abwärmegetriebenen kältetechnischen Prozesses kann z. B. durch einen Absorptions-Kälteprozess oder durch einen dampfstrahlgetriebenen Kompressionskälte-Prozess realisiert werden.

Das gesamte Prozessschema kann Bild 2 entnommen werden.



- ▶ 1 – Verdichtung des zugeführten Gases, 2 – Trocknung mittels Absorptionsmaterial, 3 – Aufkonzentration des CO₂ mittels Membranen, 4 CO₂-Abscheidung, 5 – Waschen des Retentatstromes, 6 – Regeneration des Waschmittels, 7 – Regeneration des Trocknungsabsorbers
- ▶ Puffer zum Ausgleich ungleichmäßiger Leistungsanforderungen und zur Regelung der Prozesseile

Bild 2: Mögliches Gesamtsystem zur Untersuchung der Abtrennung von CO₂ aus Abgasen

Nach der Konzepterstellung und der Vorgabe der Randbedingungen, die sich vor allem aus der kältetechnischen Abscheidung ergeben, wurden im Rahmen der theoretischen Untersuchungen zunächst die Einzelprozesse für sich modelliert.

Der Prozess der Membrananreicherung erbrachte anwendbare Ergebnisse für den Einsatz von Polyimid-Hohlfaser-Membranen. Die Untersuchung der kältetechnischen Abscheide-Prozesse führte zu dem Ergebnis, dass Absorptionskälte-Verfahren wegen der niedrigen zu realisierenden Abscheidetemperatur nicht günstig sind. Es müssen Kompressionskälteverfahren eingesetzt werden. Nur diese Verfahren erreichen in der Anwendung den erforderlichen hohen Wirkungsgrad.

Bei der Untersuchung zur Nutzung von Abwärme zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs zeichnet sich ab, dass die Kompressionsabwärme bei einem Temperaturniveau von > 100 °C nutzbringend eingesetzt werden kann, um die Sorptionsmittel zur Trocknung des Abgases zu regenerieren und das Kohlendioxid aus dem Waschmittel auszutreiben.

In den weiteren Untersuchungen geht es im Wesentlichen um die Abstimmung des Gesamtprozesses, die Festlegung des Druck- und Temperaturniveaus der Einzelprozesse und die interne thermische Rekuperation im Gesamtprozess. Vor allem muss geklärt werden, ob der thermische Überschuss aus der Kompressions-Abwärme nicht zumindest für eine Stufe eines dampfstrahlgetriebenen Kompressionskälteprozess verwendet werden kann. Darüber hinaus ist zu ermitteln, auf welchem Temperaturniveau die prozessinterne thermische Rekuperation vermittelt werden kann und ob Puffer zur zeitlichen Prozess-Entkopplung erforderlich sind.

Nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass bei Nutzung der prozessinternen thermischen Rekuperation sehr deutliche Energieeinsparungen zu vergleichbaren Prozessen der Kohlendioxid-Abtrennung bei Abgasen erreicht werden können. Es ist noch nachzuweisen, dass der prozesstechnische Aufwand hierfür ökonomisch attraktiv dargestellt werden kann.

1.4 3-Zyklen-Pulse-Tube-Kühler

Der „3-Zyklen-Pulse-Tube-Kühler“ (3Z-PTK) ist ein Hochleistungskühler, der bei einer Temperatur zwischen 65 und 80 K (-208 und -193 °C) eine Kälteleistung zwischen 650 und 1000 W zur Verfügung stellt. In der geplanten Anwendung ist vornehmlich die Kühlung von Anwendungen mit Hochtemperatursupraleitern (HTSL) geplant. Hier sind besonders die Kühlung von supraleitenden Kabeln, resistiven und induktiven Fehlerstrombegrenzern sowie die Kühlung von HTSL-Motoren und -Generatoren zu nennen.

Im Jahr 2012 wurde der 3Z-PTK fertiggestellt und ist seitdem in der Testphase. Bild 1 zeigt den vollständigen Kühler. Das gezeigte Funktionsmuster ist einen Meter hoch und benötigt einen Quadratmeter Grundfläche.

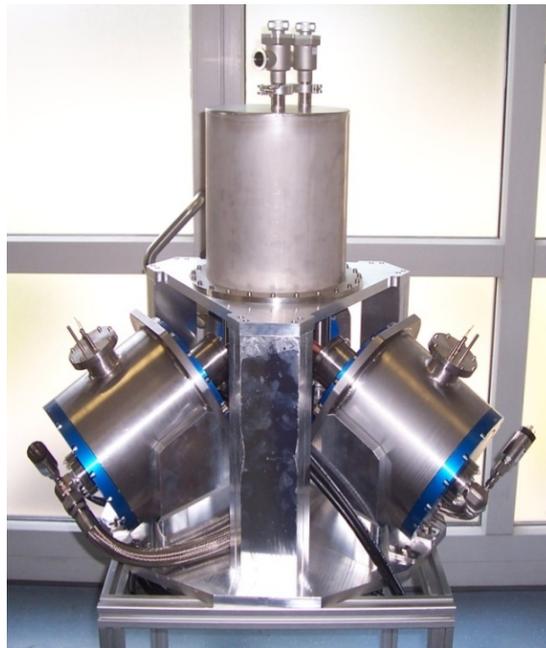


Bild 1: 3-Zyklen-Pulse-Tube-Kühler

Bei den ersten Tests lag der Schwerpunkt bei den Antriebsmotoren. Um deren elektrisches Verhalten exakt auszumessen, wird der 3Z-PTK auf dem Versuchsstand mit einem 3-phasigen Netzsimulator angetrieben. Dieser Netzsimulator ist zusammen mit dem Versuchsstand in Bild 2 dargestellt. Über die visuelle Lageerkennung der Kolben und die Einstellung eines Gleichstrom-offsets können die Schwinger der Motoren so justiert werden, dass sie exakt um ihre Mittellage schwingen. Ein Anschlagen in den Endlagen der Laufbuchsen wird dadurch vermieden.

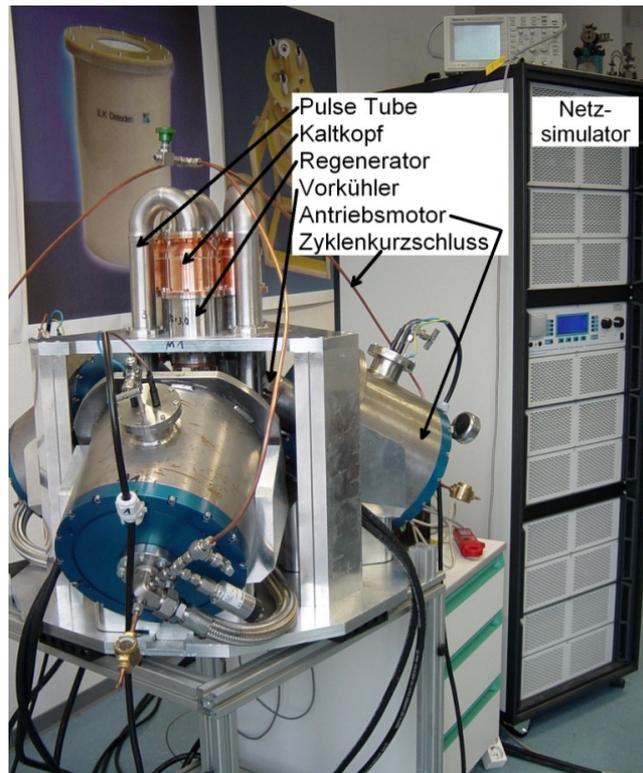


Bild 2: Versuchszustand des 3Z-PTK mit Netzsimulator

Die Funktion des 3Z-PTK konnte bereits nachgewiesen werden, wie die Eisbildung an den Kaltköpfen in Bild 3 eindrucksvoll zeigt, wenn das Vakuumdewar nicht montiert ist (somit kein Isolationsvakuum vorhanden ist). Die Untersuchungen im Normalbetrieb werden mit einem Isolationsvakuum von $\leq 10^{-4}$ mbar durchgeführt. Zusätzlich sind die Kaltköpfe mit einer Vielschichtisolation gegen Wärmestrahlung geschützt. Zurzeit werden die Abkühlkurven aufgenommen und das Leistungsdiagramm erstellt.



Bild 3: Vereisung des Kaltkopfs des 3Z-PTK

1.5 Magnetisch rauscharmer Heliumkryostat

In diesem Vorhaben wird ein rauscharmer, nichtmetallischer Helium-Kryostat entwickelt, der eine hohe Helium- und Vakuumstandzeit besitzt. Damit diese Kryostate in beliebigen Anordnungen/ Konstruktionen zum Einsatz kommen können, werden sie mit einer lageunabhängigen Funktionsweise ausgestattet. Aus den Ergebnissen sollen neue Einsatzfelder erschlossen werden, wie beispielsweise die Kryostatierung von Hochtemperatursupraleiter(HTSL)-Anwendungen (Strombegrenzer, Torque-Motoren, Generatoren, etc.).

Im Rahmen des Projektes wird mit dem Material ISOVAL® TU22/EP GC 22 für Rohre und ISOVAL 11/EP GC 203 (G11) der Firma ISOVOLTA Gatex GmbH, also einem optimierten GFK-Verbund gearbeitet. Weiterhin wird ein als Filament gewickeltes Rohr des Typs Rotafil 50212 der Firma MR Regensburg eingesetzt, da es im Hinblick auf Festigkeit bestens geeignet ist. Die Messungen am GFK-Material haben ergeben, dass die Wärmeleitfähigkeit bei Raumtemperatur größer ist, als vom Hersteller angegeben.

Da die Verdampfungsenthalpie von Helium nur 21,1 kJ/kg beträgt ist es erforderlich, zur Kühlung des Kryostaten die Enthalpie des durch Wärmeeintrag entstehenden Gases optimal auszunutzen. Daher erfolgt die Isolation als abgasgekühlter Strahlungsschirm mit darauf befindlicher Superisolation. Als einfachste Variante kann ein geeigneter Verbund aus Kupferlitzten angegeben werden.

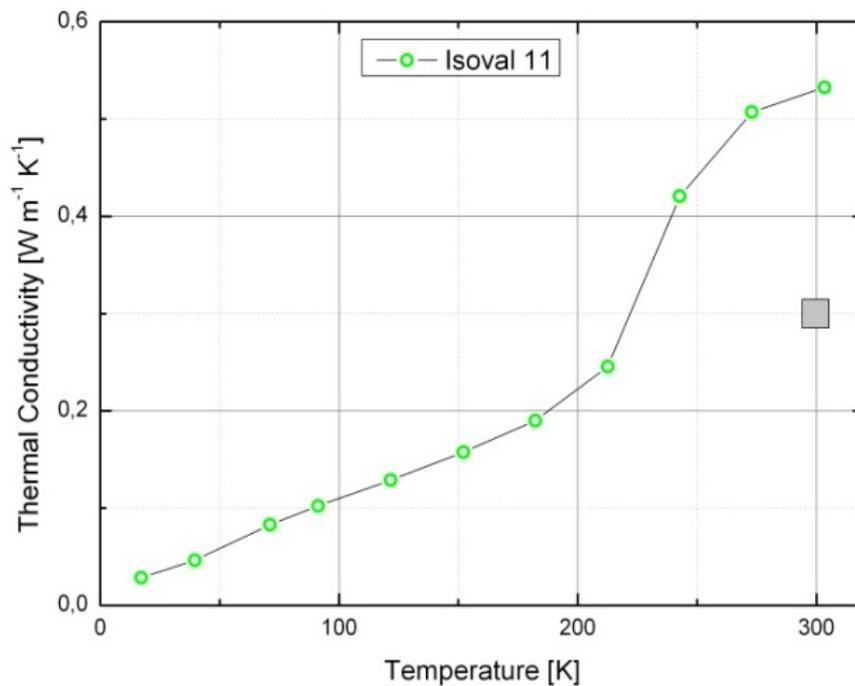


Bild 1: Gemessene thermische Leitfähigkeit von GFK (Typ Isoval 11)

In Zusammenarbeit mit dem IKTS Dresden kann unten stehende verbesserte Variante vorgestellt werden.

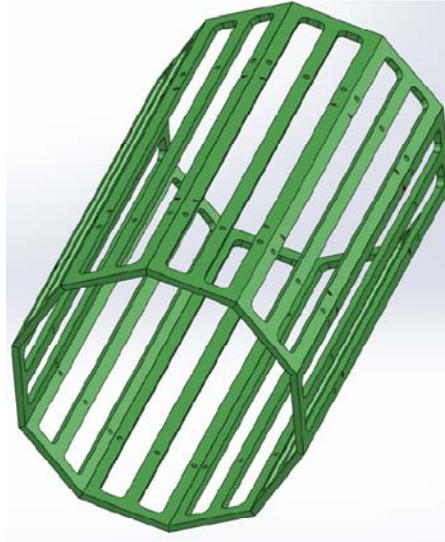


Bild 2: Strahlungsschirm aus Aluminiumoxidmodulen (IKTS Dresden)

Ausgewählte Materialien wurden an der PTB Berlin hinsichtlich Suszeptibilität und Restmagnetisierung untersucht. Die Magnetisierung erfolgte mittels Neodym-Magneten (Feldstärke größer als 200 mT) direkt auf der Oberfläche. Alle Messungen erfolgten mit höchstempfindlichen Magnetfeldsensoren (modifizierte SQUIDs - Supraleitende Quanten-Interferenz-Detektoren) in magnetisch höchst geschirmter Kabine BMSR-2 (PTB Berlin) mit einer Auflösungsgrenze von ca. 2-3 pT pp (peak to peak). Messungen bei Raumtemperatur ergaben für oben genannte GFK-Komponenten Werte <20 pT pp.

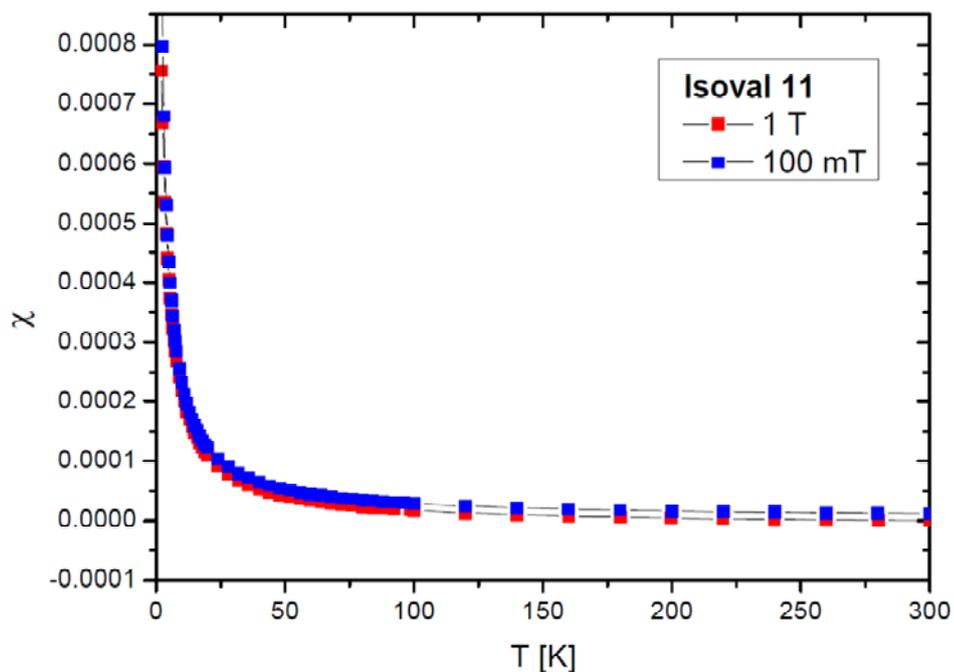


Bild 3: Temperaturabhängige Messungen der magnetischen Suszeptibilität bei externer Magnetisierung

Nachfolgend durchgeführte Messungen der Suszeptibilität zeigen eine starke Aufmagnetisierung mit abnehmender Temperatur. Als Ursache wurde ein System paramagnetischer Momente benannt (PTB). Arbeiten zum Permeationsverhalten der Materialien haben ergeben, dass bei den benötigten Wandstärken (als Ergebnis der Auslegung) Klebungen bei Temperaturen oberhalb von 100 K als kritisch zu betrachten sind. Bei Klebungen am Innenbehälter werden alle Klebestellen nachträglich mit Harz und Gewebe nachlaminiert. Weiterhin wird zur Verminderung der Heliumpermeation ein mit Aluminium metallisiertes Halsrohr (Schichtdicke einige μm) eingesetzt.

1.6 Kryoaufbereitung großer biologischer Massen

Ziel ist die Entwicklung einer innovativen, energieeffizienten und ökologischen Form der kryogenen Aufbereitung großer biologischer Massen. Der im Rahmen des Vorhabens verfolgte Ansatz basiert auf einem Tieftemperaturprozess. Durch die Kälteeinwirkung versprödet biologisches Gewebe und kann mit mechanischen Mitteln zu einem trocknungsfähigen Granulat verarbeitet werden. Das entstehende extrem wasser- und keimarme Granulat kann in so geringer Erdtiefe bestattet werden (ca. 50 cm), dass eine Kompostierung, also aerobe Zersetzung der Überreste, stattfindet. Die kryogene Aufbereitung kann bei der Beseitigung biologischen Materials aus Schlachtbetrieben, Tierarztpraxen oder Krankenhäusern eingesetzt werden oder als eine alternative Form der menschlichen Bestattung Anwendung finden. Da Fremdstoffe wie z. B. Amalgamfüllungen oder künstliche Gelenke aus dem Granulat entfernt werden, gehen die Überreste etwa innerhalb eines Jahres vollständig in den natürlichen Kreislauf über.

Im bisherigen Projektverlauf wurde zunächst ein Konzept für die Gesamtanlage erstellt und anhand experimenteller Untersuchungen eine angepasste Kühlvorrichtung entwickelt. Darauf aufbauend wurde ein Funktionsmuster der kryotechnischen Anlage geplant, konstruiert und aufgebaut.

Folgende Prozesskette ist für die Gesamtanlage vorgesehen: Abkühlung - mechanische Zerkleinerung - Gefriertrocknung - Aussortierung des nichtbiologischen Materials und rückstandloser Transport des biologischen Materials in recyclingfähiges Behältnis. Die Kühlvorrichtung ist auf die Erhöhung der Abkühlgeschwindigkeit durch Vermeidung des Leidenfrost-Phänomens hin zu optimieren. Die experimentellen Ergebnisse zu erreichbaren Abkühlgeschwindigkeiten bei Einsatz verschiedener Kühlmethoden können wie folgt zusammengefasst werden:

- Durch Verbesserung des Wärmeübergangs ist die Abkühlgeschwindigkeit zu Beginn des Kühlvorgangs bei Sprühkühlung deutlich höher als bei Tauchkühlung.
- Mit Fortschreiten des Gefriervorgangs wird die Tauchkühlung der Sprühkühlung zunehmend überlegen.
- Eine Bedüsung mit kaltem Stickstoffgas bewirkt keine merkliche Verbesserung der Abkühlgeschwindigkeit.

Messungen der mechanischen Eigenschaften haben gezeigt, dass sich diese unterhalb einer Temperatur von -150 °C nicht mehr unterscheiden. Aus diesen Ergebnissen wurde das Fazit für die Kühlprozessführung gezogen, mit Sprühkühlung zu beginnen, wobei nicht der gesamte flüssige Stickstoff verdampft, sondern sich in der Probenablage sammelt, so dass die Probe in Flüssigstickstoff eintaucht, bis die Temperatur im Probenkern maximal -150 °C beträgt. Die mechanische Zerkleinerung erfolgt mittels eines Backenbrechers. Nach der Gefriertrocknung wird metallisches Material durch Wirbelstromseparation vom biologischen Material getrennt.

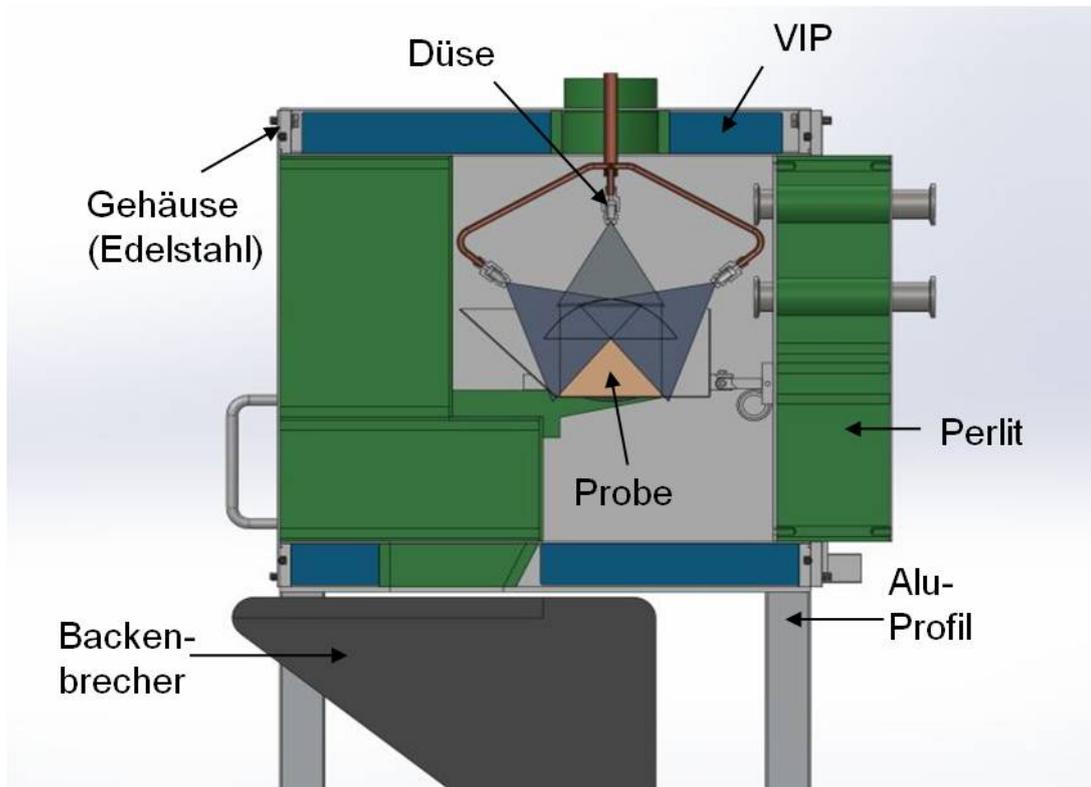


Bild 1: Schnittbild der Gefrierkammer in der Kühlphase

Das Funktionsmuster der Gefrierkammer soll zwar keinen vollautomatischen Betrieb aufweisen, die Bedienung der Gefrierkammer wird aber schon darauf ausgerichtet, dass ein vollautomatischer Betrieb einfach zu implementieren sein wird. Das vorgeschlagene Design sieht daher eine rechteckige Kammer mit zwei ausziehbaren Türen vor (Bild 1). Die Kammer steht oberhalb des Backenbrechers und ist mit einer Aussparung im Boden genau über der Backenbrecheröffnung versehen. Im Kühlmodus, wenn die Kammer vollständig geschlossen ist, ist die Bodenaussparung durch eine der Türen verschlossen. Die Probe wird in einer Lore abgelegt, die kippbar an einer der Türen angebracht ist. Für die Bedüsung mit Flüssigstickstoff sind fünf Düsen vorgesehen. Die thermische Isolierung der Gefrierkammer besteht an den Seitenflächen aus Vakuum-Isolationspaneel (VIP). Die Türen werden aufgrund ihrer etwas komplizierteren Form und der Tatsache, dass die Sensorik durch sie durchgeführt wird, mittels einer Perlit-Schüttung thermisch isoliert.

1.7 Kfz-Kühler transkritische Erdgasspeicher

Hintergrund dieser Entwicklung ist eine Simulation und experimentelle Untersuchung zur Speicherung von Erdgas bei tiefen Temperaturen (-80 °C) und 200 bar Speicherdruck, welche eine Verdopplung der Erdgas-Speicherdichte gegenüber Raumtemperatur ergaben (unter sonst gleichen Bedingungen). Vor allem für den Einsatz in Kfz hat eine platzsparende Unterbringung des Treibstoffs hohe Priorität.

Für die Aufrechterhaltung des tiefen Temperaturniveaus soll eine aktive Kühleinheit mit ausreichender Kühlleistung entwickelt werden, die sowohl im Betrieb und vor allem auch im Stillstand des Kfz die Wärmeeinträge durch die Umgebung ausgleicht und ein Abblasen von Erdgas verhindert.

Im Unterschied zum herkömmlichen Kältekreislauf mit Kältemitteln (KM) mit keinem oder geringem Temperaturgleit (d.h. Temperaturdifferenz zwischen Tau- und Siedezustand bei konstantem Druck) wird bei dieser Gemisch-Joule-Thomson-Kältemaschine (GJT) ein KM-Gemisch verwendet, dessen

Bestandteile über einen weiten Temperaturbereich siedend. Dies ermöglicht das Erreichen tieferer Temperaturen bei vergleichbaren Prozessdrücken, wobei der Einsatz herkömmlicher KM-Verdichter möglich bleibt. Weitere Vorteile liegen, bedingt durch die einstufige Ausführung, in dem kompakten Design und in niedrigen Investitionskosten.

In Bild 1 ist beispielhaft das Temperatur-Enthalpie-Diagramm eines Gemisches aus Kohlenwasserstoffen für den GJT-Prozess dargestellt. Nach Verdichtung und Rückkühlung des KM-Gemisches (T_K) gelangt dieses in den inneren Wärmeübertrager (Punkt-Strich-Isobare), wo die einzelnen KM-Bestandteile unter Wärmeabgabe an das gegenströmende KM-Gemisch (gestrichelte Isobare) und Temperaturabsenkung kondensieren. Nach dem Expansionsventil wird das KM-Gemisch auf den Niederdruck entspannt (gestrichelte Isobare) und stellt die Kälteleistung bereit (T_0). Anschließend verdampft es unter Wärmeaufnahme im inneren Wärmeübertrager und gelangt zurück zum Verdichter.

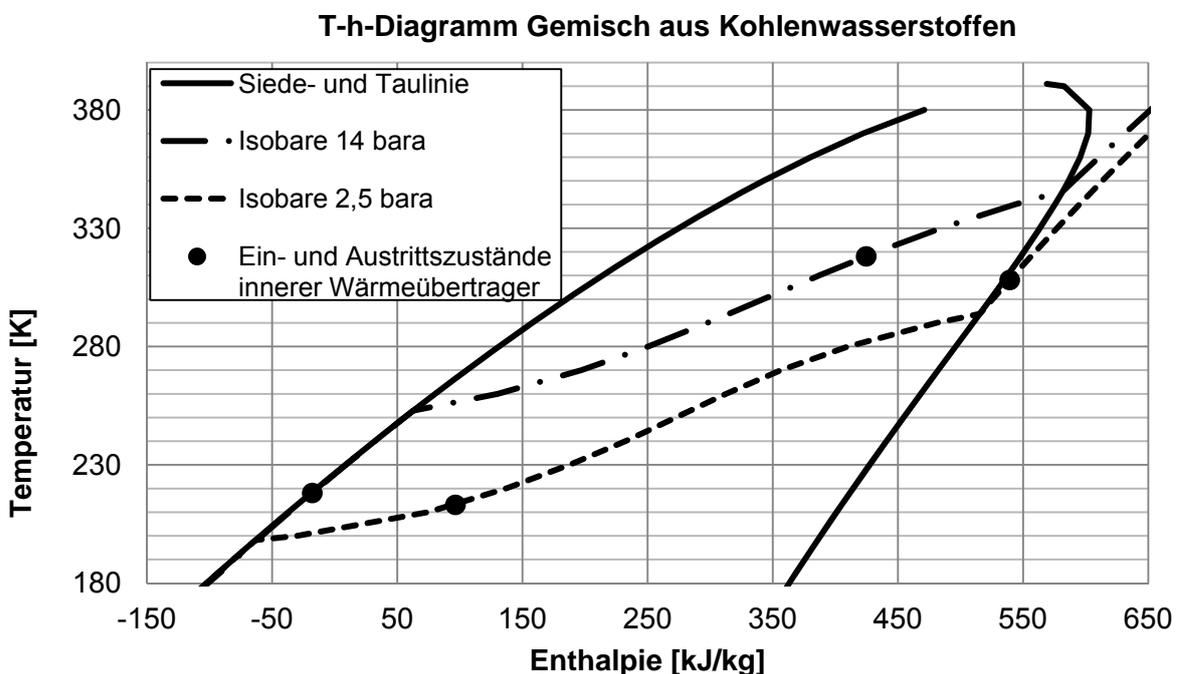


Bild 1: Temperatur-Enthalpie-Diagramm für den GJT-Prozess eines Gemisches aus Kohlenwasserstoffen mit Rückkühltemperatur T_K , Verdampfungstemperatur T_0 und spezifischer Kälteleistung q_0

In ersten Testreihen wurden Temperaturen bis hinab zu -90 °C erreicht. Außerdem konnten wertvolle Ergebnisse hinsichtlich des KM-Gemisch-Verhaltens im Betrieb, der KM-Öl-Verdichter-Kompatibilität und der Dimensionierung und Funktionalität der restlichen Komponenten gewonnen werden. Während an einer eigenen innovativen Verdichterlösung auf Basis eines Linearantriebs gearbeitet wird, wurden ein Hub- und ein Rollkolbenverdichter auf Eignung für den Kreislauf getestet.

Infolge dieser Untersuchungsergebnisse wurde ein Versuchsstand zur systematischen Untersuchung des GJT-Kühlers aufgebaut (Bild 2). Unter Variation der Prozessparameter (Rückkühltemperatur, Gemischzusammensetzung, Füllmenge, Minimaltemperatur) werden ab 2013 umfangreiche Messreihen zur Optimierung der Anlagenkonfiguration durchgeführt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit zum Tausch und Test alternativer Komponenten. Die Entwicklung des Kühlers erfolgt in intensiver Zusammenarbeit mit Industriepartnern.

Neben der hier dargestellten Anwendung sind auch andere Einsatzfälle sinnvoll, wenn das Erreichen tiefer Temperaturen bei kleiner Kälteleistung mit begrenztem Platz und geringen Kosten notwendig ist.

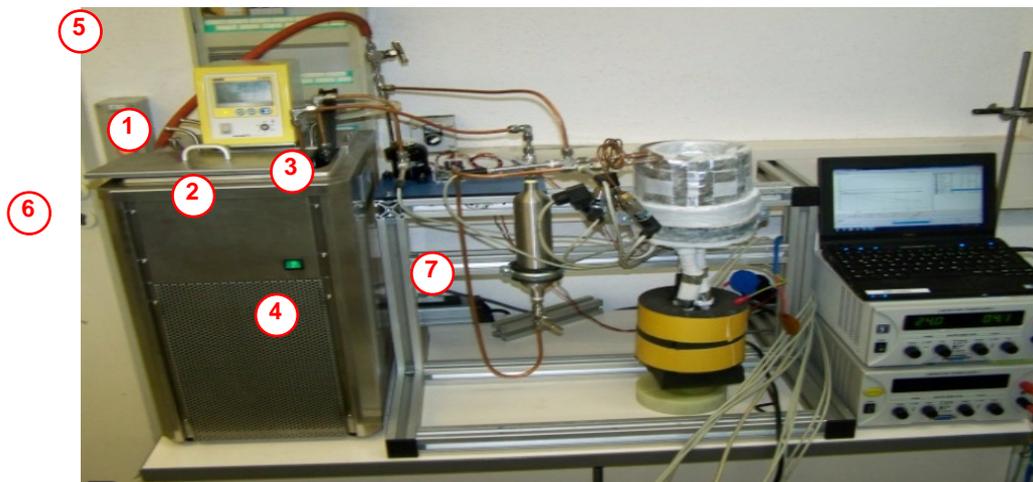


Bild 2: GJT-Kühler-Versuchsstand: Verdichter (1), Kältemittelflasche zur Befüllung (2), innerer Wärmeübertrager (3), beheiztes Ethanol-Bad zur Messung der Kälteleistung (4), Anschluss zum Evakuieren und Ablassen (5), Bad-Thermostat zur Regelung der Rückkühltemperatur (6), MSR-Technik (7)

2 Kältetechnik

2.1 Mikrowärmetauscher in der Kältetechnik

Mikrowärmetauscher sind bis zu 25mal kompakter als die heute üblichen Rohrbündelwärmetauscher. Damit ist eine enorme Reduzierung der Baugrößen und des Materialverbrauchs möglich.

Die Fertigungstechnologie von Mikrokanälen bestimmt aber wesentlich die Grenzen der Konstruktion. Ziel des Projektes waren deshalb die Grundlagenuntersuchen zur konstruktiven Gestaltung und Herstellung von Mikrowärmetauschern für die Kältetechnik.

Für einige Anwendungen ist es besonders vorteilhaft, wenn die innere Geometrie des Wärmetauscherblockes, also die Gestaltung der Strömungskanäle und der Wärmeübertragerfläche, frei wählbar ist. In diesem Fall kann der Wärmetauscher anwendungsbezogen ausgelegt werden.

Ein Beispiel für eine sehr komplexe innere Geometrie ist ein Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher, da ein Strömungspfad mäanderförmig verläuft.

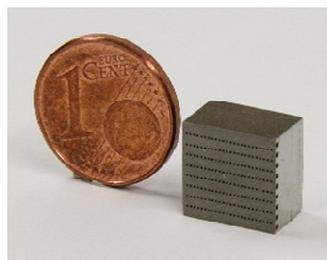


Bild 1: Kreuzgegenströmer

Das ausgewählte Fertigungsverfahren gestattet grundsätzlich einen durchgehend automatisierten Prozess von der thermodynamischen Auslegung über die 3D-Konstruktion bis zur Fertigung. Das wird beim Microlasersintern dadurch erreicht, dass die Bauteile Schicht für Schicht aus Metallpulver aufgebaut werden.

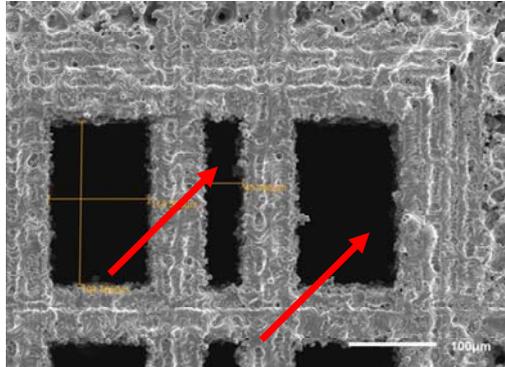


Bild 2: Mikrokanäle gesintert

Innerhalb des Projektes konnten die technologischen Grenzen für die Größe der Strömungskanäle und die Wandstärken sowie die Fertigungstoleranzen bestimmt werden. Die konstruktive Gestaltung und das Verfahren zur Herstellung des Mikrowärmetauschers wurden durch eine europäische Patentanmeldung gesichert.



Bild 3: Mikrowärmetauscher komplett

Für die praktische Anwendung eines Wärmetauschers ist die Gestaltung der Fluidverteiler an Ein- und Austritt ebenso wichtig wie der Wärmetauscherblock selbst. Auch in diesem Bereich wurden erste konstruktive Lösungen gefunden. Die experimentelle Untersuchung der Versuchswärmetauscher zeigte einige offene Fragestellungen der Gasdichtheit von gesinterten Strukturen und Schnittstellen zu den Rohrleitungen. Diese ungelösten Probleme zeigen die Richtung für die weiteren F&E-Zielstellungen auf.

2.2 Verfahren zur Abtauminimierung von Luftkühlern

Luftkühler sind in vielen Bereichen zu finden. Sie kühlen die Luft in Lebensmittellagerräumen, Kühlzellen, Gewerbekühlmöbeln, in Luftkanälen und zur Aufnahme von Umweltenergie in Wärmepumpen. Unterhalb einer Lufteintrittstemperatur von etwa 2 °C kommt es zur Bereifung der Luftlamellen im Inneren des Wärmeübertragers. Da die Reifschicht ständig zunimmt, verschlechtert sich ab einer bestimmten Dicke der Wärmeübergang. Danach wächst der Luftquerschnitt langsam zu, so dass der luftseitige Druckverlust stark ansteigt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die

Reifschicht regelmäßig zu entfernen. Die Wachstumsgeschwindigkeit für die Reifschicht hängt von einer Vielzahl von Parametern ab.

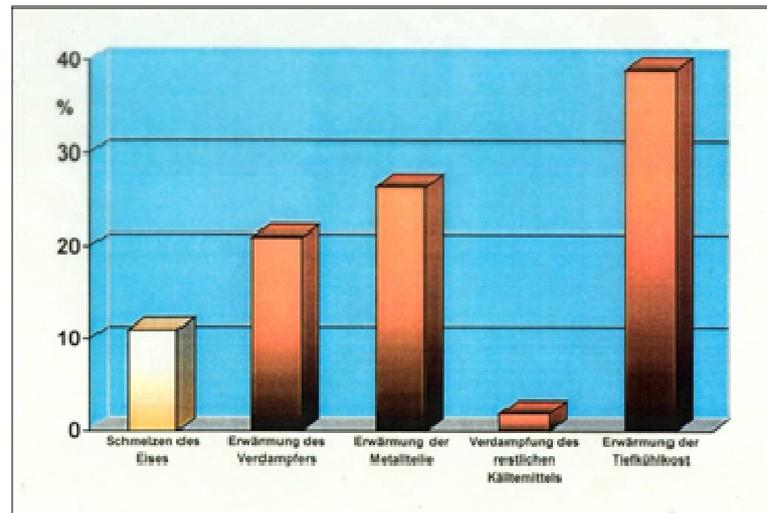


Bild 1: Energiebedarf beim Abtauen

Bei hoher Luftfeuchte und ständiger Frischluftzufuhr ergeben sich kurze Intervalle für das Abtauen. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen für Außenaufstellung erfolgt das Abtauen beispielsweise stündlich.

Das Abtauen erfolgt in der Regel durch eine Elektroheizung oder durch einen Heißgasbypass im Kältekreislauf. In beiden Fällen bedeutet das Abtauen einen energetischen Aufwand. Dieser kann die Leistungszahl der Kältemaschine deutlich verringern.

Das Projekt hatte das Ziel, diesen energetischen Aufwand zu reduzieren und gleichzeitig die Verdampfungstemperatur anzuheben. Im Ergebnis wird eine Steigerung der Leistungszahl einer Wärmepumpe um 5 % angestrebt.

Die Analyse des Energieverbrauches für das Abtauen zeigt, dass nur ein kleiner Teil der Wärme für das Schmelzen des Eises aufgewandt wird. Ein sehr großer Anteil wird auch für die Erwärmung der Metallteile des Wärmeübertragers benötigt. Daraus entstand die Idee, die beim Abtauen zu erwärmende Metallmasse deutlich zu verringern. Dafür wurde der Luftkühler in zwei Abschnitte geteilt. Im Vorkühler wird die Feuchtigkeit aus der eintretenden Luft weitgehend ausgefroren. Dieser Luftkühlervorsatz hat eine deutlich geringere Masse. Der energetische Aufwand zum Abtauen sinkt somit.

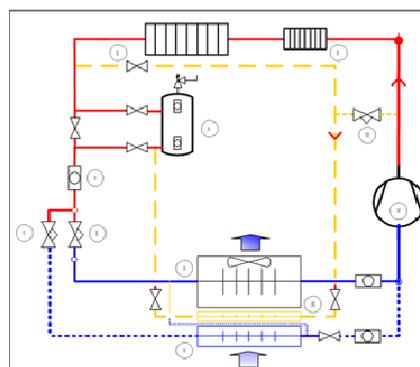


Bild 2: Variante Luftkühlervorsatz

Es zeigte sich, dass der Luftvorkühlsatz mit einer tieferen Verdampfungstemperatur betrieben werden muss, damit der Bereifungsprozess auf der Lufteintrittsseite erfolgen kann. Eine andere Variante besteht darin, den Bereifungswärmeübertrager am Luftaustritt zu platzieren. Zur Anhebung der Verdampfungstemperatur kann das flüssige Kältemittel nach dem Verflüssiger weiter unterkühlt werden. Wird die entsprechende Wärme auf die kalte Luft übertragen, steigt die Verdampfungstemperatur leicht an. Der Effekt kann insbesondere bei Wärmepumpen genutzt werden.

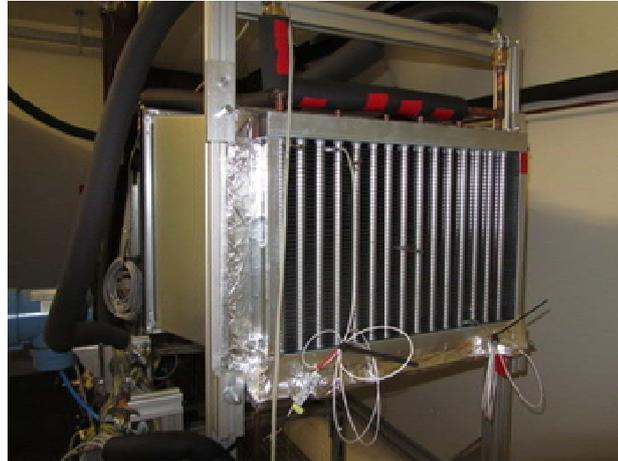


Bild 3: Prüfstand

2.3 Online-Kältemengenzähler

Die Bewertung der energetischen Effizienz von Kälteanlagen und Wärmepumpen erfordert neben der Messung der Antriebsleistung auch die messtechnische Erfassung des Nutzens (Kälte- bzw. Heizleistung) der Anlagen. Zurzeit werden diese Größen bei Direktverdampfung und bei weitverzweigten Kältekreisläufen mit mehreren Nutzern nicht erfasst. Ursächlich dafür ist das Fehlen einer preisgünstigen Methode zur Ermittlung des Kältemittelmassenstromes.

Indirekte Methoden, z.B. über die Verdichterkennlinie, haben den Nachteil einer hohen Unsicherheit der Ergebnisse. Eine direkte Messung des Massenstromes oder des Volumenstromes ist sehr viel vertrauenswürdiger und somit zu bevorzugen.

In einer Kälteanlage bieten sich drei verschiedene Messorte an. In der Flüssigkeitsleitung ist die geringste Messunsicherheit zu erwarten. Messgeräte für die Flüssigkeitsleitung dürfen aber nur einen geringen Druckverlust erzeugen, da sonst Zweiphasenströmung auftritt. In diesem Fall versagen alle Messverfahren und es kommt zu Betriebsproblemen der Kälteanlage am Expansionsventil.

Messsystem	flüssig	gasförmig	kleiner Rohrdurchmesser bis DN 25	geringer Druckverlust	hoher Betriebsdruck > 40 bar	Ein- und Auslauf verkürzt	kleine Re-Zahlen $10^1 - 10^4$
Schwebekörper	++	++	++	+	++	+	#
Differenzdruck	++	++	+	#	++	~	#
Stauscheiben	++	~	#	#	++	~	#
Wirbelzähler	++	++	-	+	++	-	-
Turbinenzähler	++	~	#	#	#	~	-
Volumenzähler	++	++	#	#	#	++	++
Ultraschall (Laufzeit)	++	-	-	++	++	~	-
++ sehr gut # geeignet - wenig geeignet + gut ~ möglich -- nicht geeignet							

Bild 1: Übersicht Messverfahren

In der Saug- bzw. Druckleitung ist die Messung des Kältemitteldurchflusses im Gaszustand möglich. Allerdings enthält das Gas immer einen Prozentsatz von mitgeführtem Kältemaschinenöl.

In einem ersten Schritt wurden verschiedene bekannte Durchflussmessverfahren bewertet und ausgewählt. In einem zweiten Schritt konnten diese Verfahren in einem Kältekreislauf experimentell untersucht werden. Erwartungsgemäß zeigte sich, dass die meisten Verfahren ungeeignet sind. Als Vergleichsmessung wurde die bewährte, aber sehr preisintensive Coriolismesstechnik eingesetzt. Die Messungen ergaben, dass ein Differenzdruck-Verfahren eine Messgenauigkeit von unter $\pm 10\%$ aufweist. Die Messgenauigkeit ist ausreichend für eine betriebsmäßige Überwachung der Kälteleistung. Dieses System kann in jeden Zweig der Kälteanlage, der separat ausgewertet werden soll, eingebaut werden. Der Online-Kältemengenzähler ist somit das Pendant zum Wärmemengenzähler in Heizungsanlagen.

Der Massenstrom stellt eine wesentliche Erweiterung der Informationsbasis für die Überwachung von Kälteanlagen dar. Er kann z.B. auch für die Früherkennung von Fehlerzuständen an der Kälteanlage genutzt werden. Für die Berechnung der Kälteleistung der Anlage wird der Massenstrom mit der Enthalpiedifferenz am Verdampfer multipliziert. Dafür kommen weitere Temperatur- und Drucksensoren und das ILK-Stoffwertprogramm zum Einsatz.

2.4 Propan als Kältemittel in Kleinkältekreisläufen PROKK

Die heute weit verbreiteten flüchtigen Kältemittel sind klimarelevante Gase, d.h. sie tragen zum Treibhauseffekt der Atmosphäre bei, wenn sie in die Umgebung gelangen. Das Treibhauspotential ist etwa 1.000 bis 10.000mal stärker als bei Kohlendioxid. Deshalb sind bereits kleine Mengen, die z.B. bei Leckagen an Kälteanlagen frei werden, ein Umweltproblem.

Eine konsequente Lösung des Problems wäre der Ersatz der flüchtigen Kältemittel durch natürliche Stoffe. Für jede kältetechnische Anwendung ist dabei zu prüfen, welches Kältemittel in Frage kommt. Es zeigt sich bisher, dass derzeit für viele Fälle noch keine Lösung existiert.

Die Kohlenwasserstoffe sind eine Stoffgruppe, die ein sehr geringes Treibhauspotential besitzen und bereits als Kältemittel verwendet werden. Der Nachteil dieser Stoffe ist jedoch die Gefahr durch Brennbarkeit und Explosion. Deshalb werden sie bisher vorwiegend in der chemischen Industrie für große Leistungen und in der Haushaltskältetechnik für sehr kleine Leistungen angewandt.

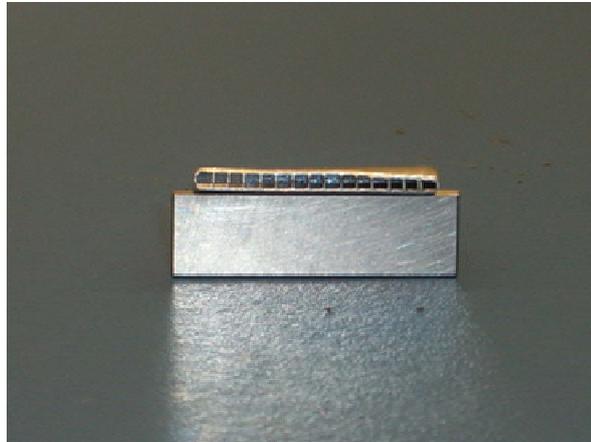


Bild 1: MPE-Aluminium-Rohr

Bei kleinen Kälteleistungen ist nur eine kleine Kältemittelmenge erforderlich. Bis zu einer Füllmenge von 150 g sind nach den gesetzlichen Vorschriften keine zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen erforderlich. Im Rahmen des Projektes wird untersucht, welche Kälteleistung mit 150 g brennbarem Kältemittel erreichbar ist. Eine wesentliche Methode zur Erweiterung der Leistung ist die Füllmengenreduzierung des Kältekreislaufes durch die Volumenreduzierung der Bauteile und Rohrleitungen.



Bild 2: Verflüssiger aus MPE-Rohr

Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von MPE-Aluminiumprofilen statt kreisförmiger Rohre für die Konstruktion der Wärmeübertrager. Während Verflüssiger mit MPE-Rohr bereits in vielen Kältekreisläufen, z.B. Autoklimaanlagen, eingesetzt werden, ist das Problem der Kältemittelverteilung in Verdampfern noch nicht gelöst. Deshalb wurde eine ILK-eigene Lösung eines gewickelten Luftkühlers entwickelt.



Bild 3: Luftkühler aus MPE-Rohr

Mit einer Kälteleistung von etwa 3 kW bzw. einer Wärmepumpenheizleistung von 4 kW könnten beispielsweise die Wärmepumpen in Wäschetrocknern oder Geschirrspülern auf ein natürliches Kältemittel (mit nur 150 g Propan) umgestellt werden. In diesen Märkten der „weißen Ware“ kann mit einer hohen Akzeptanz dieser Kältemittel gerechnet werden, da sich in den Haushaltskühlgeräten bereits weltweit das brennbare Kältemittel Isobutan durchgesetzt hat. Es liegen somit langjährige Erfahrungen bei der Risikobeurteilung beim praktischen Betrieb vor.

2.5 Kälteanlagen mit Low-GWP – KALow

Im November 2012 wurde von der EU ein Entwurf für die Neufassung der F-Gase-Verordnung veröffentlicht. Die bisher nur vermuteten Verschärfungen werden dort explizit benannt. So wird es vermutlich Quoten geben, die sich am Treibhauseffekt (CO_2 -Äquivalent) der Kältemittel orientieren. Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung von Kältemitteln mit einem geringeren Treibhauspotential (GWP) dringend erforderlich.

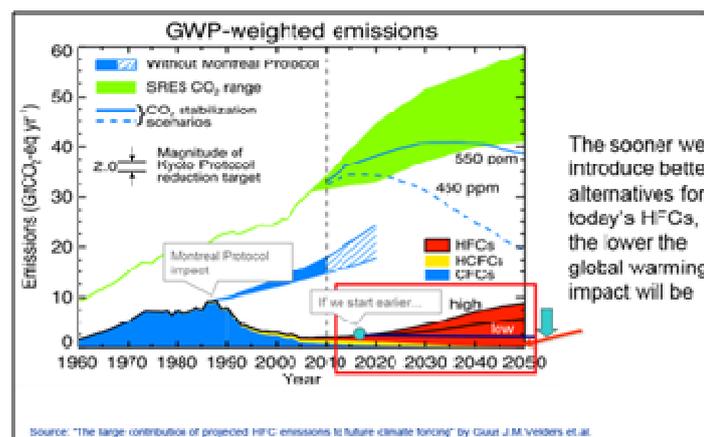


Bild 1: Szenarien Treibhausgasemission

Die Untersuchungen wurden mit den Verdichterleistungsmessungen fortgesetzt. Diese werden zeigen, ob die thermodynamischen Vorteile der neuen Kältemittel sofort mit den verfügbaren Verdichtern nutzbar sind. Bei einem Kältemittelwechsel sind oft konstruktive Modifikationen an Saug- und Druckventil notwendig. Es werden unterschiedliche Verdichterbauarten, wie Hubkolben und Scroll getestet.

2.6 Wärme-Rückgewinnungs-System

Der Industriepartner des Kooperationsforschungsprojektes ist im Bereich der Wärmerückgewinnung aus der Abluft von Gebäuden tätig. Insbesondere bei sehr großen Volumenströmen wird noch ein erhebliches Potential für die Reduzierung des Energieaufwandes für Heizzwecke gesehen. Um flexibel auf die unterschiedlichen Projektanforderungen aus der Praxis reagieren zu können, hat der Industriepartner ein modulares System entwickelt. Es besteht aus Wärmeübertrager-Einzelementen in gebogener Form. Die Anzahl und die Anordnung der notwendigen Kartuschen ergeben sich aus dem Volumenstrom der Abluft.



Bild 1: Wärmeübertrager-Einzelement

Der Vorteil dieser neuen Idee besteht darin, dass die Einzelemente in hoher Stückzahl kostengünstig gefertigt werden können und die Elemente einen geringen luftseitigen Druckverlust aufweisen. Die Anpassung an die konkreten Projekte kann dann über ein Baukastensystem erfolgen. Die Konstruktion und der Bau der Versuchswärmeübertrager erfolgt durch den Industriepartner.

Die ersten Messungen zur Luftverteilung ergaben, dass die Strömungsgeschwindigkeit der Luft über den Austrittsquerschnitt sehr unterschiedlich ist. Das wird auf die starke Verzögerung der Strömung infolge der großen Querschnittsveränderung bei Muster 1 zurückgeführt.



Bild 2: Prüfstand für Einzelement

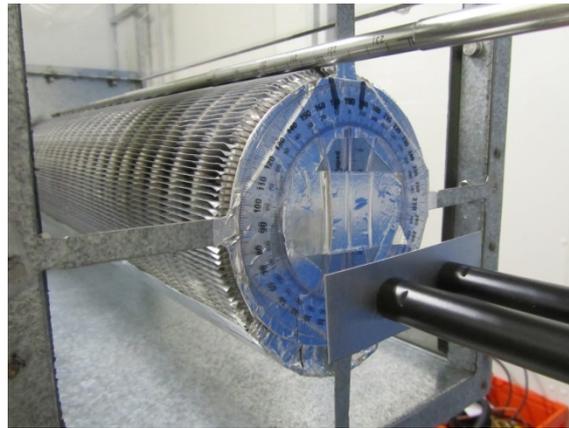


Bild 3: Untersuchung der Abströmrichtung

Die Messergebnisse führten zu einer veränderten Konstruktion der Wärmeübertrager-Einzel-elemente. Für die Berechnung von Wärmeübergang und Druckverlust wurden Berechnungsmodelle aufgestellt, nachdem eine Literaturrecherche ergeben hatte, dass für diese Art der Luftanströmung keine Algorithmen verfügbar sind.

2.7 Wärme-Kälte-Modul

Die Energieeffizienz von Kältemaschinen kann wesentlich erhöht werden, wenn nicht nur die erzeugte Kälteleistung einen Nutzen darstellt, sondern auch die abgegebene Wärme verwendet wird. Das erfolgt meist als sogenannte Wärmerückgewinnung zur Erzeugung von Warmwasser bis ca. 50 °C für den Sanitärbereich. Diese Temperaturen sind aber für einige Anwendungen nicht ausreichend. Für Reinigungsprozesse oder technologische Prozesse werden Temperaturen bis 90 °C oder höher gefordert. Diese industriellen Anwendungen fallen oft mit einem Kaltwasserbedarf für die Klimatisierung zusammen. Daraus ergibt sich die Aufgabenstellung des Projektes: Erzeugung von Kaltwasser von ca. 5 °C bei gleichzeitiger Warmwassererwärmung auf ca. 90 °C.

Die Maschine ist eine Kombination aus Kaltwassersatz und Hochtemperaturwärmepumpe. Die Temperaturdifferenz von 85 K zwischen der kalten und der warmen Seite des Wärme-Kälte-Moduls würden zu einem starken Abfall der Leistungszahlen führen. Aus diesem Grund wurden unterschiedliche Kreisprozessschaltungen untersucht. Insbesondere mehrstufige Anlagen, wie z. B. zweistufige Kompression mit Open-flash-tank oder eine Kältekaskade kommen für diese Aufgabenstellung in Betracht. Die Kältekaskade hat den Vorteil, dass für die Tieftemperatur- und die Hochtemperaturstufe unterschiedliche, jeweils optimale Kältemittel gewählt werden können. Das verbessert die energetische Bilanz des Wärme-Kälte-Moduls zusätzlich.

Der Kältemittelauswahl wurde eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet, da eine Vielzahl von widersprüchlichen Anforderungen abgewogen werden mussten. Treibhauspotential, Brennbarkeit und thermische Stabilität bei hohen Temperaturen des Kältemittels, Leistungszahl der Maschine und die Betriebsdrücke waren zu beachten. Da die Auswahl an geeigneten Kältemitteln für die obere Stufe gering ist, waren Kompromisse notwendig.

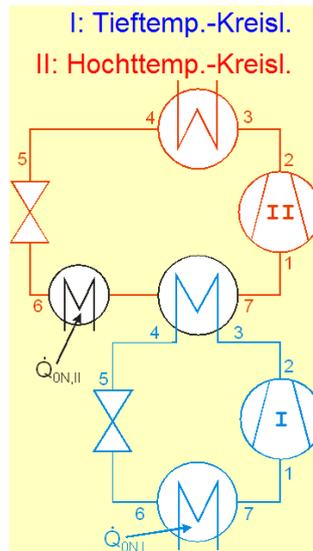


Bild 1: Kältekaskade

3 FuE-Dienstleistungen für die Kältetechnik-Industrie 2012

Prüflabor Wärmepumpen **PLWP**

Das Prüflabor Wärmepumpen hat im Jahr 2012 die Re-Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 erfolgreich absolviert. Damit wurde dem ILK Dresden bis 2017 die Kompetenz bestätigt, dass die Prüfung von Wärmepumpen, Kältemittelverdichtern und weiteren kältetechnischen Komponenten weiterhin auf höchstem Qualitätsniveau erfolgt.



Die Fähigkeiten und Möglichkeiten des Prüflabors werden im Rahmen der laufenden Forschungsprojekte einerseits weiterentwickelt und andererseits auch für die Forschung genutzt. Somit ergibt sich eine Symbiose zwischen Forschung und Dienstleistungen für die Industrie.

Die Normen für die Leistungsmessung wurden in den letzten Jahren durch Messverfahren für die Teillast ergänzt, die Bedingungen für das europäische EHPA-Gütesiegel entwickeln sich ebenfalls in diese Richtung weiter. Das ILK Dresden ist durch die Mitgliedschaft in der Gütesiegelkommission daran direkt beteiligt. Die Regularien der BAFA für die Gewährung der Fördermittel für Heizwärmepumpen wurden dahingehend geändert, dass die Leistungskennwerte der Wärmepumpen durch ein unabhängiges Prüfinstitut bestätigt werden müssen. Dieser Umstand hat neben dem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen zur Raumheizung nicht unwesentlich zu einer weiteren Bedeutung des Prüflabors Wärmepumpen beigetragen. Zur Anpassung der Messmethoden wurden Erkenntnisse aus den Forschungsprojekten „CO₂-Wärmepumpe zur Warmwassererzeugung“ und „Luft-Wasser-Wärmepumpe“ in die Praxis umgesetzt.

Dienstleistungen

Einen Schwerpunkt stellt seit Jahren die Untersuchung von Wärmepumpen dar. Die Prüfung ist für alle Typen (Sole/Wasser, Luft/Wasser, Brauchwasser) möglich. Das ILK spezialisiert sich zunehmend auf Sondermessungen, z.B. Wärmepumpen mit integrierten Speichern. Für diese Wärmepumpen existieren derzeit noch keine genormten Prüfverfahren. Die Prüfmethodik wird mit den Kunden und den Fördermittelgebern entwickelt und abgestimmt.

Neben den Verdichterleistungsmessungen wird auch die Begutachtung von Verdichterschäden aus der Industrie angefragt. So wurde eine Großbäckerei bei der Suche nach der Ausfallursache von Schraubenverdichtern beraten.

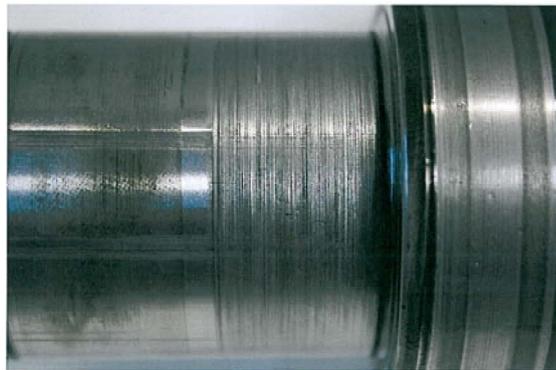


Bild 1: Verdichterschaden - Wälzlager auf der Welle verschoben

Mit einem Hersteller von Saug- und Druckventilen von Kältemittelverdichtern wurde eine neue Idee von zwangsgesteuerten Ventilen auf den Prüfständen des ILK untersucht. Ziel war die weitere Reduzierung des Energieverbrauches der Verdichter. Es wurden Messmethoden eingesetzt, die im Forschungsprojekt „Energieeffizienz von Kältemittelverdichtern“ qualifiziert und weiterentwickelt werden konnten.

Im Auftrag von Sachverständigen für Kältetechnik erfolgte die Begutachtung von Schäden an Plattenverdampfern. Typisch ist das Einfrieren bei Kaltwassersätzen mit dem Kältemittel R407C. Durch das Eis wird der Wärmeübertrager vollkommen zerstört. Das konnte durch die werkstofftechnischen Untersuchungen nachgewiesen werden.

Nach Abschluss des Verbundforschungsprojektes „Eisfreie Wärmeübertrager“ wurden für den Projektpartner Fraunhofer weitere Oberflächenbeschichtungen untersucht. Das erfolgte mit der im Projekt erprobten Eis-Zentrifuge. Die Drehzahl der Zentrifuge, bei der sich das Eis von der beschichteten Oberfläche löst, ist ein Maß für die Haltekraft des Eises auf der Fläche.

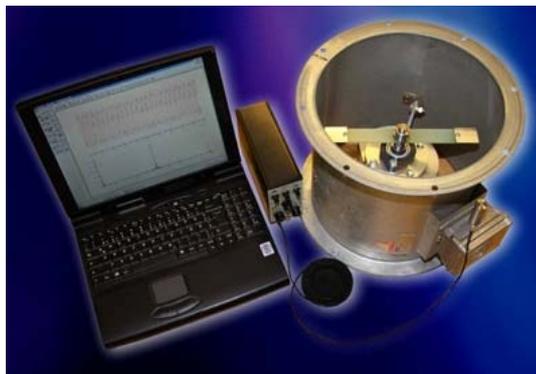


Bild 2: Eis-Zentrifuge

In einer Studie wurde die Machbarkeit einer direktverdampfenden Erdsonde für Wärmepumpen für eine kleine sächsische Firma untersucht. Dabei zeigte sich, dass noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht. Im Ergebnis hat das ILK das Forschungsprojekt „GEOHEAT“ beantragt, um die grundlegenden kältetechnischen Probleme in den nächsten Jahren zu lösen.

4 Entwicklung kältetechnischer Prüfanlagen

Wärmeübertrager sind wichtige Komponenten in vielen Energieanlagen. Die Berechnung der richtigen Baugröße ist entscheidend für die Funktion und energetische Effizienz der Anlagen. Die Berechnungsverfahren basieren auf theoretischen Modellen, die in der Praxis nicht hinreichend genau sind. Deshalb ist die experimentelle Untersuchung unerlässlich und die Validierung der Modelle nicht vermeidbar.

Bei Haushaltsgeräten, wie beispielsweise Wäschetrocknern, gibt es zusätzliche begrenzende Faktoren. Das sind insbesondere der eingeschränkte Bauraum und die Kosten.



Bild 1: Wärmeübertrager-Prüfstand

Für einen Hersteller von Geräten der „Weißen Ware“ wurde ein Prüfstand entwickelt, der die Untersuchung von verschiedenen luftbeaufschlagten Wärmeübertragertypen erlaubt. Er besteht aus zwei Luftkreisläufen und einer Kälteanlage. Somit können Luft-Luft-Kreuzströmer, Lamellenverdampfer und –verflüssiger hinsichtlich Leistung und Druckverlust in einem weiten Temperatur- und Feuchtebereich getestet werden.

Bei diesem Projekt konnten zahlreiche Erfahrungen aus den Forschungsprojekten „Automatische Leistungsmessverfahren“ und „Verdampfer kleiner Überhitzung“ genutzt werden. Die Problematik einer hohen Anzahl von Regelkreisen mit sehr hoher Regelgüte und einer beschränkten Anzahl von Freiheitsgraden ist für diese Prüfstände typisch. Das ergibt sich aus der Rückkopplung durch die geschlossenen Stoffkreisläufe und die vielfache innere energetische Kopplung. Um diese Aufgabe noch besser und schneller lösen zu können, sind Kenntnisse über das dynamische Verhalten von Kälteanlagen notwendig. Deshalb wurde das Forschungsprojekt „DynKA“ gestartet.

Für einen Hersteller von Kältemittelverdichtern wurde im letzten Jahrzehnt eine Anzahl von Leistungsprüfständen entwickelt. Da sich mit der Zeit die Nutzung auch verändert, wurde die Funktionalität von zwei Prüfständen erweitert.



Bild 2: Drehmomentmessgerät

Im ersten Fall war eine Weiterentwicklung für die Leistungsmessung der neuentwickelten offenen Verdichter großer Leistung notwendig. Dafür wurden ein Frequenzumrichter, der Elektromotor und die Drehmomenten/Drehzahl-Messung integriert. Die entsprechenden Veränderungen der MSR-Software für die vollautomatische Prüfung der Verdichter waren ebenfalls Auftragsinhalt.

Im zweiten Fall wurde eine Online-Ölkonzentrationsmessung zur Messung des Ölwurfes des Verdichters eingebaut. Das entsprechende Ultraschallmesssystem benötigt eine sehr umfangreiche Kalibrierung für die verschiedenen Kältemittel-Öl-Systeme.

5 Klimatechnik

5.1 Hochleistungswärmerohr zur Außenluftaufbereitung

Entwicklungsziel ist ein Hochleistungswärmerohr, welches ganzjährig eine Vorheizung bzw. Vor-
kühlung der Außenluft unter Nutzung der erneuerbaren Energie des Erdreiches ermöglicht. Ein
besonderer Schwerpunkt soll auf der Steigerung der energetischen Effizienz des Wärmerohres
liegen. Dafür sind die inneren Wärmetransportwiderstände z. B. durch Einsatz von Nanofluiden
zu verringern und/oder die Konvektion auf der Luftseite z. B. durch veränderte Lamellenformen
zu erhöhen. Die Wärmerohre werden in sogenannte Ansaugbauwerke der RLT-Anlage integriert
und tragen ohne zusätzliche Elektroenergie zum Wärmetransport zwischen Erdreich und Außen-
luft bei. In ersten Simulationsrechnungen wurde der Einfluss einer instationären Betriebsweise
der Wärmerohre auf den Wärmestrom untersucht. Bild 1 zeigt den berechneten Verlauf für eine
9-stündige tägliche Betriebszeit der RLT-Anlage.

Es zeigt sich deutlich, dass die Leistung innerhalb von einer Woche im Spitzenwert um etwa 60
W reduziert wird. Würde die RLT-Anlage täglich 24 Stunden arbeiten, würde die Leistung deutlich
geringer ausfallen. Es wird deutlich, dass das Erdreich eine gewisse Zeit benötigt, um eine
thermische Regeneration der unmittelbar an das Wärmerohr grenzenden Erdschichten
durchzuführen. Dieser Effekt hängt auch wesentlich von den Eigenschaften des Erdreiches ab. Bei

feuchtem Erdreich ist die Leistung generell etwas höher als bei trockenem Erdreich; allerdings bringt die aktive „Befeuchtung“ des Erdreiches keine ausreichende Steigerung der Entzugsleistung.

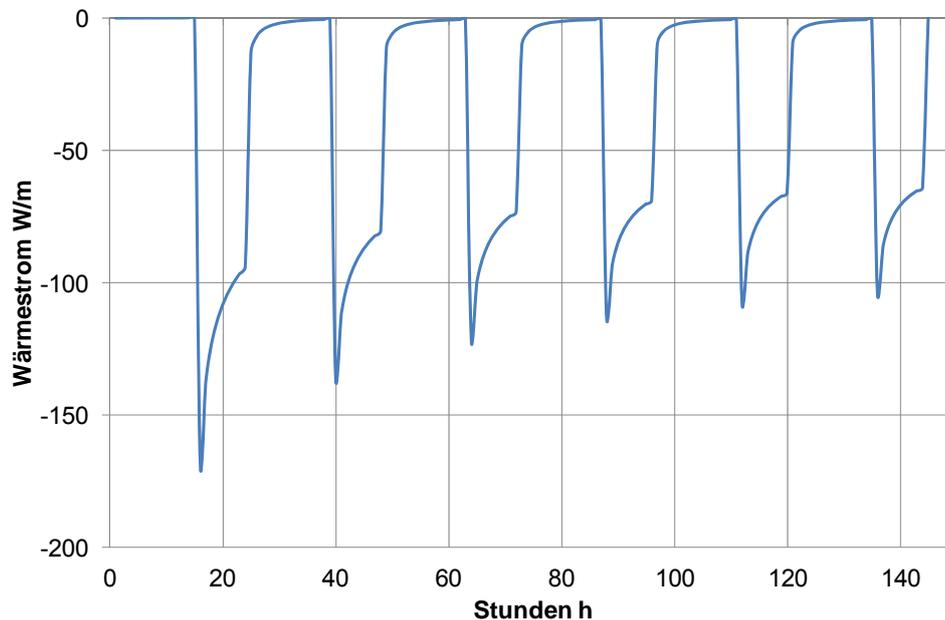


Bild 1: Verlauf des Wärmestromes im Erdreich

Zur Übertragung der aus dem Erdreich entnommenen Wärme auf den Außenluftvolumenstrom kommt es auf einen möglichst hohen Übertragungsgrad (Betriebscharakteristik) an. Dazu wurde ein Wärmeübertrager ausgelegt und einer ersten experimentellen Untersuchung unterzogen. Für eine Rohrreihe ergibt sich ein Übertragungsgrad von 32 %.

Bild 2 zeigt, dass bereits ab drei Rohrreihen Übertragungsgrade von 70 % erreicht werden. Die weitere Steigerung auf etwa 90 % würde mehr als fünf Rohrreihen verlangen, wodurch sich sowohl die Kosten als auch der Druckverlust deutlich erhöhen würden. Aus wirtschaftlichen Gründen wird daher auf eine Hintereinanderschaltung von drei Rohrreihen orientiert.

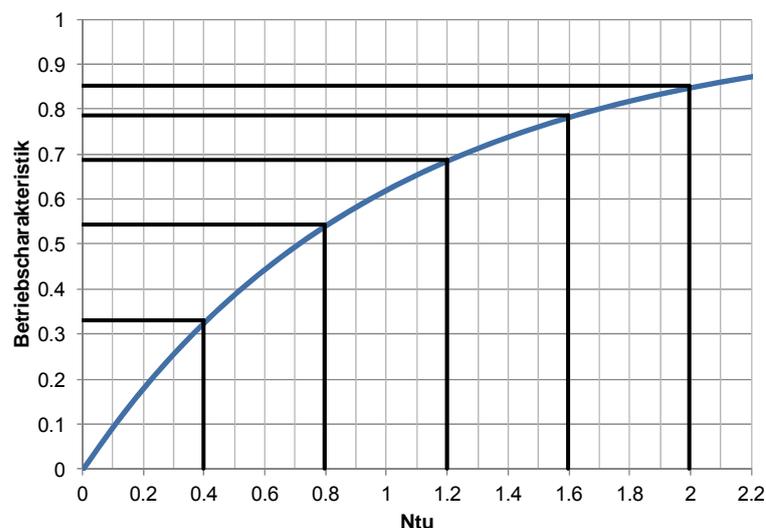


Bild 2: Betriebscharakteristik in Abhängigkeit der Anzahl der Rohrreihen

5.2 Innovative Untersuchungen zu Kondensation in der Klimatechnik

Viele Bereiche der angewandten Ingenieurwissenschaften verlangen das Verständnis und die Beherrschung grundlegender physikalischer Prozesse. Hierzu gehören zweifelsohne Kondensationsvorgänge, wie sie sehr häufig in der Klimatechnik beobachtet werden. Kondensation kann - wie bei der Luftentfeuchtung - ein gewollter oder wie bei Kondensationserscheinungen an Fenstern unter winterlichen Bedingungen - ein unerwünschter Effekt sein. Ansätze aus der Thermodynamik des Wärmeübertragerbaus, aus der Bauphysik und anderen Fachgebieten gestatten es zwar, Temperaturverteilungen in Rohren, Wänden etc. zu bestimmen. Das Mollier-h,x-Diagramm als klassisches Instrument der Berechnung von Kondensationsvorgängen genügt dann jedoch oft nicht, Feuchteverteilungen entsprechend dieser Temperaturverteilungen sowohl lokal als auch zeitlich veränderlich nachzubilden.

Das Projekt wendet sich dieser Problematik mit zwei eng verknüpften Komponenten zu. Zum einen ist dies der Aufbau von Versuchsanlagen zur zielgerichteten, experimentellen Untersuchung von Kondensationsvorgängen an für die Klimatechnik charakteristischen Baugruppen wie senkrechten Wänden, Einzelrohren und Rohrbündeln. Zum zweiten wird mit der Entwicklung des Softwarepaketes CONAIR auf Basis OpenFOAM die numerische Simulation von Kondensationsvorgängen vorangetrieben.

Die Verfolgung eines einzelnen Tropfens mittels Infrarotkamera ist in Bild 1 dargestellt. Deutlich ist der gegenüber der Umgebung deutlich kühlere thermische Nachlauf (grüngelbe Bahn) des Tropfens zu erkennen. Die hellblaue Streifigkeit im Umfeld des Einzeltropfens rührt von früher abgelaufenen Tropfen und deren hinterlassenen Korridoren sehr kleiner Tröpfchen her.

Mit den experimentell gewonnenen Ergebnissen liegen Referenzfälle für die numerische Simulation mit dem noch in der Testphase befindlichen Programmpaket CONAIR vor. Die aktuelle Programmversion ermöglicht es bereits, wesentliche physikalische Besonderheiten der freien und der erzwungenen Konvektion mit Kondensation wie den Phasenübergang, die freien Oberflächen des Kondensats sowie die Filmbildung nachzubilden.

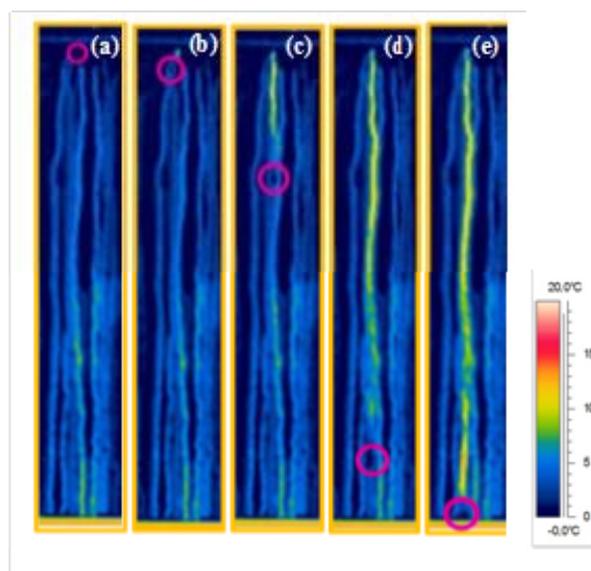


Bild 1: Infrarotaufnahme des zeitlichen Verlaufes der Temperaturverteilung im Nachlauf eines abrollenden Einzeltropfens. Die Zeiten sind (a) 0 s (Tropfen startet), (b) 20 s, (c) 25 s, (d) 35 s und (e) 42 s. Der Tropfen ist mit einem roten Kreis markiert.

5.3 Konvektion in Industriehallen

Praktische Erfahrungen zeigen, dass die Berechnung thermischer Auftriebsströmungen über horizontalen, beheizten Flächen nur mangelhaft mit den bekannten Ansätzen realisiert werden kann. Dies ist insbesondere misslich, da durch solch fehlerhafte Rechnungen Lüftungstechnische Anlagen insbesondere in Industriehallen überdimensioniert werden.

Die Ursache ist in vereinfachten Berechnungsgleichungen zu finden. Diese sind so angelegt, um dem Planungsingenieur einen schnellen und einfachen Überblick über die zu erwartenden Volumenströme zu geben. Aufgrund dieser Überdimensionierung bestehen sowohl in den Betriebs- als auch in den Investitionskosten Einsparmöglichkeiten.

Bild 1 zeigt die Ausbreitung und die Geschwindigkeiten bei konventioneller Betrachtung der Konvektionsströmung und bei Berücksichtigung des Bildungsbereiches.

Ziel ist die Beschreibung der Konvektionsströmung in Entstehungs-, Formierungs- und ausgebildeten Bereichen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden neben der Auswertung von Literaturquellen Simulationen mit OpenFOAM, Fluent und Fire Dynamic Simulator, sowie laseroptische Messungen durchgeführt. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ein Algorithmus entwickelt, der die Strömungsverhältnisse auch im Entstehungsbereich besser als die bisherigen Berechnungsvorschriften abbilden kann. Diese neue Berechnungsvorschrift kommt weiterhin ohne den Einsatz von numerischen Simulationen aus, wenngleich die Berechnungsvorschrift etwas komplexer geworden ist.

Bild 2 zeigt die Unterschiede zwischen dem dem neuen Rechenverfahren (durchgezogene Linie) und den bisher genutzten Auslegungsmethoden (gepunktet) an einem konkreten Beispiel. Zu sehen ist die Geschwindigkeitsverteilung in verschiedenen Höhen über der Wärmequelle (rot).

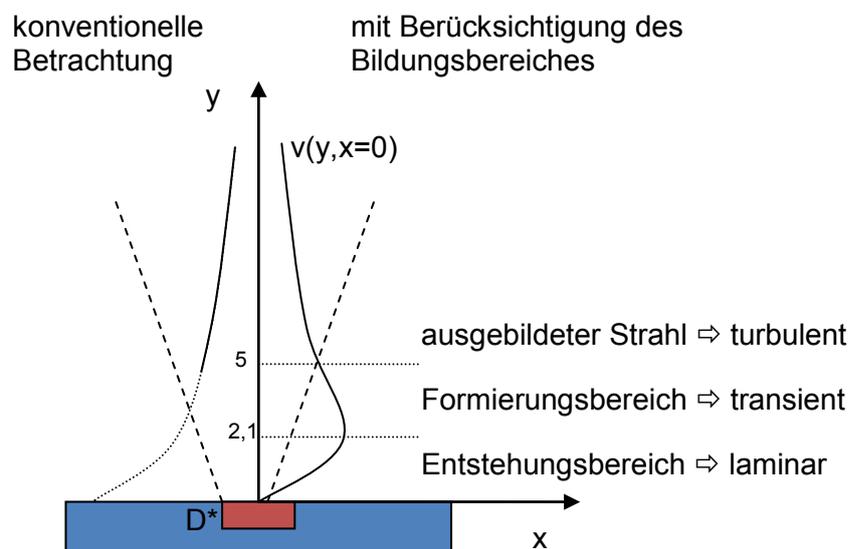


Bild 1: Messung der Konvektionsströmung in einer Lagerhalle mit industriellem Charakter

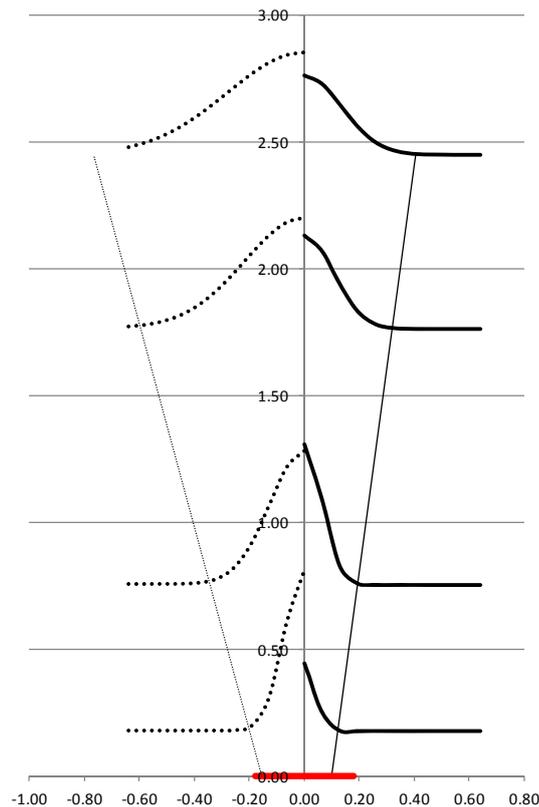


Bild 2: Vergleich zwischen den Methoden

5.4 Textiles Verbundsystem zur Raumluftklimatisierung

Klimaanlagen auf der Basis herkömmlicher Entfeuchtungsmethoden besitzen ein großes Energieeinsparpotential wenn es gelingt, die energieintensive Entfeuchtung der Raumlufte durch Unterschreitung der Taupunkttemperatur durch sorptionsgestützte Luftentfeuchtungssysteme abzulösen. Während dazu in zentralen Klimaanlagen neben festen auch flüssige Sorptionsprozesse bereits Stand der Technik sind, fehlt es zur Umsetzung indirekter gekühlter Flüssigsorptionsprozesse in raumnahen Systemen zur Klimatisierung (dezentrale Geräte, Kühldecken) bisher an geeigneten Wärme- und Stoffübertrager-Konstruktionen.

Ziel des gemeinsam mit dem sächsischen Textilforschungsinstitut (STFI Chemnitz) durchgeführten Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines textilen Verbundsystems zur Raumluftklimatisierung – bestehend aus einer innovativen Konstruktion aus kostengünstig herstellbaren, mehrdimensionalen textilen Abstandsstrukturen und Membranen – das in Form eines Wärme- und Stoffübertragers einen indirekten gekühlten flüssigen Sorptionsprozess ermöglicht. Dabei wird die mit Membranen beaufschlagte Abstandsstruktur längs mit dem Sorptionsmittel durchströmt, welches dabei mit dem aus dem Luftstrom entnommenen Wasserdampf beladen wird.

Vorausgewählte Materialien (8 Membranen, 2 Sperrfolien, 9 Vliesstoffe, 14 textile Abstandsstrukturen, 2 Kaschierklebstoffe) wurden einzeln und in verschiedenen Verbundkombinationen umfangreichen experimentellen Prüfungen unterzogen.

5.5 Wohnungslüftungsgerät mit elektrothermischer Heiz- und Kühlfunktion

Aufbauend auf der Literatur- und Patentanalyse wurden zunächst eine Marktanalyse zu verfügbaren Wohnungslüftungsgeräten und Peltierelementen durchgeführt. Im Ergebnis zeigt sich,

dass Kompaktgeräte im (Gebäude-)Heizbetrieb bei variablen Außentemperaturen einen mittleren COP von 2,6 erreichen. Zentrale Wohnungslüftungsgeräte erreichen effektive Wärmebereitstellungsgrade zwischen 75 % und 93 %, der Mittelwert liegt bei 81,3 %. Kompaktgeräte mit Wärmeübertrager und Wärmepumpe liegen aufgrund der höheren Druckverluste mit 78 % etwas darunter. Die Voruntersuchung von Peltierelementen zeigt, dass das geplante System bei einer auslegungsbedingten Überdimensionierung in der Lage ist, die Leistungszahlen von Kompaktgeräten mit Wärmepumpen zu erreichen. Hilfreich wirken dabei die im Teillastfall steigenden Außenlufttemperaturen.

Im Zuge der Ermittlung von Gebäudelastprofilen heutiger und zukünftiger Gebäudetypen (Neubau und Altbau) mit verschiedenen Dämmstandards (Version I bis V) zeigt sich (siehe Bild 1), dass bei sehr gut wärmegeprägten Gebäuden (Version V) die erforderliche Heizleistung bereits mit dem hygienischen Mindestluftwechsel des Wohnungslüftungsgerätes gedeckt werden kann und keine zusätzliche Heizleistung bereitgestellt werden muss. Die Überschreitungshäufigkeit der Sollraumtemperatur kann auch ohne zusätzliches Heizsystem nur durch das Wohnungslüftungsgerät (WLG) auf 0 h reduziert werden.

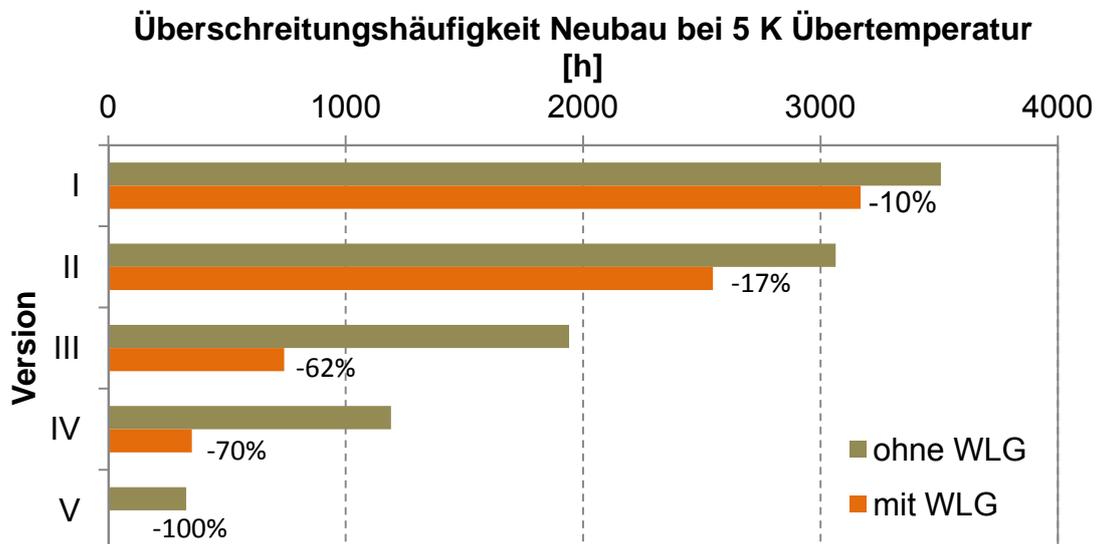


Bild 1: Überschreitungshäufigkeit

In weniger gut gedämmten Gebäuden kann der gleiche Effekt durch eine 2. Spitzenlaststufe bei höherem Luftvolumenstrom erreicht werden.

Im Ergebnis der numerischen Berechnungen wurden der Rippenkörper und die konstruktiven Randbedingungen definiert. Die Peltierelemente werden zwischen zwei Rippenkörpern angeordnet, die konstruktiv miteinander verschraubt werden. Unter Beachtung geeigneter Gesamt-abmessungen wurde eine parallele Anordnung in zwei Reihen ausgewählt. Um eine größere räumliche Trennung der Fluidströme zu erreichen, werden direkt auf dem Peltierelement Distanzstücke montiert. Der entstehende Zwischenraum schafft Platz für die Kabelführung und kann zur Verbesserung der thermischen Trennung der Luftkanäle mit Isolationsmaterial ausgefüllt werden, siehe Bild 2.

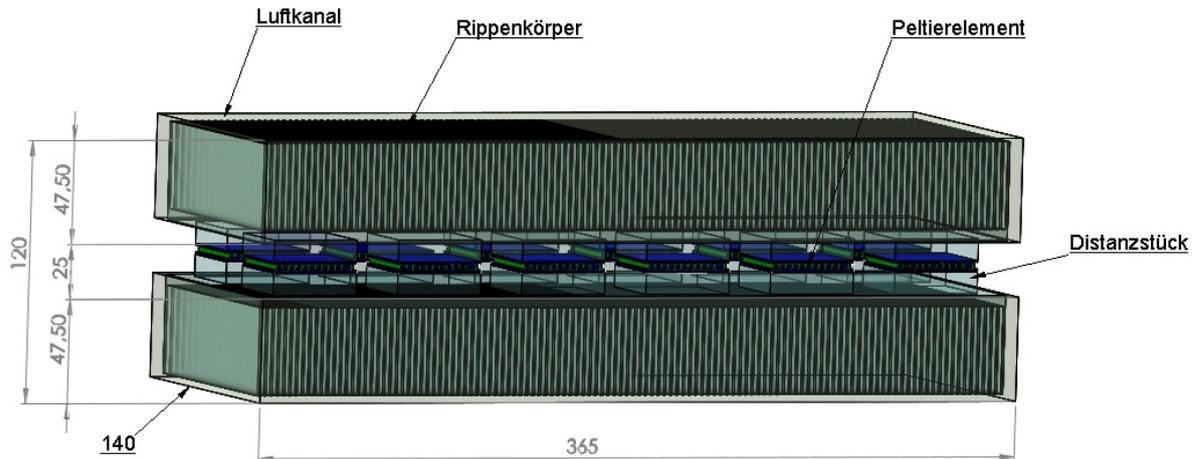


Bild 2: Konstruktionszeichnung

5.6 Smart Metering für HLK – Intelligenter Raumenergiemanager

Unter „Smart Metering“ wird im Allgemeinen die Erfassung und Abrechnung von elektrischem Strom und anderen Medien wie z.B. Gas oder Wasser mittels intelligenter Zähler und eines entsprechenden Kommunikationssystems zur Weiterleitung der Daten sowohl an den Verbraucher als auch an das Energieversorgungsunternehmen (EVU) verstanden. Die Bestrebungen zur Einführung von Smart Metering ist im Zusammenhang zu sehen mit den weltweiten Bestrebungen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und zur Senkung des Energieverbrauchs. Dazu existieren bereits verschiedene EU- Richtlinien, die in nationales Recht umzusetzen sind.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines durchgehenden Monitoring System für die vielen unterschiedlichen Energieströme. Damit wird der Nutzer in die Lage versetzt, Ereignisse mit dem zugehörigen Energieverbrauch zeitnah zu bewerten und entsprechend darauf zu reagieren.

Eine der zentralen Fragestellungen im Forschungsvorhaben ist die Positionierung der Sensorik im Strömungskanal. Es besteht der Wunsch, mit möglichst wenigen Restriktionen hinsichtlich der Einbausituation der dezentralen Energiezähler auszukommen. Insbesondere Störungen stromauf der Sensorik wie z.B. Rohrbögen beeinflussen das Strömungsprofil sehr stark und müssen entsprechend berücksichtigt werden.

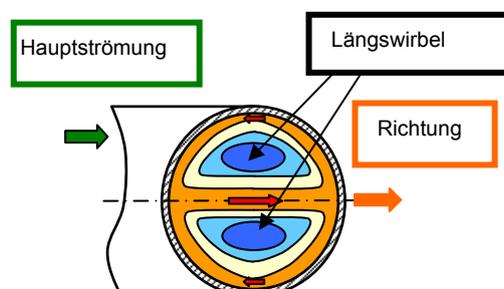


Bild 1: Prinzipielle Darstellung zur Entstehung der Sekundärströmung

Zur Durchführung von Experimenten wurde ein Versuchsstand für drei Musterräume aufgebaut, so dass bis zu sechs dezentrale Energiezähler mit den zugehörigen Raumenergiemanagern zum Einsatz kommen. Für den Raum 1 wird die gesamte Klimazelle genutzt. Hier können somit alle Einflüsse in vollem Umfang simuliert werden, die auch in realen Räumen auftreten können wie

z.B. Strahlung. Für Raum 2 und Raum 3 werden nur die lufttechnischen Parameter simuliert, welche auf den Enthalpiestrom Einfluss haben.

Über die hydraulische Verschaltung werden die Wechselwirkungen zwischen den Räumen simuliert. Für diesen Zweck lassen sich sowohl die Verteilung zwischen den Räumen beeinflussen als auch durch gezielte Bypässe Bilanzfehler erzeugen, wie sie z.B. durch Fensterlüftung entstehen würden. Eine Ansicht der Klimakammer mit der Verrohrung zu den Musterräumen zeigt Bild 2.

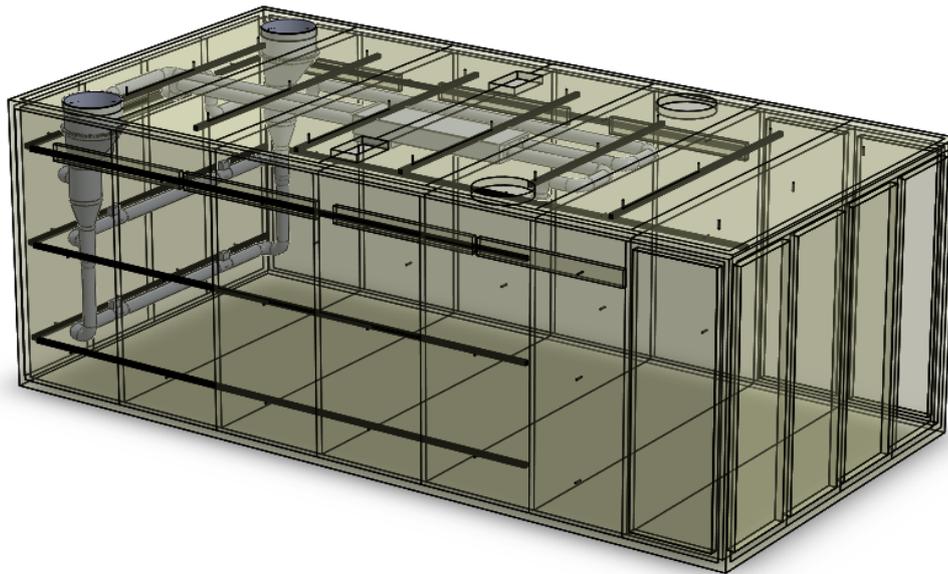


Bild 2: Anordnung der Versuchsmuster in der Klimakammer, Luftaufbereitungsanlage (über der Klimakammer angeordnet)

6 Innovative TGA-Planung am ILK 2012

TU Dresden, Neubau Institutsgebäude, Fachrichtung Physik

Das Institutsgebäude (Bild 1) soll künftig die optimalen Rahmenbedingungen für Lehre und Forschung für die Fachrichtungen Optoelektronik und Experimentalphysik/Photophysik gewährleisten. Dafür soll eine Vielzahl von technischen Anlagen beitragen.



Bild 1: Gebäudeansicht – Haupteingang

Ein besonders hoher Wert wird dabei den zentralen und dezentralen RLT-Anlagen für die Reiräume sowie physikalisch-technischen Labore/Versuchsräume und Klimazellen auf ca. 3.200 m² Nutzfläche beigemessen.

Die damit erforderlichen Außenluftsysteme müssen zur Einhaltung der Behaglichkeitsanforderungen, der Arbeitsplatzgrenzwerte und der Raumluftzustände unter den verschiedensten Versuchsbedingungen beitragen. Die ganzjährig notwendige Aufbereitung des hohen Außenluftanteils muss deshalb energieeffizient und wirtschaftlich angemessen erfolgen. Dazu soll ein vom ILK zu entwickelndes Verfahren zur Vorwärmung bzw. Vorkühlung der Außenluft unter Nutzung der erneuerbaren Energie des Erdreiches durch neuartige Wärmerohrtechnologie beitragen.

Das Besondere dieser Technologie zur Konditionierung der Außenluft soll dabei in der Steigerung der energetischen Effizienz des Wärmerohres liegen. Dafür sind die inneren Wärmetransportwiderstände z. B. durch Einsatz von Nanofluiden oder inneren Strukturen zu verringern und/oder die Konvektion auf der Luftseite z. B. durch veränderte Lamellenformen zu erhöhen. Die Wärmerohre werden in die Außenluft-Sammelansaugbauwerke der RLT-Anlage integriert und tragen ohne zusätzliche Primärenergie zum Wärmetransport vom Erdreich zur Außenluft bei.

Dafür werden die umfassenden Erkenntnisse aus den öffentlich geförderten Projektforschungen mit den experimentellen Untersuchungen und theoretischen Simulationsmöglichkeiten genutzt.

Uni Leipzig, Hörsaal- und Mensagebäude - Energiemanagement

Die Universität Leipzig ist in 14 Fakultäten und über 150 Institute gegliedert. Für die Institute wurde ein Hörsaal- und Mensagebäude errichtet. Die Gebäudeeinheit wird von mehreren raumlufttechnischen Anlagen versorgt.

Hinsichtlich der Außen- und Fortluftführung wurde jeweils ein zentrales Luftführungssystem ausgeführt, d. h. alle Zentralgeräte beider Gebäudeteile fördern die Luft aus einem Außenluftbauwerk und in einen zentralen Fortluftkanal. Aufgrund wechselnder Betriebsverhältnisse entstehen unterschiedliche Volumenstrombelastungen, die zu instabilen Druckverhältnissen im Außenluftbauwerk führen.

Um dies zu analysieren und zu bewerten, erfolgten Untersuchungen mit dem von ILK entwickelten Mess- und Diagnosesystems zur energetischen Inspektion von Klima- und Lüftungsanlagen.

Des Weiteren wurde in Verbindung mit Simulationsrechnungen die Beeinträchtigung durch die Baukonstruktion des Außenluftbauwerkes analysiert. Die Bild 1 zeigt ein 3D-Modell für die Simulation. Maßgebende Störungen durch konstruktive Einbauten konnten durch geometrische Modellrechnungen nachgewiesen werden. Die sich daraus praktisch abgeleiteten und modellierten Luftleitelemente führen zur Vergleichmäßigung der Strömungsverhältnisse und damit zur Reduzierung von Druckverlusten im Außenluftbauwerk.

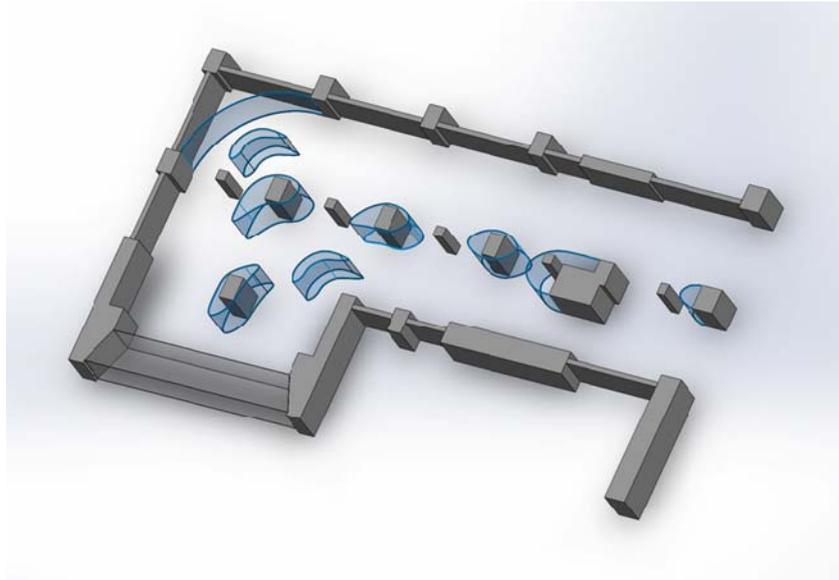


Bild 1: Luftleitenelemente im Außenluftbauwerk, 2. Kellergeschoss (3D-Gesamtdarstellung)

7 Luftreinigungstechnik

7.1 AtexDeDust

AtexDeDust ist ein Kooperationsprojekt von Partnern aus Dänemark, Deutschland und Polen. Die wissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen des Themas werden von der TU Wien und dem ILK Dresden durchgeführt. Grundidee der europäischen KMU ist ein vielversprechendes neues Design mit einer besonderen Funktionalität für Luftreinigungssysteme im industriellen Maßstab. Der Vorschlag befasst sich mit Staub/Luft-Systemen nach ATEX Directive 94/9/ EC „Richtlinie für Systeme mit Gefährdung durch explosionsfähige Atmosphäre“, aber auch Standardanwendungen in einer Vielzahl von Produktionslinien. Der Ansatz überwindet die Risiken von potenziellen explosiven Atmosphären der Staubkonzentration im Inneren des Gehäuses während der periodischen Regenerierung von Filterelementen. Das ermöglicht mobile Erfassungstechnik in smarter Größe, Versorgung mit gemeinsamen elektrischen und elektronischen Bauteile und eine bessere Filterleistung verglichen mit dem derzeitigen Stand der Technik. Ein Hauptmerkmal ist die Verwendung eines verbesserten textilen Filtermaterials mit hoher Luftdurchlässigkeit. Dies bewirkt ein Abnehmen des Druckverlustes über der Filterschicht, wodurch es gelingt, Energie einzusparen. Das neue Luftreinigungssystem hat das Potenzial, erheblichen wirtschaftlichen Nutzen für die Erzeuger in den gemeinsamen Anwendungsgebieten und in neuen Verwendungen mit nanoskaligen Materialien zu generieren.

Durch die Trennung des Filters in zwei Bereiche – Filtration mit hohem Volumenstrom und Regenerierung des Filtermaterials mit niedrigem Volumenstrom – findet eine örtliche Trennung von hoher Staubkonzentration und Zündquelle statt. Sollten in der anströmseitigen Luftführung Funken detektiert werden, wird die Regeneration gestoppt und es kann kein Zusammentreffen von Zündquelle und Staub/Luft-Gemisch geben. Auf Grund des speziellen Filtermaterials weist das Filter nur einen geringen Druckverlust auf. Weiterhin agglomerieren die Stäube an der Anströmseite. Dadurch können zum einen auch ultrafeine Partikel abgeschieden andererseits im agglomerierten Zustand zur Regenerierung leichter von der Oberfläche wieder abgetrennt werden.

Für diese Untersuchungen wurde ein Versuchsstand (vgl. Bild 1) entwickelt und im Versuchsfeld des ILK aufgebaut.



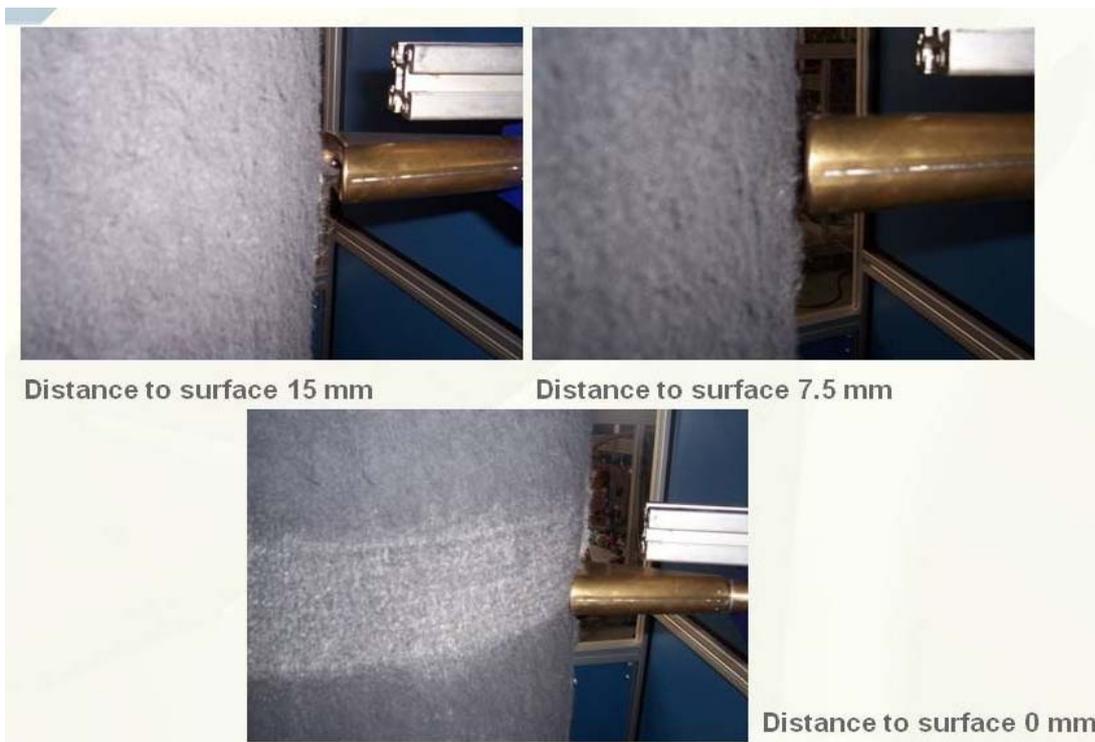
Versuchsaufbau mit Messtechnik



Agglomeration am Filtermaterial

Bild 1: Versuchsstand mit Trommelfilter

Von besonderem Interesse sind die einzelnen Arbeitsphasen am Trommelfilter – die Filtration und die Regenerierung. Wichtig ist die optimale Auswahl der Regenerierungsparameter, damit die hohe Luftdurchlässigkeit des Materials erhalten bleibt und das Material nicht geschädigt wird. Wie beispielhaft in Bild 2 dargestellt ist, spielen dabei der Abstand der Düse von der Materialfläche sowie der Unterdruck an der Düse eine entscheidende Rolle. Hier müssen noch weitere Untersuchungen erfolgen, um die optimalen Parameter zu finden.



Distance to surface 15 mm

Distance to surface 7.5 mm

Distance to surface 0 mm

Bild 2: Untersuchungen zur Abreinigung des Filtermaterials durch Saugdüsen

Von besonderer Bedeutung für die Funktion des Gesamtsystems ist die Funkendetektion in Verbindung mit der Anlagensteuerung. Gewählt wurde ein redundantes System, welches auf unterschiedlichen Prinzipien beruht. Sollte ein Funken mit angesaugt werden, muss das System sofort reagieren.

7.2 Abscheidung von Funken und Staub beim Schweißen und Schleifen

Besonders die Anforderungen an einen sicheren und gesundheitlich unbedenklichen Arbeitsplatz erfordern neue und innovative Lösungen zu Arbeitsplatzabsaugungen in der metallverarbeitenden Industrie. Vor allem beim mechanischen Bearbeiten von Stahl, Edelstahl und anderen Materialien, wie Schleifen, Polieren, Trennen oder Schweißen, entstehen neben Rauch bzw. Partikelströmen (z.B. Flusen) auch Funken. Diese aktiven Zündquellen bilden in Verbindung mit den Stäuben, vor allem in nachgeschalteten Filteranlagen eine erhebliche Brandgefahr. Ziel des Kooperationsprojektes war es, ein neuartiges Abscheidesystem insbesondere für Kleinanlagen zu entwickeln, mit dem vorzugsweise Funken und Partikel unter Minimierung der Filterbrandgefahr abgeschieden werden können.

Die Grundidee besteht darin, durch eine effektive Strömungsumlenkung eine Kollision der Funken mit der Abscheiderwand hervorzurufen. Damit verlieren die Funken ihre Energie und können keine Filterbrände mehr auslösen. Mit einer Löschung der Funken im Gerätegehäuse ist die Voraussetzung erfüllt, dass die Stäube anschließend in einem Filter gefahrlos abgeschieden und aus dem Luftstrom abgetrennt werden können. Am Beginn des Vorhabens stand daher die Charakterisierung der Stäube, wie sie bei der mechanischen (Trennen) und thermischen (Schweißen) Fertigung entstehen, im Vordergrund. Es zeigte sich, dass die Partikelgrößenverteilungen sehr stark variieren. Das Kornspektrum reicht dabei von sehr feinen Partikeln ($0,05\ \mu\text{m}$) bis hin zu makroskopischen Fasern und Staubkörnern. Daraus entstand die Konzeption einer zweistufigen Abscheidung. Damit kann der Abscheider allen Anforderungen gerecht werden. Über eine Vorabscheidung mittels Fliehkraft werden große Partikel und Funken noch vor dem Filterelement aus dem Gasstrom entfernt. Der Gasstrom wird dabei über eine spiralförmige Kontur geleitet. Durch Einsatz einer strukturierten Oberfläche kann der Effekt der Abscheidung und Funkenlöschung noch verbessert werden.

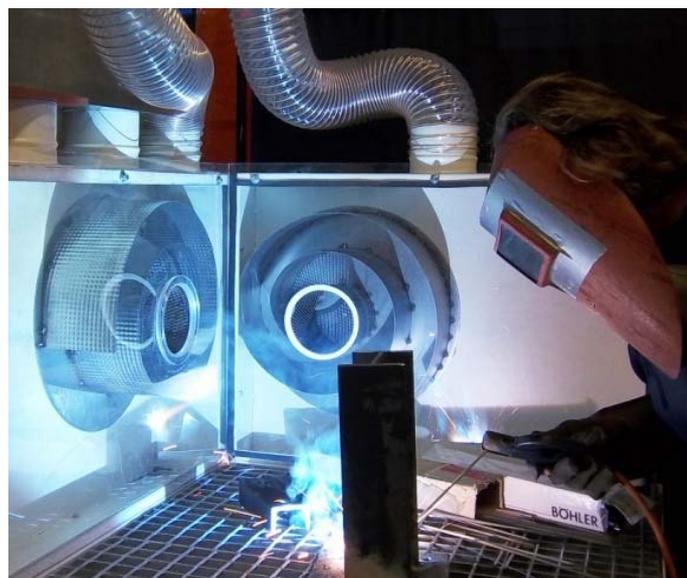


Bild 1: Absaugtisch mit Absaugöffnung und Einlauf-Spirale

Für die Entwicklung und den Test der Abscheideeinrichtungen war die Errichtung einer speziellen Versuchsanlage erforderlich. Bei einer Nutzung von Filterelementen zur Schweißrauchabscheidung ist die Prüfung des Gesamtabscheiders mit realem Schweißrauch Bedingung. Daher wurde am ILK Dresden in Anlehnung an die DIN EN ISO 15012-1 ein Versuchsstand errichtet. Es erfolgte die Konstruktion und bauliche Realisierungen des Prüfstandes sowie die Erstellung der Prüfprogramme für Filtermodul und Abscheidersystem. Sowohl der spiralförmige Vorabscheider, als auch die kombinierte Ausführung mit Partikelabscheidesystem wurden hinsichtlich der erreichbaren Gesamtabscheideleistung bewertet. Anhand der ermittelten Ergebnisse konnte nachgewiesen werden, dass das entwickelte Gesamtsystem nach einer Grundbestäubung die Einhaltung der Schweißrauchklasse W3 gewährleisten kann. Dies ist für alle drei untersuchten Materialien möglich. Die Ziele des Vorhabens wurden damit in vollem Umfang erreicht.

7.3 Minderung der Emissionen bei der thermischen Nutzung von Schreinerei-Restholz

In Hinblick auf die nationalen und internationalen energiepolitischen Ziele der vergangenen Jahre sowie der Tatsache, dass der deutsche Primärenergieverbrauch 2010 mit ~14.057 PJ im Vergleich zum Vorjahr um 4,6 % gestiegen ist und der Heizenergiebedarf mit ~5.100 PJ einen erheblichen Anteil ausmacht, wird die Notwendigkeit der Forschungsaufgaben deutlich untermauert. Vor allem die Höhe des bislang wenig nutzbaren Potentials an Resthölzern der Holzverarbeitenden Industrie, durch welches ein signifikanter Beitrag an der CO₂-neutralen Wärmeenergiebereitstellung geleistet werden kann, wird durch die erfolgreiche Umsetzung des Forschungsvorhabens nutzbar gemacht. Die Herausforderung der Entwicklung liegt in der technischen Umsetzung einer effektiven und emissionsarmen Feuerungstechnik inkl. Staubabscheidung, mit welcher Resthölzer direkt am Entstehungsort (Schreinerei) ökologisch sinnvoll genutzt werden können.



Charge 1



Charge 2



Charge 3

Bild 1: Unterschiedliche Chargen von Schreinerei-Restholz; gepresst

Für die Ermittlung der Staubkonzentrationen im Roh- und Reingas ist es erforderlich, einen Versuchsstand zu entwickeln, mit welchem die Rohgasstaubgehalte hinter dem Kessel, sowie die Reingasstaubgehalte nach den Abscheidern (Zyklonabscheider und Gewebefilter) separat sowie in simultanen Betrieb bewertet werden können.

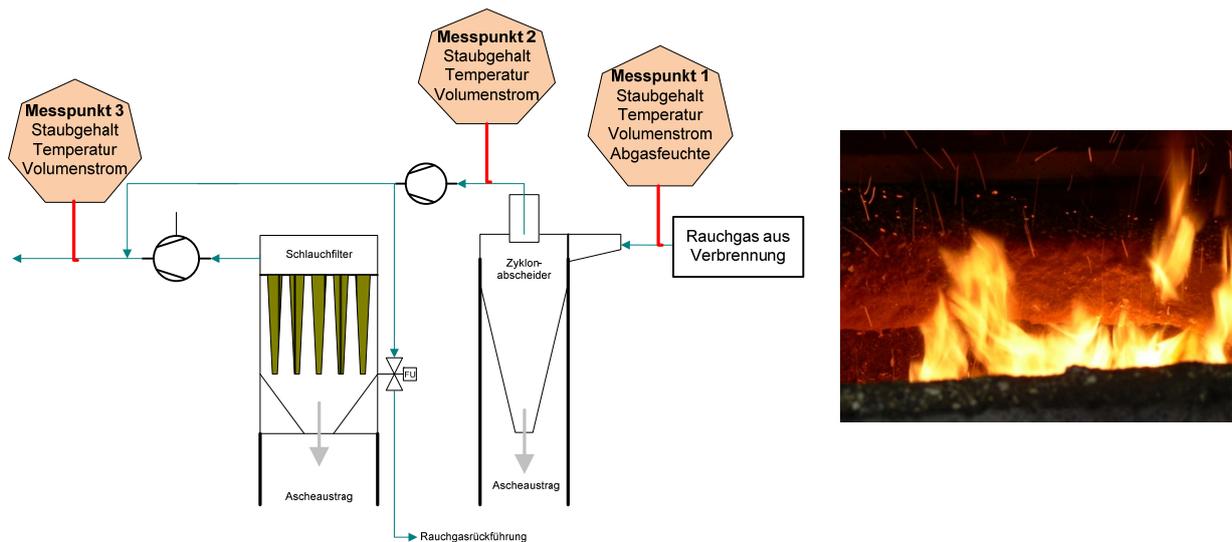


Bild 2: Aufbau Versuchsstand Staubgehaltsbestimmung

Bereits aus den ersten Messungen wurde deutlich, welchen Einfluss die Zusammensetzung des Brennstoffs auf den Emissionsparameter Staub hat. Für die Konzeption der modularen Anlage wurden Rohgasstaubgehalte von ca. $100 \text{ mg/m}^3_{\text{i.N. tr.}}$ zu Grunde gelegt. Als Rohgastemperatur wurden $\sim 160 \text{ }^\circ\text{C}$ ermittelt. Die Rauchgasgeschwindigkeit nach dem Kessel wurde mit $2,9 \text{ m/s}$ ermittelt. Der Volumenstrom beträgt $212 \text{ m}^3_{\text{i.N.f.}}/\text{h}$. Für die Konstruktion des Zyklons und Gewebefilters wurden der Firma Bristol Auslegungsdaten zur Verfügung gestellt.

In Zusammenarbeit mit dem Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. erfolgte die Entwicklung und Fertigung von speziell für die Biomassefeuerung entwickeltem Filtervlies - Hycoknit® aus Polyphenylensulfid (PPS)-Fasern. PPS-Fasern zeichnen sich besonders durch hohe Temperaturstabilität und sehr gute Beständigkeit gegen eine Vielzahl von Chemikalien bei guten mechanischen Eigenschaften hinsichtlich Steifigkeit und Festigkeit aus. Sie besitzen eine geringe Feuchtigkeitsaufnahme und eine hohe Dehnfähigkeit.



Bild 3: Abscheider-Versuchsmuster, links der konische Stützapparat

Zur Fixierung des Filtervlieses im Inneren des Filtergehäuses sowie zur Stabilisierung des Gewebes werden Filterkörbe als Stützkonstruktionen verwendet. Die technische Ausführung der Filterkörbe kann dabei als Stabkonstruktion, Maschenkonstruktion oder als Lochblech erfolgen. Je nach Ausführung legt sich das Filtermaterial unterschiedlich an die Stützkonstruktion an. Entgegen der üblich verwendeten zylindrischen Ausführung von Filterkörben wird im Forschungsvorhaben eine konische Ausführung der Filterelemente gewählt.

7.4 Neue Filtermedien für die Abscheidung von Stäuben aus der Biomasse-verbrennung

Bis 2050 sind 50 % der Primärenergie regenerativ zu erzeugen. Der wichtigste erneuerbare Energieträger ist die Biomasse (vorwiegend Holz und Stroh). Mit der EU-Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa werden die Partikelmissionen von PM10 und von PM2.5 reglementiert. Die steigende Anzahl von Festbrennstoff-Feuerungsanlagen, einschließlich des Leistungsbereichs $< 15 \text{ kW}$, wird eine enorme Feinstaubbelastung verursachen. Dieser Problematik widmet sich die Novellierung der Ersten Bundesimmissionschutz-Verordnung mit einer Absenkung des Grenzwertes bezüglich der Staubemission für Anlagen der 1. BImSchV. In einer ersten Stufe sollen die Grenzwerte von derzeit 150 mg/m^3 auf 100 mg/m^3 reduziert werden. An Anlagen im Leistungsbereich oberhalb von 100 kW kann dieser Wert in der Regel knapp eingehalten werden. Der ab 2014 gültige Emissionsgrenzwert von 20 mg/m^3 ist dagegen ohne zusätzliche Entstaubungsmaßnahmen für Kesselanlagen im Bereich einer Feuerungswärmeleistung von 4 bis 1000 kW nicht zu realisieren. Perspektivisch ist die Ausrüstung aller Feuerungsanlagen mit Feinstaubfiltern erforderlich. Dafür sind aktuell keine wirtschaftlich darstellbaren Lösungsvarianten verfügbar. Mit dem Forschungsvorhaben wurden technologische Lösungen zur Erzeugung von oberflächenmodifizierten Vliesstoffverbunden aus Spezialfasermischungen für den Einsatz in Biomasseverwertungsanlagen erarbeitet. Durch Applikation neuartiger nanoskaliger Ausrüstungssysteme sollten die Fasern oberflächlich vor chemischen und thermischen Angriffen während ihres Einsatzes geschützt werden. Das vordringliche Ziel, die Verminderung der Feinstaubemissionen von mittleren Feststofffeuerungsanlagen auf Konzentrationen unter 20 mg/m^3 und die Reduzierung gesundheitsgefährdender Luftschadstoffe, wurde erreicht.

Für die Messung der Fraktionsabscheidegrade am realen Rauchgas wurde ein mobiler Versuchstand entwickelt. Aus dem Abgasrohr eines Biomasse- Kessels kann über eine beheizte Gasentnahmeleitung ein Teilstrom isokinetisch entnommen werden. Das Abgas wird über eine Ronde geleitet, in welcher das zu prüfende Filtermaterial eingespannt ist. In Strömungsrichtung nachfolgend ist ein Absolutfilter angeordnet, welches die Bestimmung des Staubdurchganges ermöglicht. Der abgesaugte Volumenstrom wird mittels Normblende gemessen und über eine Bypass-Schaltung eingestellt. Für die Unterdruckerzeugung wird ein Seitenkanalverdichter eingesetzt.



Ronde mit eingespanntem Filtermaterial



Messkopf/ Sensor des Welas 3000

Bild 1: Prüfronde und Sensormesskopf am Versuchsstand

8 FuE-Dienstleistungen auf dem Gebiet der Luftreinhaltung 2012

Wissenschaftliche Begleitung für das Demonstrationsprojekt „Feinfilter für Hüttenabgase“ in der Feinhütte Halsbrücke

Die Feinhütte Halsbrücke GmbH, hervorgegangen aus dem Legierungsbetrieb des Hüttenwerkes Halsbrücke, ist spezialisiert auf die Produktion von Legierungen aus Zinn, Blei und Antimon, einschließlich der Herstellung einer Reihe von Sonderloten sowie die Aufarbeitung von Recyclingprodukten der Buntmetallurgie.

Heute erfolgt die Herstellung von Buntmetallen und Buntmetall-Legierungen mit modernsten Technologien aus Blockmetallen und Vorlegierungen. Die Absaugung der Kurztrommelöfen (KTO) zur Buntmetallaufbereitung ist an eine Entstaubungsanlage angeschlossen, welche mit Filterschläuchen ausgerüstet ist. Damit kann die Einhaltung der gesetzlichen Auflagen hinsichtlich der Grenzwerte für Gesamtstaub und Schwermetalle, insbesondere Blei, Arsen und Cadmium, sichergestellt werden.

In der Vergangenheit haben sich allerdings immer wieder Schäden an der Entstaubungsanlage, in Folge von Schlauchdurchbrüchen, ergeben. In diesen Fällen kann ein Teil der Abgase ungereinigt in die Atmosphäre gelangen. Weiterhin wurden schon mehrmals Überlegungen angestellt, das derzeitige Emissionsniveau weiter abzusenken.

Das Messprogramm für die Anlagenparameter umfasst folgende Messdaten:

- Volumenstrom an den Messebenen
- Anlagendruckdifferenz und statischer Druck
- Filterdruckverlust (beide Filterstrecken)
- barometrischer Luftdruck
- Gastemperatur vor und nach der Abscheideanlage
- Relative Feuchte der Reinluft
- Anzahl der Umschaltungen auf Bypassbetrieb (über die SPS- Steuerung) in einer bestimmten Zeiteinheit.

9 Angewandte Werkstofftechnik

9.1 Entwicklung effizienter Prüfverfahren für Komponenten neuer Low-GWP-Hermetikverdichter

Erhöhte Umweltauflagen an neue Kältemittel (GWP <150) und der Einsatz von elektrischen Hermetikverdichtern mit höheren Betriebsspannungen erfordern effiziente Prüfverfahren zur Bewertung der Qualität der eingesetzten Werkstoffe und Arbeitsstoffe (Öle, Kältemittel) und von Alterungswechselwirkungen zwischen diesen Materialien.

Mit dem neuen Prüfplatz „Elektrische Alterung am Frequenzumrichter“ können Isoliersysteme wie Drahtlacke und Isolierpapiere auf ihre Koronabeständigkeit untersucht werden. Die Entwicklung dieser kombinierten thermisch-elektrischen Prüfmethode ist ein Hauptergebnis des Projektes. In Kombination mit den Standardprüfungen Isolationswiderstand, Spannungsfestigkeit und der Ermittlung der Durchschlagspannung können Isoliersysteme für neuartige Hermetikverdichter vor und nach chemisch-thermischer Alterung hinreichend qualifiziert werden.

Die an Modellbaugruppen (Lackdrahttwisten, Motoretten, Statorn, Papieren) erzielten Ergebnisse erlauben Rückschlüsse auf das Einsatzverhalten in Verdichtern. Die eingesetzten chemisch-thermischen Konditioniermethoden, wie zyklische Belastungen und Langzeitauslagerungen und die chemischen Analysemethoden (besonders Änderungen der Säurezahl verschiedener Öle infolge Materialwechselwirkungen) ergeben gemeinsam mit den elektrischen Tests einen Komplex geeigneter Prüfverfahren für Komponenten von Hermetikverdichtern. Die Ergebnisse an Modellproben werden flankiert durch Untersuchungen an komplexen Testkreisläufen der mobilen Kältetechnik.

Weiterhin konnten mit den Vorergebnissen zur Sensorik und deren Einsatz in Öl-Kältemittel-Gemischen wertvolle erste Erkenntnisse für künftige Prüfmethoden gewonnen werden, wobei aus den elektrischen Eigenschaften der Medien Schlüsse auf deren Zustand und Qualität gezogen werden können. Die Bedeutung dieser Ergebnisse besteht vor allem in methodischen Aspekten zur Entwicklung effizienter Prüfverfahren, darüber hinaus auch in ausgewählten konkreten Resultaten zu einzelnen Werk- und Arbeitsstoffpaaren bei den eingesetzten Kältemitteln und Ölen. Die Ergebnisse gestatten eine Bewertung von Prüfmethoden und die Auswahl bevorzugter Prüfverfahren unabhängig von konkreten Kältemitteln. Dieser Umstand ist umso wichtiger, da in der letzten Zeit bei einigen Teilen der Industrie (z. B. mobile Kälte) das ursprünglich favorisierte und im vorliegenden Projekt schwerpunktmäßig untersuchten Low-GWP-Kältemittel R1234yf nicht mehr im Mittelpunkt des Interesses steht.



Bild 1: Hochspannungsprüfplatz (Wechsel- und Gleichspannung) für Komponenten von Hermetikverdichtern



Bild 2: Schaltschrank für die Qualitätsprüfung teilentladungsfreier elektrischer Isolierteile

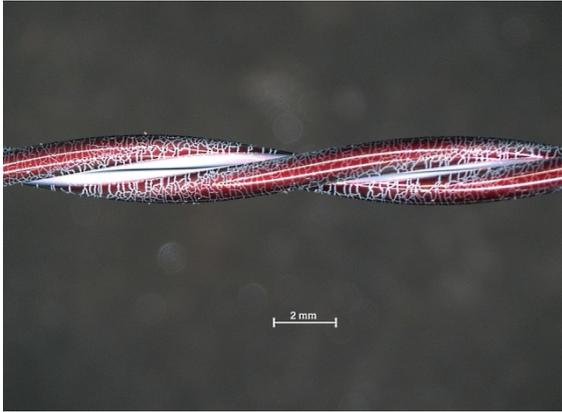


Bild 3: Detailaufnahme einer Lackdrahtprobe (twisted pair) nach 698 Stunden elektrisch-thermischer Alterung am Frequenzumrichter



Bild 4: Koronaentladung eines Stators eines Hermetikverdichters bei Prüfung mit einer Hochspannung von ca. 9 kV

9.2 Entwicklung eines nachrüstbaren Universal-Thermalelements für Photovoltaikmodule

In diesem Projekt soll ein nachrüstbares Universal-Thermalelement entwickelt werden, durch das der elektrische Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen deutlich erhöht wird und die Anlagen nunmehr gleichzeitig zur Wärmegewinnung genutzt werden können. Dadurch kann die Umweltbilanz der Photovoltaikanlagen verbessert werden. Mit dem zu entwickelnden Thermalelement für die Modulrückseitenkühlung sollen marktüblich PV-Module aus- und nachgerüstet werden. Ein wichtiger Anwendungsfall ist die Nutzung des Thermalelements in PV-Anlagen, die bei Schwimmbädern installiert werden. Hierbei wird zum einen die niedrige Wasservorlauftemperatur eine optimale Wirkungsgradsteigerung der PV-Module bewirken und zum anderen kann auch eine nur geringe Temperaturerhöhung des Mediums zur Wassererwärmung des Schwimmbads sinnvoll verwendet werden. Das Teilprojekt des ILK Dresden beinhaltet materialspezifische Aufgaben hinsichtlich der Untersuchung, Unterstützung und Durchführung von Messungen und die Optimierung der thermodynamischen Eigenschaften.

Zur Verwendung als Thermalelement werden zwei Varianten in Betracht gezogen, zum einen eine Aluminiumplatte mit aufgeschweißten Kupferrohren und als zweite Variante eine Kapillarrohrmatte aus Polypropylen. Für die Klebeverbindung des Thermalelementes mit der Rückseite von PV-Modulen sind eine Betrachtung der Anforderungen und die Charakterisierung geeigneter Klebstoffe essentiell. Bei den Messungen zur Ermittlung der Planflächenabmessung konnte festgestellt werden, dass von der Mitte zum Rand bzw. Rahmen des Moduls kleine Differenzen (1 mm) messbar sind, welche jedoch durch das Material ausgeglichen werden können. Für eine dauerhafte Verbindung des Polypropylen auf der Rückseitenfolie, sind Klebstoffe auf polyolefinischer Basis am besten geeignet, was in Klebeversuchen auch bestätigt werden konnte.

Das Wärmetauschermedium ist vorzugsweise ein Fluid mit einer hohen Wärmekapazität, beispielsweise auf Wasser-Glykolbasis. Die Wärme kann somit von den PV-Zellen an das Thermalelement abgegeben werden, von wo sie durch das Wärmetauschermedium im Medienkanal einerseits und durch Wärmeaustausch mit der Umgebungsluft andererseits abgeführt wird. Der zweite Oberflächenabschnitt steht mit dem ersten Oberflächenabschnitt und somit zumindest mittelbar mit den Photovoltaikzellen in wärmeleitender Verbindung. Untersuchungen des Thermalelementes ‚Kapillarrohrmatte‘ zeigen, dass aufgrund des Aufbaus der Matte (Kapillarrohrabstand = 15 mm) eine gleichmäßige Temperaturverteilung auf der Modulrückseite erreichbar ist. Mit einer Thermokamera (Fa. Flir, ThermoCAM B20 HSV) sind Thermogramme entstanden und wurden ausge-

wertet. Die Bild 1 zeigt beispielhaft ein solches Thermogramm. Desweiteren erfolgte in weiterführenden Versuchen die Ermittlung der optimalen Durchflussparameter. In Bild 2 ist beispielhaft der ermittelte Druckverlust in Abhängigkeit des Volumenstroms für beide Varianten der Thermalelementausführung dargestellt. Die wärmetechnischen Parameter (Durchflussmenge, Druckverlust und Wärmeleistung) werden für einen Prototypen (geklebtes PV-Modul beider Ausführungen) optimiert.

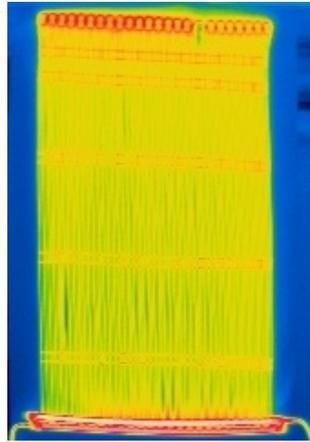


Bild 1: Temperaturverteilung der wasserdurchströmten Kapillarrohrmatte

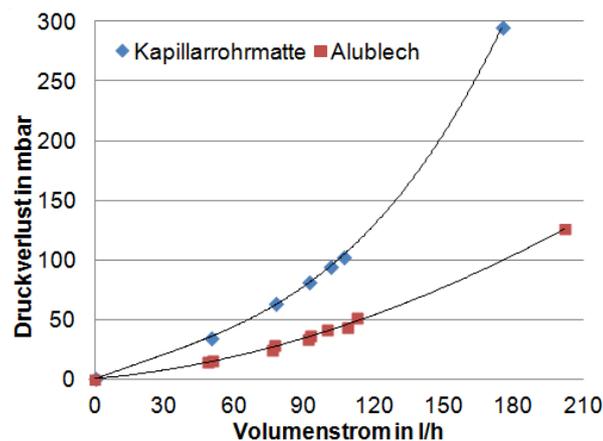


Bild 2: Darstellung der gemessenen Druckverluste der Thermalelemente

9.3 Prüffleck für brennbare Kältemittel

Zur Lecksuche und Dichtheitsprüfung von Kälteanlagen werden elektronische Lecksuchgeräte eingesetzt. Kommen mobile Lecksuchgeräte zur Anwendung, ist ihre Funktionsüberprüfung vor jedem Einsatz notwendig, da sich Empfindlichkeit und Raumluftbedingungen ändern können. Dafür haben sich seit vielen Jahren Prüfflecks mit einer äquivalenten R134a-Leckrate von 5 bzw. 30 g/a (entsprechend der gültigen Grenzwerte für HFKW) bewährt, die im ILK entwickelt wurden. Diese Prüfflecks sind einfach in der Handhabung, preiswert, langzeitstabil und können für die meisten mobilen Lecksuchgeräte eingesetzt werden, die auf fluorierte Kohlenwasserstoffe ansprechen.

Seit einiger Zeit werden als Ersatz für halogenierte Kältemittel umweltfreundlichere, brennbare Kältemittel, Kohlendioxid und auch wieder Ammoniak, eingesetzt. Für die Dichtheitsprüfung von verschiedenen Bauteilen und Anlagen wird häufig Formiergas (5 % Wasserstoff, 95 % Stickstoff)

verwendet, welches ungefährlich und leicht zu handhaben ist. Lecksuchgeräte für brennbare Kältemittel, Wasserstoff und Formiergas erscheinen zunehmend auf dem Markt.

Die Zielstellung besteht darin, ein geeignetes Prüfleck zur Funktionsüberprüfung von mobilen Lecksuchgeräten für brennbare Kältemittel und das Prüfmedium Formiergas zu entwickeln. Die äquivalente Leckrate soll 5 g/a bei einem Preis von unter 100 € betragen.

Kriterien zur Auswahl von Fluiden und Gemischen waren vor allem Betrachtungen zur Sicherheitsproblematik. Zum einen sollte eine Minimierung der eingesetzten Fluidmenge angestrebt werden und zum anderen sollten Mischungen der brennbaren Fluide mit unbrennbaren Fluiden bzw. auch mit festen Adsorbentmaterialien untersucht werden.

Als unbrennbare Fluide kommen Vertrel XF (2,3-Dihydrodecafluorpentan) und 3M Novec 649 (Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one) und weitere perfluorierte Fluide, wie z.B. FC 3283 in Frage. Untersuchungen mit Prüflecks, die mit Vertrel XF und Novec 649 gefüllt waren, bestätigten vor der Versuchsreihe, dass die unbrennbaren Fluide keine Messsignale bei den relevanten mobilen Lecksuchgeräten für brennbare Kältemittel bringen. Mit den unbrennbaren Fluiden und den ausgewählten brennbaren Fluiden Cyclopentan, 2-Methylbutan, Cyclopentylmethylether sowie mit Pentan, Ethanol, Aceton und Ethylenglykoldiacetat wurden Untersuchungen zur Löslichkeit, zur Verdampfung und zum Ansprechverhalten durchgeführt.

Für die Quantifizierung des Stoffdurchganges wurde die Bestimmung der Massedifferenzen bevorzugt. Zur Ermittlung der Konzentrationsänderungen von Gemischen wurde die Bestimmung der Brechungsindices erprobt und eingesetzt.

Als reines Fluid kommt zum gegenwärtigen Zeitpunkt Cyclopentan in Frage. Bei den Fluidmischungen erwies sich die Kombination 2-Methylbutan mit FC-3283 als vorteilhaft. Die Tests ergaben, dass auch Mischungen einer leicht flüchtigen brennbaren Komponente mit einer schwerflüchtigen unbrennbaren Komponente erfolgversprechend sein könnten. Das Adsorbens Aerosil Ox50 nahm bis zu 360 % Cyclopentan auf und gab es kontinuierlich wieder ab. Damit ist dieses System auch aussichtsreich für die Entwicklung eines innovativen sicheren Prüflecks. Diese Prüfleckvarianten werden noch parallel untersucht, um zu einer Entscheidungsfindung zu kommen.

Ausgehend von der Recherche zu möglichen Dosiersystemen wurden systematische Untersuchungen an ausgewählten Dosieraufsätzen durchgeführt. Dabei wurden die Porengröße, das Material und die Fluide variiert. Aus den Ergebnissen wurden Prüfleckvarianten ausgewählt, die für intensivere Untersuchungen in Kombination mit den mobilen Lecksuchgeräten dienen.

Dazu wurden definierte Testlecks mit Formiergas und Propan mit Hilfe von zertifizierten Kapillar- und Sinterlecks aufgebaut (s. Bild 1). Dabei wurde erkannt, dass ein Prüfleck für brennbare Kältemittel nicht identisch mit einem Prüfleck für Formiergas sein kann. Vom Aufbau her sollte aber eine Anpassung möglich sein.

Für die Untersuchungen der mobilen Lecksuchgeräte im Zusammenwirken mit den Testlecks und den Erprobungsmustern Prüfleck wurde eine Gasdosierapparatur konzipiert und aufgebaut (s. Bild 2). Die Dichtheitsprüfungen und der Konzentrationsverlauf wurden mit Propan und einem Flammenionisationsdetektor durchgeführt. Die Ergebnisse führten zu einer Verbesserung der Abdichtung.

Die unterschiedlichen Ansaugsysteme der Lecksuchgeräte wurden untersucht. Dabei wurden mit empfindlichen Messgeräten die relativ kleinen Durchsätze ohne Rückwirkung auf das Lecksuch-

gerät gemessen. Die bisher aufgebauten Prüflückvarianten wurden erprobt. Aus den Ergebnissen wurden Schlussfolgerungen für die Optimierung gezogen.

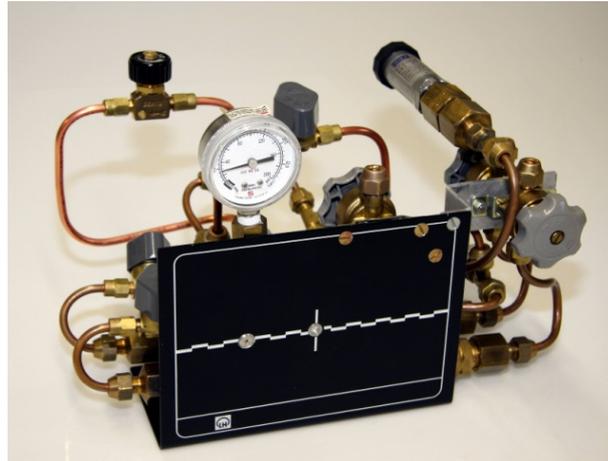


Bild 1: Kapillar- und Sintertestleck



Bild 2: Gasdosierapparatur

9.4 HFO Kleinkompaktkältesysteme

An zwei konkreten Beispielen kleiner, kompakter, mobiler Kältesysteme wurde ausgehend von den technischen Zielparametern mit FKW-Kältemitteln der Einsatz von Low-GWP und natürlichen Kältemitteln erforscht. Dabei handelt es sich zum einen um ein sehr spezielles mobiles Einfriersystem mit zwei Verdampfern und flexiblen Kunststoffleitungen und zum anderen um ein kompaktes Kältesystem kleiner Leistung für gewerbliche Anwendungen.

In der Projektdurchführung sind Verträglichkeitsuntersuchungen mit zwei verschiedenen Schlauchmaterialien realisiert worden. Die Untersuchungen wurden mit den Kältemitteln R1234ze, R290 und R404A durchgeführt. Letzteres Kältemittel diente als Referenzstoff, um Vergleiche zu vorangegangenen Arbeiten zu ziehen. Zur Untersuchung wurden die Kunststoffleitungen mit Kältemittel gefüllt und in ein Hüllrohr eingebracht.



Bild 1: Hüllrohr

Nach der thermischen Lagerung wurde das Hüllrohr mit inertem Gas durchspült, welches gaschromatografisch ausgewertet wurde. Bezüglich des Verschleiß- und Langzeitveraltens der Kunststoffleitungen wurden Biegeversuche durchgeführt. Praktisch wurden in einer speziellen Apparatur 5000 Biegebewegungen absolviert. Dies entspricht einem vollständigen Lebenszyklus. Danach wurde das Programm zu Permeation und thermischer Stabilität wiederholt. Aufgrund der Brennbarkeit der betrachteten Kältemittel wurden Kältemittelfüllmengen und Verbindungstechniken auf diese Belange abgestimmt. Weiterhin wurde ein Reparaturleitfaden erstellt.

9.5 Transporteigenschaften ökoeffizienter Kältemittel-Öl Gemische

Der verstärkte Einsatz von Halbhermetik- und Hermetikverdichtern in der Kältetechnik erfordert die genaue Kenntnis über die elektrischen Eigenschaften der eingesetzten Kältemittel-Öl Gemische in Kompressionskältemaschinen. Zudem besteht die Frage nach den thermischen Transporteigenschaften der neuartigen Kältemittel bzw. Kältemittel-Öl Gemische, wie sie in Zukunft in Kältekreisläufen zu finden sein werden.

Das Ziel des Vorhabens war es Messgeräte zu konzipieren und aufzubauen, die der Bestimmung der Transporteigenschaften von Kältemittel-Öl Gemischen dienen. Als Transporteigenschaften sollten sowohl die elektrischen Eigenschaften Dielektrizitätskonstante, Verlustfaktor und Volumenwiderstand als auch die thermischen Eigenschaften Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Temperaturleitfähigkeit betrachtet werden. Die Schwierigkeit beim Aufbau der Messeinrichtungen liegt darin, dass diese für Kältemittel-Öl Gemische für Drücke oberhalb Atmosphärendruck ausgelegt werden müssen. Mit diesen Apparaturen wurden die elektrischen Eigenschaften von sechs Ölen, drei Kältemitteln und einem neuartigen Kältemittelgemisch bestimmt (Tab. 1). Des Weiteren wurde die Temperatur- und Konzentrationsabhängigkeit der elektrischen Eigenschaften der Mischungen der Öle mit den Kältemitteln (8 Gemische) bestimmt und ausgewertet. Von den reinen Komponenten und den Gemischen wurden auch die thermischen Eigenschaften bestimmt. Ein weiterer Teil des Projektes befasste sich mit der Bestimmung der Transporteigenschaften der unadditivierten Öle. Diese wurden mit den additivierten Ölen verglichen, um so den Einfluss der Additive auf die Transporteigenschaften zu bestimmen. In einem dritten experimentellen Teil des Projektes wurden die ausgewählten Öle thermisch gealtert bzw. in Kreislaufuntersuchungen beansprucht. Dazu war es notwendig, Kältekreisläufe aufzubauen und die Alterung der Öle durchzuführen. Die Kältekreisläufe stehen im Ergebnis dieser Tests, genau wie die Messapparaturen, für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Die so künstlich gealterten Öle wurden auf ihre Transporteigenschaften hin untersucht und die Messergebnisse wurden in die Ergebnisse der vorangegangenen Versuchsreihen eingeordnet.

Tabelle 1. Untersuchte Kältemittel-Öl-Gemische

Kältemittel	Öl
R152a	Reniso Triton SEZ 80
R744	Reniso Triton C85E
R744	Klüber Summit R 200
R1270	Reniso Triton SEZ 80
R152a	Reniso WF 5 A / 10 A
R1270	Reniso WF 5 A / 10 A
R1270 / R744	diverse Öle

Als Ergebnis des Projektes kann das ILK Dresden auf einen Messplatz zur Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Kältemittel, Ölen und ihren Gemischen verweisen. Der Messplatz kann routinemäßig für Messungen verwendet werden. Im Rahmen des Projektes wurde die Messzelle für zukünftige Aufgaben weiterentwickelt (Bild 1).

Des Weiteren wurde ein Messplatz für die Messung der Wärmeleitfähigkeit nach der instationären Hitzdrahtmethode konzipiert und aufgebaut. Für die Messung der Wärmeleitfähigkeit wurde ein Messplatz nach dem Prinzip der stationären Zylinderspaltmethode weiterentwickelt und für die Messungen der Kältemittel-Öl Gemische genutzt.



Bild 1: Messzelle zur Messung der elektrischen Eigenschaften

9.6 Bildgebende Verfahren zur Stoffstromerfassung in Kälteanlagen

Bisher werden Stoffströme in kältetechnischen Komponenten zumeist integral anhand von Eingangs- und Ausgangskenngrößen (Druck, Temperatur, Massenstrom) erfasst. Um Aussagen zur Strömungsverteilung von Kältemitteln und Kältemaschinenölen zu treffen, werden bisher bei Wärmeübertragern Thermografien durchgeführt oder der Befeigungsgrad bestimmt. Zudem können die Bauteile mit Temperatur- und Druckmessstellen ausgerüstet werden. Die so gewonnenen Daten können mit speziellen Stoffdatenprogrammen für Computersimulationen genutzt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Simulation mit Hilfe von Wärmeübertragermodellen aus Glas oder

durchsichtigem Kunststoff. Nachteilig ist jedoch, dass sich an den Modellen andere Temperatur- und Druckverhältnisse einstellen als bei realen Bauteilen und zusätzlich die Freiheitsgrade der Formgebung (Oberflächenstrukturierung etc.) stark eingeschränkt sind, weshalb die Aussagekraft sehr limitiert ist und die Ergebnisse nicht unmittelbar übertragen werden können.

Ziel des Vorhabens ist es, neue anwendungsspezifische Prüfmethode und Verfahren für die bildgebende Erfassung und Dokumentation mehrphasiger Stoffströme von Kältemittel-Öl-Gemischen zu erarbeiten und zu verifizieren. Die Basis sollen vorrangig röntgenografische Methoden bilden. Für die Visualisierung der Stoffströme soll zur signifikanten Unterscheidung zwischen Öl und Kältemittel ein geeignetes Kontrastmittel gefunden bzw. entwickelt werden.

Für die Ölkontrastierung wurden Jod und Nanopartikel ausgewählt. Für die Untersuchungen wurden u. a. Mischungen des Kältemaschinenöles Reniso PAG 220 C mit Jod in drei verschiedenen Konzentrationen hergestellt.

Bei den jodhaltigen Ölen hat sich gezeigt, dass der Zusatz von 0,1 % Jod keine signifikante Kontrastverstärkung ergibt. Bei Gehalten von 1 % bzw. 10 % sind deutliche Unterschiede erkennbar. Allerdings haben die Röntgenaufnahmen auch gezeigt, dass mit einer konventionellen Graustufenaufnahme eine visuelle Unterscheidung zwischen verschiedenen Kontrastmittelmengen schwierig ist. Bei der Auswertung der Graustufen in Grauwert-Diagrammen sind hingegen sehr deutliche Unterschiede zu sehen. Für eine bessere Visualisierung wurden daher die Graustufen in Falschfarbenstufen umgesetzt.



Bild 1: Öl mit abgestuftem Jodgehalt

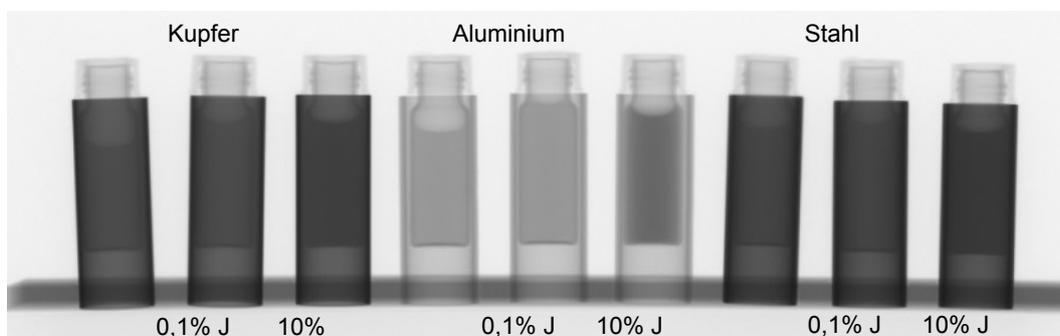


Bild 2: Röntgenbild der Modellkörper mit jodhaltigem Öl

9.7 Latentspeicherverdampfer für den energieangebotsgeführten Betrieb von Kälteanlagen – LaveK

Unter energieangebotsgeführtem Betrieb wird in Bezug auf Kälteanlagen die zeitliche Entkopplung der Bereitstellung eines Kühlpotenzials von der Verfügbarkeit von Elektroenergie verstanden. Herkömmliche Kälteanlagen arbeiten bedarfsgeführt, d.h. sie erzeugen durch eine Temperatursteuerung zu genau dem Zeitpunkt ein Kühlpotenzial, an dem durch ein Ansteigen der Kühlraumtemperatur ein Kühlbedarf signalisiert wird. Dieses Prinzip setzt voraus, dass die antreibende Elektroenergie ständig verfügbar ist. Die Integration eines Kältespeichers in eine Kälteanlage löst diese zeitliche Kopplung auf. Dadurch ist die ständige Verfügbarkeit von Elektroenergie nicht mehr notwendig. Vielmehr kann der Elektroenergieverbrauch dann erfolgen, wenn

- Elektroenergie überhaupt verfügbar ist,
- oder der Verbrauch zu einem bestimmten Zeitpunkt besonders erwünscht ist.

Im Gegenzug ist es möglich, den Bezug von Elektroenergie zu vermeiden, wenn dies aus speziellen Gründen über bestimmte Zeiträume unerwünscht ist. In Verbindung mit einer Einheit zur übergeordneten Steuerung sind LaveK-Systeme in der Lage, signifikante Beiträge zur angestrebten Flexibilisierung der Elektroenergieversorgung zu leisten.

Eine zentral im Rahmen des Projektes zu lösende Teilaufgabe war die Entwicklung einer möglichst auch ohne gespeicherte Elektroenergie regelbaren Einrichtung zur Beeinflussung des Wärmeübergangs zwischen dem Kältespeicher und dem Kühlraum. Während im Kältespeicher, der als Latentspeicher ausgeführt ist, eine im Wesentlichen zeitlich konstante Temperatur vorherrscht, stellt der Kühlraum durch Beladungen und Entnahmen von Kühlgut sowie Türöffnungen veränderliche Kühlleistungsanforderungen. Im Rahmen des Projektes wurden unterschiedliche Verfahren der Wärmeübergangsbeeinflussung zwischen Speicher und Kühlraum konzipiert und verschiedene Ansätze im Experiment getestet. Bei diesen Versuchen hat sich eine Verbindung von Kältespeicher und Kühlraum durch einen regelbaren Thermosiphon als Vorzugsvariante herausgestellt. Geregelt wird der Wärmeübergang durch ein rein thermisch angetriebenes Proportionalventil, das eine Sollvorgabe für die Kühlraumtemperatur durch den Nutzer ermöglicht. Den schematischen Aufbau des entwickelten LaveK-Systems zeigt Bild 1.

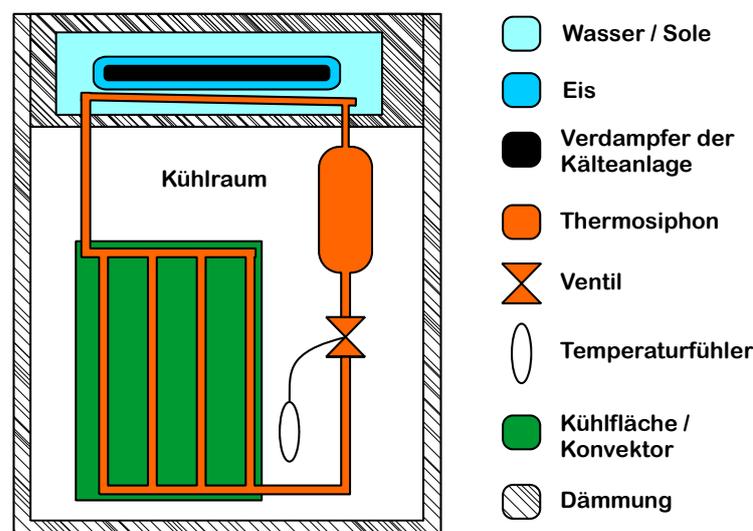


Bild 1: Schematischer Aufbau eines LaveK-Kühlsystems

Im Projektverlauf wurde ein solcher speicherversorgter Kühlraum mit geregelter, einstellbarer Innentemperatur aufgebaut und erfolgreich getestet. An einem Funktionsmuster konnten ausschließlich durch Speicherbetrieb versorgte Kühlzeiten von über 24 h erreicht werden. Das Regelverhalten des integrierten Thermostatventils ist gut: je nach Größe des Wärmeeintrags betrug die Regelabweichung der Kühlraum-Innentemperatur (ohne dämpfend wirkendes Kühlgut) weniger als ± 2 K.

10 Angewandte Energietechnik

10.1 Transporteigenschaften von Eis-Wasser-Gemischen

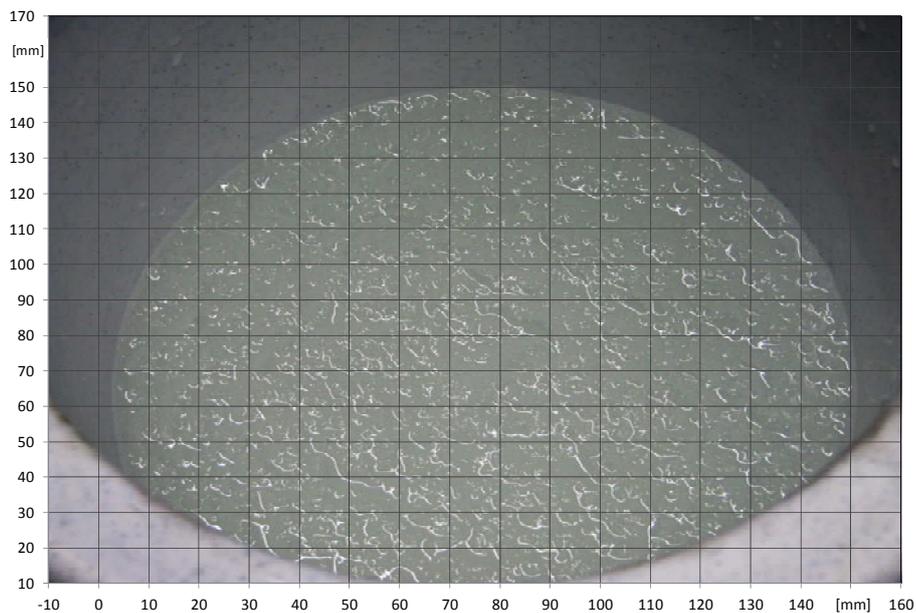


Bild 1: Wasser-Eis-Gemisch im Speicherbehälter

Eine wesentliche Voraussetzung für eine sichere Auslegung von Eisspeicheranlagen mit Vakuum-eis ist die genaue Kenntnis der Transporteigenschaften von Eis-Wasser-Gemischen in Abhängigkeit von Eisgehalt, Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsquerschnitten sowie der Art und der Konzentration des Gefrierpunkt erniedrigenden Additivs. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Eis durch Direktverdampfung von Wasser im Vakuum entsteht. Im Rahmen des Projekts wurden Eis-Wassergemische mit Salzen als Additiv hinsichtlich ihrer rheologischen Eigenschaften vermessen. Die Ergebnisse der Experimente dienen der Berechnung von Widerstandsbeiwert und Druckverlust. Es war zu prüfen, inwieweit bekannte Berechnungsansätze gültig sind. Ein im ILK aufgebauter Eisspeicher mit einer Wasserdampfkältestufe und Direktverdampfung im Vakuum stellt bis zu 6 m^3 Eis-Wassergemisch zur Verfügung. Über einen bestimmten Bereich von Eis-konzentration und Additivkonzentration wurden die Strömungsparameter gemessen.

Innerhalb des Vorhabens wurden vorrangig die Transporteigenschaften von Vakuum-Wasser-Eis-gemischen in geraden Rohren untersucht. Damit konnten wichtige Grundlagen für die technische Anwendung dieser Technologie geschaffen werden. Allerdings besteht noch eine Reihe von Fragestellungen, deren Klärung eine breitere Anwendung des kostengünstigen Phasenwechsel-materials Eis wesentlich befördern würde. Dies sind z. B.:

- Verhalten von Vakuumeis-Wasser-Gemischen in Plattenwärmeübertragern; Einfluss von Verweilzeit bzw. Abschmelzdauer sowie Partikelgrößen,
- Einfluss von Krümmern, Winkeln und Umlenkungen auf das Strömungsbild,
- Einfluss des Salzgehaltes auf die Grenzen der Eisbeladung (Strömungsblockierung); Steigerung der Speicherdichte durch höheren Eisanteil,
- Ermittlung des Umschlagpunktes des Druckverlustes bei steigender Eiskonzentration,
- Optimierung der Direktverdampfung und Untersuchung des Einflusses der Verdampfergestaltung auf die Partikelgrößenverteilung,
- Anpassung von Strömungsmaschinen (Pumpen) für den hydraulischer Transport von Wasser-Eis-Gemischen unter Berücksichtigung der Wechselwirkung Laufrad – Eispartikel,
- Untersuchung des Einflusses der Gestaltung und des Betriebsregimes von Rührwerken zur Vermeidung bzw. Auflösung von Schichtungen im Vakuumeis-Wasser-Speicher

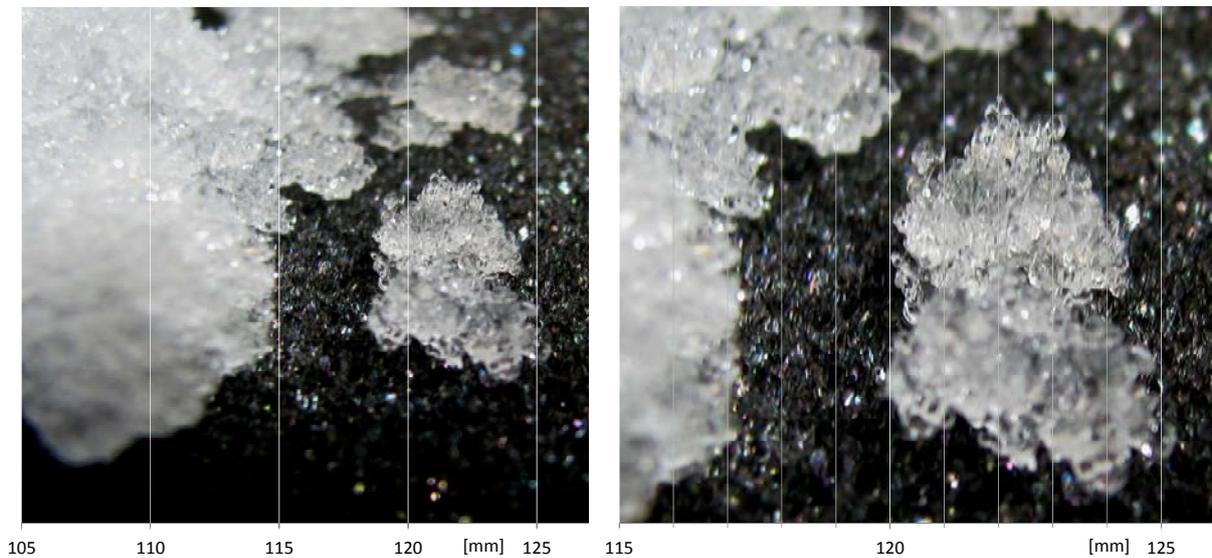


Bild 2: zur Partikelgrößenbestimmung aus dem Wasser-Eis-Gemisch separierte Eiskristalle

10.2 Components for an Optimised Air Cooled Absorption Chiller (COACH)

In diesem Forschungsprojekt sollten neuartige Wärme- und Stoffübertrager für eine neue Generation kompakter, heißwasserbeheizter, direkt luftgekühlter Kleinabsorptionskälteanlagen erprobt werden, die mit Wasser als Kältemittel arbeiten. Durch die Anwendung derartiger Anlagen sollen die Komplexität der Gesamtsysteme zur thermischen Kälteerzeugung (z.B. Solare Kühlung oder KWKK) verringert und der elektrische Hilfsenergiebedarf deutlich gesenkt werden. Eine besondere Herausforderung stellte dabei ein luftgekühlter Absorber mit den Problemen des kombinierten Wärme- und Stoffaustausches dar. Die Wärme- und Stoffübertrager sollen entwickelt und dimensioniert sowie in einer Versuchsanlage untersucht, vermessen und optimiert werden. Die Ziele des Projekts können wie folgt zusammengefasst werden:

- Erfolgreiche Entwicklung und Erprobung von luftgekühlten Komponenten in Absorptionskälteanlagen kleiner Leistung,
- Entwicklung und Erprobung effektiver Wärmeübertrager für die Verwendung als Verdampfer und Generator,
- Entwurf, Aufbau und Erprobung der neuen Komponenten und
- Entwurf, Aufbau sowie Erprobung einer kompletten Versuchsanlage kleiner Leistung.

Die wesentlichen Zielstellungen des Projektes wurden erreicht. Insbesondere wurde ein luftgekühlter Absorber für das Arbeitsstoffpaar Wasser/LiBr entwickelt und erfolgreich erprobt. Auch für die weiteren Komponenten konnten geeignete Lösungen gefunden werden.



Bild 1: Komponenten-Demonstrator einer luftgekühlten Klein-AKM

10.3 Multi-Effekt-Wasserentsalzungsanlage mit Quattro-Effekt für den dezentralen Einsatz



Bild 1: Single-Quattro-MED-Anlage im Labortest

Wasser ist ein wichtiges Lebensmittel. Die Verfügbarkeit über eine minimale Menge sauberen Wassers ist für Teile der Erdbevölkerung nicht gesichert. Folgen des Klimawandels und des Raubbaus an natürlichen Quellen sind, besonders in unterentwickelten Regionen, verantwortlich für den Wassermangel. Sauberes Wasser wird, ebenso wie fossile Energieträger, für große Teile der Weltbevölkerung zum Luxusgut. Damit die notwendige Wasseraufbereitung für große Teile der Weltbevölkerung nicht zusätzliche CO₂-Emissionen verursacht, ist die Entwicklung von Aufbereitungsverfahren, die mit regenerativer Energie oder auf der Basis der Kraft-Wärmekopplung arbeiten, unabdingbar. Für die Befriedigung einfachster Energiebedürfnisse steht in unterentwickelten Regionen im Allgemeinen nur Solarenergie oder Abwärme von dezentralen kleinen Stromerzeugern (Motorgeneratoren) zur Verfügung.

Im Projekt wurde eine Multi-Effekt-Meerwasserentsalzungsanlage entworfen, konstruiert, aufgebaut und im Labor erfolgreich getestet. Im Jahr 2012 wurde das Projekt mit Feldtests abgeschlossen.



Bild 2: Feldtest auf der Insel Helgoland Standort AWI für Meeres- und Polarforschung

Auf der Insel Helgoland erfolgte ein mehrmonatiger Feldtest einer Single-Quattro-MED-Anlage mit einer durchschnittlichen Destillatproduktion zwischen 1 und 1,5 m³/d. Während dieses Feldtests konnten die Funktionsfähigkeit und die Leistungsparameter der Anlage nachgewiesen werden.

10.4 Evaluierung der Chancen und Grenzen von solarer Kühlung im Vergleich zu Referenztechnologien – Analyse von solarthermischer und photovoltaisch gespeister Kälteerzeugung - EvaSolK

Das Vorhaben *EvaSolK* wurde als Verbundprojekt der folgenden Einrichtungen durchgeführt: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg (ISE), Zentrum für Angewandte Energieforschung in Garching (ZAE) und Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden (ILK).

Im Forschungsvorhabens *EvaSolK* wurde untersucht, unter welchen Randbedingungen und in welchen Anwendungsbereichen Perspektiven für solare Kühlung liegen. Dabei wurden solarthermische und solarelektrische Verfahren umfassend gegenüber gestellt. Dies erfolgte durch eine vergleichende Bewertung der unterschiedlichen Techniken zur Kühlung und Klimatisierung hinsichtlich des Primärenergieeinsatzes, der CO₂-Emissionen, der energetischen Effizienz und der Kosten. Zudem wurde qualitativ auf Aspekte der verbleibenden Stromnetzbelastung eingegangen.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der Stand der Technik der konventionellen, elektrisch betriebenen Kompressionskältetechnik. Daher wurden im vom ZAE und ILK vorwiegend bearbeiteten messtechnischen Teil des Vorhabens 8 Anlagen im Leistungsbereich bis 50 kW im realen Betrieb vermessen.

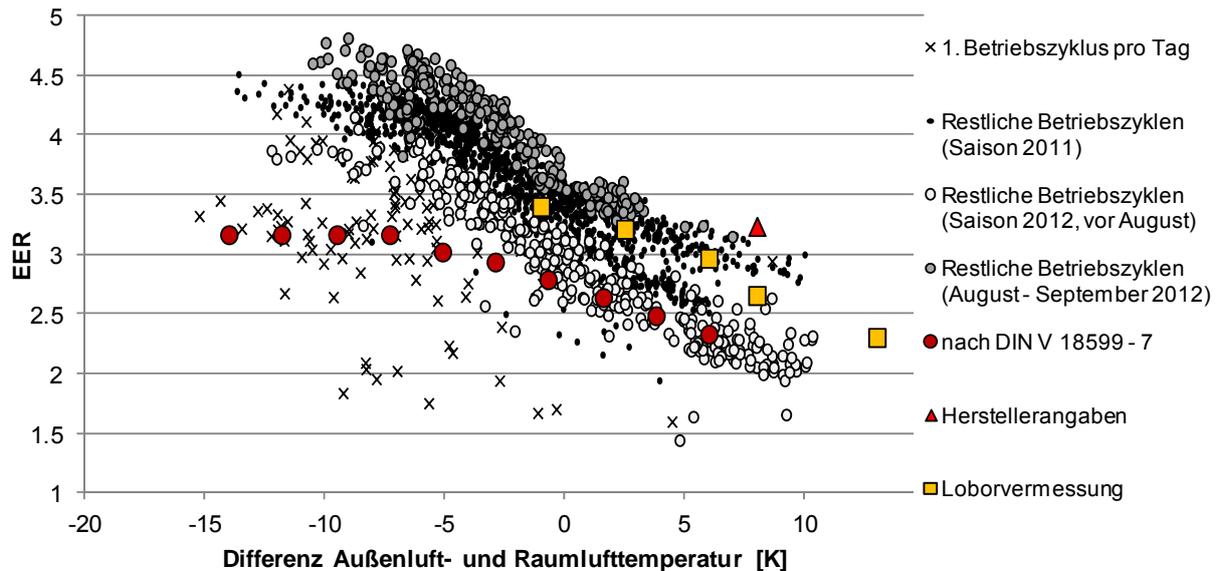


Bild 1: Aus Messungen am Mono-Split Gerät (2,6 kW) resultierende Werte für den EER im Vergleich zu der Kennlinie aus der DIN V 18599 - 7 und den Herstellerangaben (Werte beinhalten den elektrischen Leistungsbedarf des Innengerätes)

11 Konferenzen und Workshops – Cryogenics 2012



Die 12. IIR Konferenz Cryogenics 2012 fand vom 11. - 14.09.2012 erstmalig in Deutschland, in Dresden statt. Gemeinsam mit Partnern aus der Tschechischen Republik (ICARIS und Chart Ferox) hat das ILK Dresden diese internationale Konferenz zur Kryotechnik und Tieftemperaturphysik organisiert und wissenschaftlich gestaltet.

Die Konferenz knüpft an die mehr als 50-jährige Geschichte der Technik und Physik tiefer Temperaturen am Standort Dresden an. Heute ist Dresden eines der wichtigen Zentren für Kryotechnik und Tieftemperaturanwendungen mit einem enormen Zukunftspotential, damit ein gut gewählter Konferenzstandort.

Die Cryogenics 2012 fand ein breites internationales Interesse. Zur Konferenz waren 150 Teilnehmer aus Europa, Amerika, Afrika und Asien angereist. In 12 themenspezifischen Sitzungen wurden 60 Vorträge gehalten. Die Posterpräsentationen, die begleitende Industrieausstellung und die technischen Exkursionen fanden ebenfalls großen Anklang bei den Teilnehmern.



CRYOGENICS 2012

Eröffnungsmeeting - Eröffnung und Einführung: Herzog (ILK, IIR A1 Präsident)

Als lokaler Gastgeber verwies Dr. Ralf Herzog (ILK-Institutsleiter und Präsident der IIR Kommission A1) in seiner Einführung zur Cryogenics 2012 vor allem auf die globalen Herausforderungen für neue Anwendungen der Kryotechnik in den Bereichen der Energietechnik, der Sensortechnik, der Medizin und Biotechnologie sowie der internationalen Großprojekte zur Kernfusion und Partikelphysik. Für die Veranstalter war es wichtig, genau diese neuen Themenstellungen in den Mittelpunkt der Konferenz zu stellen.



Meeting: Dr. Philippe Lebrun (CERN, Schweiz), Dr. Ralf Herzog (ILK), Dr. Vaclav Chrz (Chart Ferox, Tschechische Republik), Prof. Ralph Scurlock (Großbritannien), Didier Coloumb (IIR, Frankreich), *v.l.n.r.*



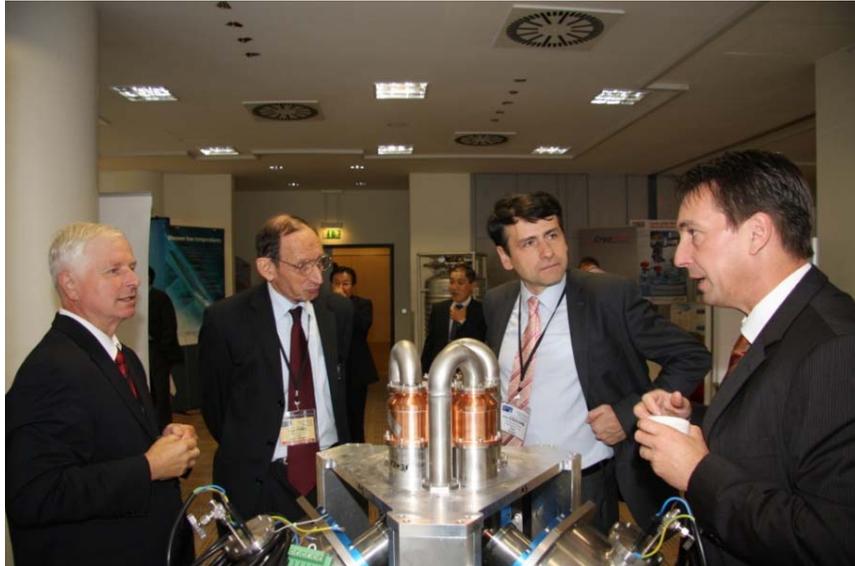
CRYOGENICS 2012 - Industrieausstellung

Besonders herausfordernd für die Supraleitungs- und Kryotechnik sind die neuen internationalen „Mega“-Projekte der Teilchenphysik zur Erforschung der dunklen Materie. Die enormen technischen Anforderungen an die supraleitenden Magnetsysteme und deren kryogene Kühlung zeigten u. a. die Konferenzbeiträge zu den Programmen FAIR in Deutschland, NICA in Russland und ESS in Schweden.

Die Beiträge zu Anwendungen der HTc-Supraleitung in der Energietechnik, wie z.B. für SL-Fehlerstrombegrenzer, sowie zur Entwicklung spezifisch dafür angepasster kryogener Kühltechnik, aber auch die Beiträge zur kryogenen Energiespeicherung und zu kalten Speichersystemen für Kraftstoffe (LNG, H₂) sind sehr interessiert aufgenommen wurden. Der Konferenzbeitrag, Klier et al. vom ILK, mit der Bekanntgabe der erstmalig experimentell erreichten kryogenen H₂-Hochdruckspeicherung im superkritischen Zustand bei ca. 950 bar und einer Speicherdichte von ca. 97kg/m³ war hierbei ein ganz besonderer Höhepunkt.

Beachtung fanden auch die Beiträge zu Anwendungen tiefer Temperaturen in der Biologie (Kryokonservierung) und Medizin (Kryotherapie) sowie die Beiträge zur Technik extrem tiefer Temperaturen mit neuartigen Entwicklungen von mK-Refrigeratoren auf Basis der ³He-⁴He-Lösungskältetechnik, u. a. für Anwendungen in der IR-Bolometrie (Astrophysik).

Weiterhin wurden als Schwerpunkte die Luftzerlegung und Lagerung, die kryogene CO₂-Abscheidung sowie Gewinnung von Edelgasen und das Problemfeld Heliumverknappung behandelt. Insgesamt also ein sehr breites Themenspektrum mit neuen Herausforderungen und neuen Horizonten.



Gespräch am ILK-Ausstellungsstand: Dr. Ralf Herzog (ILK), Dr. Vaclav Chrz (Chart Ferox, Tschechische Republik), Didier Coloumb (IIR, Frankreich), Dr. Jürgen Klier (ILK) *v.l.n.r.*



CRYOGENICS 2012 – Abschluss - Empfang im barocken Dresdner Landhaus

Bemerkenswert auch die vielen jungen Teilnehmer. Somit eine gute Ausgangsposition für die Meisterung der „kryogenen“ Herausforderungen in der Zukunft.

Die 12th Cryogenics 2012 in Dresden wurde somit zu einer äußerst erfolgreichen Konferenz und zu einem bedeutenden IIR-Ereignis. IIR-Direktor, Didier Coulomb, dankte den Veranstaltern und insbesondere dem ILK Dresden als lokalen Gastgeber. Dresden war wie immer eine Reise wert, nicht nur wegen der tiefen Temperaturen.

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, in die Hand zu geben.

Die Berechnung der auf ein Gebäude wirkenden solaren Strahlung wird in der 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 VDI 2078 beschreibt die Berechnung der Kühllast und der Raumtemperatur klimatisierter, aber auch nicht klimatisierter Gebäude. Die Arbeiten zur VDI 2078 konnten im Jahr 2011 abgeschlossen werden. Diese neue Richtlinie weist gegenüber der bisherigen Richtlinie wesentliche Neuerungen auf, 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 Raumlufthtemperatur, operativer (empfundener) Temperatur, Kühllast sowie Heizlast bei Vorgabe der erforderlichen Randbedingungen,
- definierte Randbedingungen für das Außenklima bei der Kühllast- und Raumtemperaturberechnung.

Dass umfangreiche Testbeispiele, deren Eingabedaten und Ergebnisse auf CD erscheinen werden sowie genaue Angaben zur Validierung von Software Bestandteil dieser grundlegenden Richtlinie sind, kennzeichnet eine neue Qualität der Normungsarbeit. Die verbesserte Berechnungsmethodik ist die Grundlage einer energieökonomischen und die Ressourcen schonenden Raumluftechnik. 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, 6007: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden sowie VDI 6020: Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation.

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
- 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.
- HKK Historische Kälte- und Klimatechnik e. V.
- ZVKKW Zentralverband Kälte Klima Wärmepumpen e. V.

International Institute of Refrigeration IIR



Das International Institute of Refrigeration (IIR) ermöglicht als zwischenstaatliche wissenschaftlich-technische Organisation das Bündeln von wissenschaftlichem und industriellem 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. Das ILK arbeitet insbesondere intensiv im Arbeitskreis Energieeffizienz ehrenamtlich mit.

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)



Die VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik ist eine von 12 Fachgesellschaften im Verein Deutscher Ingenieure. Mit ca. 16.000 von 130.000 Mitgliedern des VDI setzt die VDI-GBG insbesondere im Bereich der Technischen Regeln Akzente. Die VDI-GBG 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 war zwischen 2008 und 2011 ehrenamtlicher Vorsitzender der VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik. Gegenwärtig ist er Vorsitzender des Fachbeirates TGA.

Die VDI-Gesellschaft 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 anwendungs-orientierte 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 wissenschaftlichen 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.

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 2012

Seminare / Veranstaltungen / Messen

• Veranstaltungen des DKV-Bezirksverein Sachsen (6) im ILK	01/12 – 12/12
• Durchführung von Kick-off-Meetings im ILK zu bewilligten Forschungsthemen	27.02./28.02.12 10.12./11.12.12
• 11. Symposium „Textile Filter“, Chemnitz	06./07.03.12
• Schulung SolarComputer	18.04.12
• Besuch MinR Thomas Zuleger, BMWi	09.05.12
• Besuch Niederländischer Fernwärmeverein	06.06.12
• AiF-Innovationstag, Berlin	14.06.2012
• FKT – Kolloquium am ILK Dresden	14./15.06.12
• Meeting BMSTU Moskau / JINR Dubna	03.07.12 05.07.12
• IIR/IIF Konferenz: 12 th Cryogenics 2012 in Dresden	10. - 13.09.12
• 12. Überwachungsaudit DIN EN ISO 9001:2008, TÜV Management Süd	04./05.07.2012
• Mitgliederversammlung des Vereins zur Förderung der Luft- und Kältetechnik e. V.	17.09.12
• Messebeteiligung Chillventa	09.10.12
• MIT-Wirtschaftsforum	15.11.12
• DKE VDE DIN-Normensitzung am ILK Dresden	27.11.12
• ILK – Jahresabschlussveranstaltung	14.12.12

Anlagen

Veröffentlichungen

Publikationen

Buschmann, M.

Thermal conductivity and heat transfer of ceramic nanofluids
International Journal of Thermal Sciences 62 (2012) 19-28.
doi:10.1016/j.ijthermalsci.2011.09.019

Feja, St.; Dr. Buschmann, M.

Nanofluids – potentials and illusions
Advanced Computational Methods and Experiments in Heat Transfer XII, 75 (2012) 195-204.

Feja, St.

“Measurement of electrical properties of refrigerants and refrigerant-oil mixtures”,
International Journal of Refrigeration, Volume 35, Issue 5, August 2012,
S. 1367–1371, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2012.03.011

Friebe, Chr.

Strahlpumpe für effiziente Flüssigsorptionsprozesse
KI Kälte Luft Klimatechnik Oktober 2012, S. 18ff

Friebe, Chr.

Strahlpumpe für effiziente Flüssigsorptionsprozesse
19. Innovationstag Mittelstand des BMWi, Berlin

Gruschka, M.; Buschmann, M.

Nanofluid flow in pipes with twisted tape does not show anomalous enhancement of heat transfer
7th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer, 2012, Palermo, Italy

Heidenreich, R.; Frenzel, W.-P.; Rudolph, H. (FILK gGmbH Freiberg); Schmalz, E. (STFI e.V. Chemnitz)

„Beständigkeiten von Hochleistungsfaserstoffen in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen“
Technische Textilien 5/2012, Frankfurt/Main, Seite 187-190

Heidenreich, R.

Personenzertifizierung in der Raumlufthygiene: Fortbildung zum zertifizierten RLQ- Manager.
Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Dresden, 22.-26.10.2012

Heidingsfelder, J.

“Analysis on protein stability in Tris buffered purified bulk solutions during the freezing process”
12th Cryogenics 2012, 14.09.2012

Hempel, O.

„Lagerung gartenbaulicher Produkte“
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft,
ISBN 978-3-941583-62-7, Mitarbeit an der KTBL-Schrift 493, Darmstadt (2012), verschiedene Kapitel

Kade, A.; Kaiser, G.; Klupsch, M.; Schneider, M.; Herzog, R.; Klier, J.
 „Components and Systems for HTS Applications“
 12th Cryogenics 2012, 14.09.2012

Kade, A.; Klier, J.; Kaiser, G.
 „Kryogene Komponenten für die Energietechnik“
 KI – Kälte Luft und Klimatechnik, 12.11.2012

Kaiser, G.
 „Kryoflüssigkeitspumpe mit kaltem Linearantrieb“
 Poster und Exponat auf dem 19. Innovationstag Mittelstand des BMWi Berlin, 14.06.2012

Klier, J.; Kaiser, G.; Klupsch, M.; Kade, A.; Schneider, M.; Rattey, M.; Herzog, R.
 “A new cryogenic high-pressure H2 test area: First results”
 12th Cryogenics 2012, 14.09.2012

Mai, R.
 „Kennwertverfahren nun auch für regenerative Energiequellen“,
 DIE KÄLTE+Klimatechnik, 2012, Heft 02, S. 22ff

Müller, R.; J. Waschull, J.; Ferse, B.
 “Investigation of UHMW-polyethylene as a form stable melting phase change material for thermal energy storage”,
 Vortrag und Paper, 12th International Conference on Energy Storage, Innostock 2012, Lleida (Spain), 16 – 18 May 2012, ISBN: 978-84-938793-4-1

Rosenbaum, H.
 „Membranbasierte Raumklimatisierung – dezentrale sorptionsgestützte Klimatisierung“
 KI Kälte Luft Klimatechnik, Hühig, Heft 04/2012 S.19-21

Safarik, M.; Richter, L.; Albring, P.
 „Komponentenentwicklung und Test einer luftgekühlten Wasser/LiBr Absorptionskältemachine“
 Tagungsbeitrag DKV-Tagung Würzburg, 21.-23.11.2012

Safarik, M.; Wittig, S.; Zachmeier, P.; Wiemken, E.
 Monitoring und Effizienzermittlung von vier Kompressionskältesystemen in unterschiedlichen Anwendungen
 Tagungsbeitrag DKV-Tagung Würzburg, 21.-23.11.2012

Schneider, M.; Arndt, J.; Giesel, J.; Zerweck-Trogisch, U.; Klier, J.; Herzog, R.
 „Compact Dilution Refrigerator for Sensor Cooling“
 12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Waschull, J.
 „Quo vadis Solare Kühlung“ Beitrag zur Expertenumfrage in der KI – Kälte-, Luft-, Klimatechnik 4 / 2012, S. 26 - 29

Vorträge

Birnbaum, T.
 „Thermische Nutzung von Miscanthus“.
 Veranstaltung Miscanthusanbau und Verwertung, Hoyerswerda, 19.04.2012

Birnbaum, T.

„Überblick über Möglichkeiten der Staubabscheidung für kleine und mittlere Feuerungsanlagen“
18. Bioenergietag, Freiberg, 13. - 14.09.2012

Birnbaum, T.

„Thermische Nutzung von festen Brennstoffen“.
Sächsischer Bioenergietag, Markkleeberg, 27.11.2012

Feja, St.

„Kohlenwasserstoffkältemittel – Einfluss von Kohlenwasserstoff-Kältemitteln auf
Kältemaschinenöle“,
Forschungsrat Kältetechnik e.V., Mitgliederversammlung, Fa. TEKA GmbH, Altenstadt,
29.02.2012

Feja, St.; Buschmann, M.

“Nanofluids – potentials and illusions, Proceedings of Advanced Computational Methods and
Experiments in Heat Transfer XII”,
Split, Croatia, 2012, S.195-205, doi: 10.2495/HT120171

Feja, St.; Hammerschmidt, U.

„Möglichkeiten der Wärmeleitfähigkeitsmessung von Kältemitteln und Kältemittel-Öl-Gemischen“,
DKV Deutsche Kälte-Klima Tagung Magdeburg, 21-23.November 2012

Franzke, U.

„Lüftungstechnik im Fokus von Nachhaltigkeit und Energieeffizienz“
Workshop „Fit für die Zukunft“
Fa. rosenberg nord gmbH, Stuhr , 14.02.2012

Franzke, U.

„Klimatechnik“
Vorlesungsreihe an der HTW Dresden
Dresden, März – Juni 2012 (Frühjahrssemester)

Franzke, U.

„Wichtige Technologien im Gebäudebereich und deren Bedeutung für die Umsetzung der
Energieeffizienzziele“
Vortrag YIT „Energieeffizienztag“, Forschungszentrum Aachen , 24.04.2012

Franzke, U.

„Effiziente Bauteileaktivierung – Chancen und Grenzen der Umsetzung“
Planerkongress „Die Energiewende: Herausforderung Gebäudebestand / Planer und Betreiber
im Dialog“ Fa. WILO, Berlin, 14./15.06.2012

Franzke, U.

„Grundlagen, Anforderungen und Ziele der VDI 6022 Blatt 1 `Hygieneanforderungen an RLT-
Anlagen und Geräte“ CCI Schulung „Theorie und Praxis der Richtlinienreihe VDI 6022 und DIN
EN 15780“ Berlin , 19.06.2012

Franzke, U.

„Untersuchungen zum Energieeinsparpotential der Raumluftechnik in Deutschland“ KLIMA- Tag
des FGK „Quo vadis Energiewende? Antworten aus der Raumluftechnik“, München, 21.06.2012

Franzke, U.

„Energetische Inspektion von Klimaanlage nach § 12 EnEV“ Anspruch und Wirklichkeit.
Informationen a d Studie „Untersuchungen zum Energieeinsparpotential der Raumluftechnik in Deutschland“

Workshop zum § 12 der Energieeinsparverordnung „Energetische Inspektion von Klimaanlage“ des FGK / E.ON / BTGA, Düsseldorf, 05.07.2012

Franzke, U.

„VDI 6022 – Hygiene in raumluftechnischen Anlagen“ Wärmetechnische Tagung der TU Chemnitz „Thermodynamik in der Praxis“, Chemnitz, 12.10.2012

Franzke, U.

„Klimatisierung / Kühlung – Techniken und Märkte national und international“ Status Workshop „Solare Kühlung“ PTJülich / Fraunhofer ISE, Berlin, 6.11.2012

Franzke, U.

„Effiziente Bauteileaktivierung – Chancen und Grenzen der Umsetzung“ Planertagung Fa. WILLO (Bildungszentrum) Dortmund , 20.11.2012

Franzke, U.

„Möglichkeiten der Beeinflussung der Raumlufthtemperatur - Simulationsergebnisse“ VDI Expertenforum „Moderne Schulbauten – Investition in die Zukunft unserer Kinder“ Düsseldorf, 28.11.2012

Friebe, Chr.

Herausforderung energieeffiziente Lärmschutztechnologien 16.11.2012, Lärmschutzmesse Dortmund

Friebe, Chr.

Strömungsvisualisierung 10.05.2012, YIT Technikerseminar, Dresden

Friebe, Chr.

Using fluorescent dyes for temperature measurement 6.-07.03.2012, International Conference on Applied Imagebased Measurements 2012, Laupheim Germany

Hackeschmidt, K.

Schallschutzlüfter mit Wärmerückgewinnung 08.02.2012, Flughafen Berlin Schönefeld - AG 2 "Fluglärm" des Dialogforums Airport Berlin Brandenburg

Hackeschmidt, K.

Übungsseminare Strömungslehre 1
April 2012 bis Juli 2012; TU Dresden, Institut für Strömungsmechanik

Dr. Hackeschmidt, K.

Herausforderung energieeffiziente Lärmschutztechnologien
10.10.2012, IHK Berlin, Veranstaltungsreihe „Energie und Umwelt“

Heidenreich, R.

„Reine Luft am Arbeitsplatz – Eine Herausforderung bei Einführung neuer industrieller Bearbeitungsverfahren“. 3. ULT-Symposium, Löbau, 29.03.2012

Heidenreich, R.

„Optimization of bag house filter performance by using fast detection systems“. World Filtration Congress, Graz, 18.04.2012

Heidenreich, R.

„Flue gas cleaning with filter media of high-tech fibres for biomass combustion“.
World Filtration Congress, Graz, 19.04.2012

Heidenreich, R.

„Zeitaufgelöste Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in heißen Abgasen und Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von Filtermaterialien mit dem welas® 3000“.
26. Aerosol Technologie Seminar bei Fa. Palas®, Karlsruhe, 24.09.2012

Heidingsfelder, J.

“Analysis on protein stability in Tris buffered purified bulk solutions during the freezing process”
12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Hempel, O.

„55 Jahre FKT e.V.“.
Forschungsprojekte des ILK in der Kältetechnik“, Dresden, 15.06.2012

Hempel, O.

„Forschungen und Dienstleistungen der Kälte- und Wärmepumpentechnik“
Netzwerk-Dialog OST, TU Dresden, Dresden, 14.03.2012

Hempel, O.

„Kälte- und Wärmepumpentechnik im ILK Dresden“,
Mitgliederversammlung Deutscher Sachverständigen Rat Kälte Klima Wärmepumpen e. V.,
Dresden, 15.03.2012

Kade, A.

„Cryostats and peripheral cryogenic components“
27.04.2012, GSI Darmstadt

Kade, A.

„Cryostats and peripheral cryogenic components“
JINR Dubna, Russland, 04.07.2012

Kade, A.

„Components and Systems for HTS Applications”
12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Krahl, F.; Grimm, U.

“Handling of circuits with counterfeit R134a”
Thermal Management Systems Symposium, Phoenix (USA), 31.10.-01.11.2012

Krahl, F.; Grimm, U.

“Material evaluations with new low GWP Blend Refrigerant AC6”
Thermal Management Systems Symposium, Phoenix (USA), 31.10.-01.11.2012

Kesslau, D.

„Ermittlung der Immissionskonzentrationen auf einer Bauschuttrecyclinganlage einschließlich Nachrechnung nach VDI 3790
Blatt 3“. 5. Kolloquium - BVT/Stand der Technik, bei SAB in Dresden, 22.11.2012

Klier, J.

“Cryogenics and Low Temperature Physics”
JINR Dubna, Russland, 04.07.2012

Krause, R.

Klima am Arbeitsplatz – Erfahrungsaustausch K2 12. - 13.09.2012, IFA, Sankt Augustin

Klier, J.; Kaiser, G.; Klupsch, M.; Kade, A.; Schneider, M.; Rattey, M.; Herzog, R.

“A New Cryogenic High-Pressure H₂ Test Area: First Results”

12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Kuhn, M.; Kaiser, G.;

Dipl.-Ing. (FH) Schildbach, T.; Dipl.-Ing. Schroeder, G.; Dr. Klier, J.; Dr. Herzog, R.

“3-Cycle Pulse Tube Cooler for Cryogenic High-Power Applications”

12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Mai, R.

„Bewertung regenerativer Energiequellen in der Klimakältetechnik“, DKV-Bezirksverein Sachsen Dresden, 23.01.2012

Mai, R.

„Regenerative Energien in der Klimakältetechnik“ FGK-Symposium „Regenerative Energien in der Klimatechnik“, Stuttgart, 23.03.2012

Mai, R.

„Chancen der Energetischen Inspektion von Klimaanlage“ – Vorstellung des BBSR-Forschungsvorhabens Workshop zum § 12 der Energieeinsparverordnung „Energetische Inspektion von Klimaanlage“ des FGK / E.ON / BTGA

Düsseldorf, 05.07.2012

Mai, R.

„Energetische Inspektion von Klimaanlage nach EnEV §12“ BHKS/BTGA-Seminarveranstaltung

München, 09.02.2012; Hamburg, 22.05.2012; Berlin, 20.09.2012; Köln, 15.11.2012

Mai, R.

Vorstellung des Leistungsangebotes des ILK Dresden

Fachstudienreise der Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit „Energieeffizienz und erneuerbare Energien im Bereich Gebäudehülle“

Dresden, 07.12.2012

Reinsch, H.

„Kälteanwendung in der Life Science Forschung: Biomaterialentwicklung und Pharmazeutisches Freezing“

Lehrveranstaltung „Seminar Biotechnologie“, Fakultät Maschinenwesen Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Technische Universität Dresden, 12.11.2012

Seifert, Chr.

Die VDI-Kühllastregeln mit neuem Rechenkern VDI Wissensforum, Stuttgart, 7. März 2012

Seifert, Chr.

Programm W38 - VDI 2078 mit neuem Rechenkern Vertriebsleitertreffen

Fa. Solar-Computer GmbH Göttingen, Göttingen, 18. April 2012

Seifert, Chr.

Die VDI-Kühllastregeln mit neuem Rechenkern Arbeitskreis der Fachhochschuldozenten, Kassel, 20. Juli 2012

Schneider, M.; Arndt, J.; Giesel, J.; Zerweck-Trogisch, U.; Klier, J.; Herzog, R.
 „Compact Dilution Refrigerator for Sensor Cooling“
 12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Spörl, G.; Reinsch, H.; Heidingsfelder, J.
 „Application of low temperatures in Life Sciences“
 12th Cryogenics 2012, Dresden, 14.09.2012

Safarik, M.
 „Neue Entwicklungen zur Kälteerzeugung aus Wärme“
 Institutskolloquium, TU Bergakademie Freiberg, 15.11.2012

Safarik, M.
 4. Internationales Symposium Solares und Erneuerbares Kühlen
 „Application of sorption cooling systems in combination with biogas cogeneration units“
 Internationales Kongresszentrum Stuttgart, 29.03.2012

Safarik, M.;
 „Monitoring und Effizienzermittlung von Kompressionskältesystemen – Technologievergleich solarer Kühlung“
 Vortrag beim DKV-BV Berlin, 04.12.12

Tzscheutschler, A.
 „CO₂-Wärmepumpe zur Trinkwassererwärmung“.
 Deutsche Kälte-Klima-Tagung, Würzburg, 21.-23.11.2012

Waschull, J.
 „Latentwärmespeicher in der Kälte- und Klimatechnik“
 DKV-Bezirksverein Sachsen, Dresden, 27.02.12

Waschull, J.
 „Latentspeicher in der Kälte- und Klimatechnik“
 SAENA-Infotag Effiziente Wärme- und Kältenutzung, Dresden, 09.07.12

Waschull, J.; Henschler W.
 „PV Cooling Applications“,
 Phaesun Off-Grid Experts Workshop 2012, Memmingen (Germany), 05.10.-06.10.2012

Wittig, S.; Safarik, M.
 „Monitoring und Effizienzermittlung von Kompressionskältesystemen – Technologievergleich solarer Kühlung“
 Vortrag beim DKV-BV Sachsen, 03.12.12

Ziller, Falko; Mai, R.
 „Energetische Inspektion von RLT-Anlagen“
 YIT Seminar Garching, 19./20.03.2012 und 27.-29.03.2012

Posterpräsentation

Wittenburg, G.; Petto, C.; Jünger, D.; Nöldner, A.; Spörl, G.; Lauer, G.
 „Evaluation of collagen sponges for the production of oral mucosal grafts in vitro“
 Proceedings 5th Freiberg Collagen Symposium, ISBN: 978-3-00-039421-8, 04.-05.09.2012

Ausgewählte Fachberichte

Kryotechnik und Tieftemperaturphysik

Kade, A.; Kuhn, M.

1. Zwischenbericht - Entwicklung innovativer magnetisch rauscharmer Heliumkryostate
ILK-B-1-12-123

Großmann, B.; Kuhn, M.

2. Zwischenbericht "Wachstumskern POLAR - VP2: LNG-Anlagen- und Tankperipherien"
ILK-B-1-12-125

Spörl, G.

2. Zwischenbericht - "Vitale Kryo-Langzeitlagerung biologischer Gewebe"
ILK-B-1-12-126

Reinsch, H.

2. Zwischenbericht - "Kryogene Prozessierung von Pharmaka und Biomaterialien"
ILK-B-1-12-127

Arndt, J.

1. Zwischenbericht - "Energieeffiziente Kryo-Aufbereitung großer biologischer Massen"
ILK-B-1-12-130

Schneider, M.; Kade, A.

4. Zwischenbericht - Kryogene Hochdruckspeicherung von überkritischem Wasserstoff -
Verfahrens- und Komponentenuntersuchung
ILK-B-1-12-132

Schneider, M.; Arndt, J.; Giesel, J.; Zerweck-Trogisch, U.

1. Zwischenbericht - Kompakte und modulare Kühlsysteme für Temperaturen bis in den
Millikelvin-Bereich
ILK-B-1-12-133

Kuhn, M.; Kaiser, G.

Zwischenbericht – 4-Zyklen Pulse-Tube Kühler
ILK-B-1-12-134

Spörl, G.; Stettin, K.

Durchführung von Kryokonservierungen von Gewebekonstrukten sowie wissenschaftliche
Dokumentation und Be-wertung des Kryoprozesses, Abschlussbericht
ILK-B-1-12-135

Großmann, B.; Spörl, G.

1. Zwischenbericht „Entwicklung eines kryochirurgischen Gerätesystems mit LN2-Versorgung für
die Veterinärmedizin (KryoVet)“ Teilvorhaben: „Entwicklung der kryotechnischen Grundlagen für
die Komponenten des kryochirurgischen Gerätesystems“
ILK-B-1-12-149

Schneider, M.; Zerweck-Trogisch, U.

Analyse der thermischen Ausdehnung verschiedenartiger Gleitlager, Analysis of the thermal
expansion of different types of slide bearings
ILK-B-1-12-153

Kuhn, M.; Kaiser, G.
Schlussbericht 4-Zyklen-Pulse-Tube-Kühler
ILK-B-1-12-157

Spörl, G.
Schlussbericht System zur Kryo-Langzeitlagerung biologischer Gewebe
ILK-B-1-12-163

Kälte- und Wärmepumpentechnik

Müller, M.
Simulation und Optimierung der Klimaanlage Webasto CC4E, Simulation und optimization of ac-plant Webasto CC4E
ILK-B-2-11-1031

Peusch A.
Prüfung an einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nach DIN EN 14511-3:2008-02
ILK-B-2-12-1121

Peusch A.
Untersuchungen eines modifizierten Verdampfers in einer Luft-Wasser Wärmepumpe in Anlehnung an DIN EN 14511-3:2008
ILK-B-2-12-1123

Noack, R.; Illgen, A.
Performance test - Heat Pump for Domestic Hot Water
ILK-B-2-12-1125

Vollmer, D.
2. Zwischenbericht „Studie Kältetechnologien in Deutschland“
ILK-B-2-12-1128

Edler, Chr.
Statusbericht Modul 1 "Energetische Optimierung von Kältegeräten EOK" - Stand 02.02.2012
ILK-B-2-12-1131

Edler, Chr.
Statusbericht Modul 2 "Energetische Optimierung von Kältegeräten EOK" - Stand 02.02.2012
ILK-B-2-12-1132

Hempel, O.; Edler, Chr.
3. Zwischenbericht - Haushaltskältegeräte für das neue Energielabel A-80%
ILK-B-2-12-1133

Hempel, O.; Stangl, R.
3. Zwischenbericht 2011- Mikrowärmetauscher in der Kältetechnik
ILK-B-2-12-1134

Noack, R.
3. Zwischenbericht 2012, VALK-Verfahren zur Abtauminimierung von Luftkühlern
ILK-B-2-12-1135

Edler, Chr.
Ermittlung der Energieaufnahme eines Kühlgerätes der Firma BSH Typ KSR30
ILK-B-2-12-1136

Tietze, D; Hempel, O.
Dichtheits- und Druckprüfung Mikrowärmetauscher
ILK-B-2-12-1138

Edler, Chr.
Ermittlung der Energieaufnahme eines Kühlgerätes der Firma BSH Typ KSR30 mit Wrap-Around-Verdampfer
ILK-B-2-12-1143

Edler, Chr.
Ermittlung der Energieaufnahme eines Kühlgerätes der Firma BSH Typ KSR30 mit gezielter Entfeuchtung
ILK-B-2-12-1144

Edler, Chr.
Betriebsverhalten eines Kühlgerätes
der Firma BSH Typ KSR30
ILK-B-2-12-1145

Hauptmann, J.
Testbericht - Leistungsmessung Frascold D3 15.1 Y 1000
ILK-B-2-12-1147

Hauptmann, J.
Testbericht - Leistungsmessung Bock HGX34e/380-4S
ILK-B-2-12-1149

Illgen, A.; Vollmer, D.; Kleeberg, A.
Füllstand im Sammler - Korrelationen zu anderen Größen - Tageweise Auswertung
ILK-B-2-12-1152

Hauptmann, Jan
Vergleichsmessung Kälteleistung < 3kW Prüfstand 21.05 und 21.03b
ILK-B-2-12-1153

Peusch, A.
Prüfung an einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nach
DIN EN 14511-3:2012-01
ILK-B-2-12-1154

Vollmer, D.
3. Zwischenbericht „Studie Kältetechnologien in Deutschland“
ILK-B-2-12-1156

Hauptmann, Jan
Prüfbericht - Leistungsmessung Bock HGX34P/315-4 mit geregelten Saugventilen, R134a
ILK-B-2-12-1157

Edler, Chr.
Statusbericht Wärmerückgewinnungsmodul
ILK-B-2-12-1158

Hauptmann, J.
Testbericht - Leistungsmessung Dorin H4500CS
ILK-B-2-12-1160

Noack, R.

Untersuchung von Vereisungserscheinungen am Plattenwärmeübertrager Modul 2
ILK-B-2-12-1161

Hauptmann, J.

Testbericht Leistungsmessung Dorin H5000CC
ILK-B-2-12-1164

Vollmer, D.

Thermocoil Selection Program for Heat Exchangers, Version 2.0
ILK-B-2-12-1169

Noack, R.

Untersuchungen einer Klimaanlage (Typ CC4E) - R1234yf-Version, Investigations on an air conditioner (Type CC4E) – R1234yf version
ILK-B-2-12-1170

Hauptmann, J.; Junk, M.; Böhm, M.

Untersuchungen an einem Platten-Wärmeübertrager
ILK-B-2-12-1173

Hauptmann, J.

Testbericht: Verdichterleistungsmessung, Dorin H803CC/FY, R134a
ILK-B-2-12-1174

Hauptmann, J.; Böhm, M.

Untersuchungen an einem Kaltwassersatz
ILK-B-2-12-1181

Hauptmann, J.

Testbericht Leistungsmessung Dorin H3500CS
ILK-B-2-12-1182

Hauptmann, J.

Testbericht Verdichterleistungsmessung, Bock HGX34e/315-2 AFV, R134a, Test Report Compressor Performance Test, Bock HGX34e/315-2 AFV, R134a
ILK-B-2-12-1185

Peusch, A.

Baureihenprüfung Sole-Wasser Wärmepumpen KSEA-Serie mit internen Kreislaufpumpen – ITEC GmbH, model range testing of Brine-Water Heat pump
ILK-B-2-12-1186

Peusch, A.

Baureihenprüfung Wasser-Wasser Wärmepumpen KWEA-Serie mit internen Kreislaufpumpen – ITEC GmbH, model range testing of Brine-Water Heat pump
ILK-B-2-12-1187

Peusch, A.

Baureihenprüfung Sole-Wasser Wärmepumpen KSEA-Serie ohne internen Kreislaufpumpen – ITEC GmbH
ILK-B-2-12-1188

Peusch, A.

Baureihenprüfung Wasser-Wasser Wärmepumpen KWEA-Serie ohne internen Kreislaufpumpen – ITEC GmbH, model range testing of water-water Heat pump
ILK-B-2-12-1189

Hauptmann, J.

Testbericht Verdichterleistungsmessung, Highly BSD104DV-P3BG, R134a, Test Report
Compressor Performance Test, Highly BSD104DV-P3BG, R134a
ILK-B-2-12-1191

Vollmers, D.

Update SOLKANE-Programm für Kältemittelstoffdaten, Version 8.0 (Änderungsprotokoll)
ILK-B-2-12-1193

Tzscheutschler, A.

Konzeption einer Versuchsanlage im ILK
ILK-B-2-12-1194

Hempel, O.; Böhm, M.

Beurteilung des Zustandes von Kälteanlagen
ILK-B-2-12-1199

Noack, R.

Untersuchungen an einer Luft- Wasser Wärmepumpe Daikin Altherma nach EN 14511-3:2012-01, Heat Pump Performance Test according EN 14511-3:2012-01
ILK-B-2-12-1200

Noack, R.

Untersuchungen an einer Luft- Wasser Wärmepumpe Solarbayer (modifizierte Daikin Altherma) nach EN 14511
ILK-B-2-12-1201

Noack, R.

Untersuchungen an einer Luft- Wasser Wärmepumpe Solarbayer mit Speicher (modifizierte Daikin Altherma), Heat Pump Performance Test according EN 14511-3:2012-01
ILK-B-2-12-1202

Stangl, R.; Hempel, O.; Ullmann, F.; Braumöller, J.

Mikrowärmetauscher, ILK, komplett, Micro heat exchangers, ILK, completely
ILK-B-2-12-1204

Noack, R.

4. Zwischenbericht 2012 VALK-Verfahren zur Abtauminimierung von Luftkühlern, Methods to minimize defrosting at air coolers – 4st Progress Report 2012
ILK-B-2-12-1205

Edler, Chr.

Ermittlung der Energieaufnahme eines Kühlgerätes der Firma BSH Typ KSR30 ohne Lüfter, Determination of energy consumption of a fridge KSR30 without fan
ILK-B-2-12-1207

Hauptmann, J.

Testbericht Verdichterleistungsmessung, Dorin H805CC/FY, R134a, Test Report Compressor Performance Test, Dorin H805CC/FY, R134a
ILK-B-2-12-1208

Hauptmann, J.
 Testbericht Verdichterleistungsmessung, Bock HGX34e/315-2 SAFV, R134a, Test Report
 Compressor Performance Test, Bock HGX34e/315-2 SAFV, R134a
 ILK-B-2-12-1209

Hauptmann, J.
 Testbericht Leistungsmessung Danfoss MTZ100 HS4VE
 ILK-B-2-12-1214

Paatzsch, R.
 Betriebsanleitung Kältemengenzähler KMZ 03 – 12 – 005
 ILK-B-2-12-1216

Peusch, A.
 Untersuchungen an einer Sole-Wasser Wärmepumpe (SWM - I - 11,6 WBH) ohne internen
 Kreislaufpumpen
 ILK-B-2-12-1217

Noack, R.; Edler, Chr.
 1. Zwischenbericht 2012 Entwicklung innovativer Wärmeübertrager –Module zur effizienten
 Wärmerückgewinnung – WRG-Modul
 ILK-B-2-12-1218

Peusch, A.
 Baureihenprüfung Sole-Wasser Wärmepumpen SWM-Serie – Wätas GmbH
 ILK-B-2-12-1223

Luft- und Klimatechnik

Bereich Klimatechnik

Krause, R.
 Bestimmung der Partikelreduktion durch Tropfenabscheider im Ansaugkanal
 ILK-B-31-12-3715

Franzke, U.
 1. Zwischenbericht Hochleistungswärmerohr zur Außenluftaufbereitung
 ILK-B-31-12-3726

Krause, R.; Schubert, F.; Friebe, Chr.
 Volumenstrom- Monitoring- System für die Inbetriebnahme der Entrauchungsanlagen am
 Flughafen BBI
 ILK-B-31-12-3727

Friebe, Chr.
 4. Zwischenbericht Konvektion in Industriehallen
 ILK-B-31-12-3728

Krause, R.; Schubert, F.
 Thermografieuntersuchungen zur Kondensatbildung im Innenraum von Geschirrspülern
 ILK-B-31-12-3729

Hackeschmidt, K.; Ziller, F.
 Untersuchungen zur Dichtheit der Gebäude 41 und 48 des Friedrich-Loeffler-Instituts auf der
 Insel Riems
 ILK-B-31-12-3730

Krause, R.

1. Zwischenbericht - Smart Metering für HLK - Intelligenter Raumenergiemanager
ILK-B-31-12-3731

Ziller, F.; Schubert, F.

Untersuchungen zur Raumströmung mittels Spurengasmesstechnik
ILK-B-31-12-3733

Buschmann, M. H.

2. Zwischenbericht, Innovative Untersuchungen zu Kondensation in der Klimatechnik
ILK-B-31-12-3734

Feja, St.; Buschmann, M. H.

Nanofluids - Potential and Illusions
ILK-B-31-12-3739

Berger, M.; Preibisch, St.; Friebe, Chr.

Auswertung und Optimierung der Lüftung für Vorbereitungsarbeiten am Fusionsreaktor
Wendelstein 7-X
ILK-B-31-12-3743

Hackeschmidt, K.; Friebe, Chr.

Untersuchungen zur Brandlöschsimulation in Laborräumen des FLI Riems
ILK-B-31-12-3744

Döge, S.; Friebe, Chr.

Strömungsvisualisierung in einem Call-Center der Deutschen Telekom/Dresden Drescherhäuser
ILK-B-31-12-3745

Preibisch, St.; Friebe, Chr.

Optimierung der Belüftung für die Plasmakammer-Module - -Strömungssimulation zweier
zusammenhängender Module des Plasmagefäßes
ILK-B-31-12-3754

Franzke, U.; Ehle, A.; Preibisch, St.

Strömungssimulationen der Agora im Stadtschloss Berlin für den Veranstaltungsfall
ILK-B-31-12-3755

Krause, R.; Peusch, A.

Ermittlung der Geräuschemission und Möglichkeiten zur Lärminderung bei Luft-Wasser-
Wärmepumpen - 2. Zwischenbericht
ILK-B-31-12-3756

Döge, S.; Feja, S.; Germanus, J.; Friebe, Chr.

Leistungsmessungen und Funktionsprüfungen an neu entwickelten Sorptionsflüssigkeiten
einschließlich eines Verteilsystems
ILK-B-31-12-3760

Ritscher, U.; Ziller, F.

Analyse und Bewertung der Außenluft- und Fortlufterschließung für das Mensa- und
Hörsaalgebäude, 1. und 2. BA der Universität Leipzig – Campus Augustusplatz
ILK-B-31-12-3761

Hackeschmidt, K.; Friebe, Chr.; Rosenbaum, H. ; Schubert, F.

Messungen zur Brandlöschsimulation in Laborräumen des FLI Riems
ILK-B-31-12-3762

Rosenbaum, H.
Thermische Simulationen zum Anforderungsprofil eines hygrisch aktiven Luftherhitzers
ILK-B-31-12-3763

Franzke, U.
Bewertung der Energiekostenverteilung eines VRF-Klimasystems
ILK-B-31-12-3764

Hackeschmidt, K.; Buschmann, M.; Ehle, A.; Friebe, C.
Zwischenbericht Untersuchungen an innovativen Systemen zur Leistungssteigerung von
Rohrbündelwärmeübertragern
ILK-B-31-12-3765

Friebe, Chr.; Döge, S.
Strömungsvisualisierung im Reinraum der Firma Mibe/ Brehna
ILK-B-31-12-3769

Krause, R.; Schubert, F.
Akustikprüfungen von Ventilatorbaureihen - Gehäuseschalleistungspegel
ILK-B-31-12-3771

Ziller, F.
Messung des Erfassungswirkungsgrades einer Absaugeinrichtung für Straßenbaumaschinen mit
dem Tracergasverfahren
ILK-B-31-12-3774

Mai, R.
Chancen der Energetischen Inspektion für Gesetzgeber, Anlagenbetreiber und die Branche
ILK-B-31-12-3780

Hackeschmidt, K.
Abschlussbericht Entwicklung einer Turbomaschineneinheit für eine CO₂-Wärmepumpe
ILK-B-31-12-3781

Krause, R.
Lebensdauerprüfstand für Ventilatorräder
ILK-B-31-12-3784

Krause, R.; Peusch, A.
Ermittlung der Geräuschemission und Möglichkeiten zur Lärminderung bei Luft-Wasser-
Wärmepumpen
ILK-B-31-12-3786

Krause, R.
Akustikmessung an einer Windturbine
ILK-B-31-12-3789

Hackeschmidt, K.; Friebe Chr.
Untersuchungen an Wärmeübertragerkonzepten für Schallschutzlüfter
ILK-B-31-12-3791

Luft- und Klimatechnik

Bereich Luftreinhaltung

Heidenreich R.; Holfeld, St.

Untersuchungen zum Abscheidegrad von Kabinenfilterelementen gegenüber DEHS-Aerosol mittels Scan-Methode

ILK-B-33-12-1652

Blei, St.; Heidenreich, R.

Entwicklung eines Verfahrens zum simultanen Vergleich von Filtern

Abschlussbericht, ILK-B-33-12-1653

Heidenreich, R.; Berger, M.

Entwicklung eines modular aufgebauten Abscheidersystems für Funken und Partikel zur Minimierung der Zündenergie

ILK-B-33-12-1654

Heidenreich, R.; Holfeld, St.

Prüfung von Kabinenfilterelementen nach DIN EN 15695-2

ILK-B-33-12-1655

Dipl.- Ing. D. Keßlau

Prüfung einer Staubabsaugung vom Typ DS-Airmax 800 der Fa. Studio Tec entsprechend DIN EN 60335-2-69

ILK-B-33-11-1657

Birnbaum, T.

Begutachtung von reinraumtechnischen Anlagen

ILK-B-33-11-1658

Heidenreich, R.; Holfeld, St.

Untersuchungen zur Aerosol- und Staubabscheidung von Filterelementen unter besonderen Prüfbedingungen

ILK-B-33-11-1660

Birnbaum, T.

Erweiterung des Parameterumfangs zur Emissionsermittlung

ILK-B-33-12-1661

Frenzel, W.-P.; Böhme, A.; Birnbaum, T.

Filtertechnische Untersuchungen an einem Filtermaterial und Staubanalyse einer Flugasche

ILK-B-33-12-1662

Keßlau, D.

Untersuchungen an einem Nockenwellenabscheider - Einfluss der Anzahl von Impaktionsscheiben

ILK-B-33-12-1664

Blei, St; Herrmann, St.

Ermittlung des Druckdifferenz- und Wirkungsgradverhaltens sowie der Staubspeicherkapazität von Luftfiltern in Anlehnung an die Prüfnormen EN779 und Ashrae 52.2

ILK-B-33-12-1665

Böhme, A.; Heidenreich R.

Charakterisierung der Abluftzusammensetzung an einer Anlage zur Oberflächenbehandlung von PP

ILK-B-33-12-1666

Heidenreich, R.; Berger, M. Birnbaum, T.

Modellverbrennungsanlage zur Untersuchung und Bewertung feuerungstechnischer Eigenschaften variabler, biogener Brennstoffe, 1. Zwischenbericht 2012

ILK-B-33-12-1668

Blei, St.; Herrmann, St.

Ermittlung des Druckdifferenz- und Wirkungsgradverhaltens sowie der Staubspeicherkapazität eines Luftfilters in Anlehnung an die Prüfnormen EN779

ILK-B-33-12-1669

Heidenreich, R.; Frenzel, W.-P.; Böhme, A.

Neue Filtermaterialien - 3. Zwischenbericht

ILK-B-33-12-1673

Birnbaum, T.

Lufthygienische Begutachtung und Schadstoffmonitoring eines Produktionsraums

ILK-B-33-12-1675

Heidenreich, R.; Blei, St.

Studie zur effizienten Zuluftfiltration für die Fertigungsstätten der Motor- und Getriebefertigung - Arbeitspaket 1: Darstellung von Normen und Vorgaben

ILK-B-33-12-1676

Blei, St.; Birnbaum, T.

Schadstoffmonitoring luftgetragener Stäube

ILK-B-33-12-1677

Birnbaum, T.

Untersuchungen des Emissionsverhaltens von Versuchsständen zum Brandverhalten als Grundlage zur Planung der Abluftbehandlung der betreffenden Brandlabore

ILK-B-33-12-1678

Heidenreich, R.; Holfeld, St.

Testing Compressed Air Filter for Particle Separation Efficiencies

ILK-B-33-12-1679

Blei, St., Schmidt

Bestimmung der Konzentration feiner und ultrafeiner Stäube an einer Laser-Arbeitsmaschine

ILK-B-33-12-1680

Heidenreich, R.; Holfeld, St.

Prüfung von Kabinenfilterelementen nach DIN EN 15695-2

ILK-B-33-12-1681

Birnbaum, T.

Untersuchung von

SO₂ – Schadgaskonzentrationen in Abluftströmen einer Oxidationsanlage

ILK-B-33-12-1682

Heidenreich, R.; Holfeld, St.
Gießereiabscheider - Industrieerprobung
ILK-B-33-12-1684

Heidenreich, R.; Holfeld, St.
Überarbeitung Entwurf und Weiterführung der Industrieerprobung
ILK-B-33-12-1685

Heidenreich, R.; Böhme, A.
Untersuchung zur Lagestabilität von Vegetationsmatten
ILK-B-33-12-1687

Keßlau, D.; Heidenreich, R.
Neuartige Abscheideverfahren für Schadstoff- Emissionen bei der Materialbearbeitung mittels Lasertechnik – Asemlas
ILK-B-33-12-1690

Heidenreich, R.
Expositionsmessungen im Bereich Digitaldruck
ILK-B-33-12-1691

Heidenreich, R.; Frenzel W.-P.; Böhme, A.; Blei, St.
Energieökonomische und emissionsminimierte Filternde Abscheider
ILK-B-33-12-1693

Heidenreich, R.; Holfeld, St.
Trennmittelabscheider für Giessereimaschinen
ILK-B-33-12-1694

Heidenreich, R.; Berger, M.; Holfeld, St.; Kesslau, D.
Entwurf, Realisierung und Test eines Labor- Abscheiders
ILK-B-33-12-1695

Heidenreich, R.; Holfeld, St.
Testing compressed air filter for oil mist removal efficiencies
ILK-B-33-12-1698

Heidenreich, R.; Berger, M.; Holfeld, St.; Kesslau, D.
Applikationsverhalten von Funkendetektoren für Atex-Trommelfilter
ILK-B-33-12-1702

Heidenreich, R.; Holfeld, St.
Prüfung von Kabinenfilterelementen nach DIN EN 15695-2
ILK-B-33-12-1703

Heidenreich, R.; Berger, M.; Holfeld, St.; Kesslau, D.
Regenerierungsverhalten bestaubter Filtermaterialien durch Absaugung am Labor- Abscheiders
ILK-B-33-12-1705

Dr. Frenzel, W.-P.
Industriemessungen zur Rauchgasfilterung nach einem Biomassekessel mit Holzpelletfeuerung
ILK-B-33-12-1713

Dr. Frenzel, W.-P.; Böhme, A.; Herrmann, St.; Heidenreich, R.
Technische Unterstützung beim Ersteinatz des Raumklimagerätes „Airflower“
ILK-B-33-12-1714

Birnbaum, T.
Untersuchung von Gesamt-C- Konzentrationen in Prozessabluftanlagen
ILK-B-33-12-1718

Heidenreich, R.
Bestimmung der Konzentration von Sprengölen in Versuchsbehältern
ILK-B-33-12-1720

Keßlau, D.
Ultrakurzpuls laser - Charakterisierung der Partikelphase
ILK-B-33-12-1721

Frenzel, W.-P.; Böhme, A.; Heidenreich, R.; Herrmann, St.
Neue Filtermaterialien zur Emissionsminderung – Abschlussbericht
ILK-B-33-12-1722

Blei, St.; Friebe, Chr., Hackeschmidt, K.; Schubert, F.
Rating test of a dehumidifier with electrical driven compressors acc. to standard EN810
ILK-B-33-12-1728

Holfeld, St.
Applikationstest des Prüfstandes AFC 133 für abreinigbare Filter
ILK-B-33-12-1732

Heidenreich, R.
Untersuchungen zur Luftreinigungen mittels UV- Licht
ILK-B-33-12-1741-Entwurf

Angewandte Neue Technologien

Germanus, J.
Kohlendioxid als Kältemittel für Laborkühlgeräte
ILK-B-4-12-2926

Leupolt, H.
1. Zwischenbericht Entwicklung effizienter Prüfverfahren für Komponenten neuer Low-GWP-
Hermetikverdichter
ILK-B-4-12-2986

Waschull, J.; Müller, R.; Hille, C.; Herschier, W.
2. Zwischenbericht zum Forschungsthema Latentspeicherverdampfer (Lavek)
ILK-B-4-12-2987

Junk, M.
Bildgebende Verfahren zur Stoffstromerfassung in Kälteanlagen - 1.Zwischenbericht zum FuE-
Vorhaben
ILK-B-4-12-2991

Grimm, U.
Zwischenbericht "Entwicklung eines nachrüstbaren Universal-Thermalelements für
Photovoltaikmodule"
ILK-B-4-12-2992

Krusche, J.
Prüfleck für brennbare Kältemittel Zwischenbericht
ILK-B-4-12-2993

Rittsche, A.
Optoelektronischer Feuchteindikator für Kälteanlagen, Abschlussbericht
ILK-B-4-12-3008

Feja, St.
Transporteigenschaften ökoeffizienter Kältemittel-Öl-Gemische
Müller, Y.
Werkstoffverhalten unter CO₂-Bedingungen von Kälteanlagen
ILK-B-4-12-3030

Schnerr, T.
Entwicklung und Erprobung neuer energieeffizienter und mobiler Kleinkompaktkältesysteme mit neuen umweltfreundlichen Low-GWP-Kältemitteln
ILK-B-4-12-3036

Braumöller, J.
Verbesserte integrale Dichtheitsprüfung von Kälteanlagen
ILK-B-4-12-3050

Schumann, B.; Feja, St.
Übersicht über Methoden zur Bestimmung von Transporteigenschaften ökoeffizienter Kältemittel sowie deren Kältemittel-Öl-Gemische in Kompressionskältemaschinen
ILK-B-4-12-3064

Feja, St., Ekkehard von der Waydrink, Rhode, St.
Aufbau und Evaluierung angepasster Mess- und Versuchsaufbauten für die Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Kältemitteln, Ölen und ihren Gemischen
ILK-B-4-12-3065

Feja, St., Rhode, St., Piechotta, M.
Untersuchung der elektrischen Transporteigenschaften ausgewählter Kältemittel-Öl Systeme
ILK-B-4-12-3067

Junk, M.
Bildgebende Verfahren zur Stoffstromerfassung in Kälteanlagen – 2. Zwischenbericht zum FuE-Vorhaben
ILK-B-4-12-3069

Feja, St.; Rhode, St.; Hartmann, H.
Aufbau der Evaluierung von angepassten Messeinrichtungen für die Bestimmung thermischer Eigenschaften von Kältemittel-Öl Systemen
ILK-B-4-12-3074

Feja, St.; Hartmann, H.;
Messung der thermischen Eigenschaften von Kältemittel-Öl Systemen
ILK-B-4-12-3079

Feja, St.; Schuhmann, B.; Germanus, J.; Junk, M.; Menschel, D.; Guhlemann, T.; Leupolt, H.; Tahn, A.; Russek, L.; Schmidt, B.; Künanz, R.
Transporteigenschaften ökoeffizienter Kältemittel-Öl-Gemisch
ILK-B-4-12-3080

Angewandte Energietechnik

Schoepe, F.

Vorbereitung der Leistungsmessung des R718-KWS AquaQuantum im ILK, Stand 13.01.2012
ILK-B-5-12-0143

Burandt, B.

Zwischenbericht I, Multi-Effekt-Wasserentsalzungsanlage mit Quattro-Effekt für den dezentralen Einsatz
ILK-B-5-12-0145

Richter, L.

Strukturierte WÜ-Oberflächen für Absorptionskälteanlagen (STROBA) Zwischenbericht
01.11.2011 – 31.12.2011
ILK-B-5-12-0147

Sauer, St.

MSR-Konzept für den Prüfstand zur Leistungsvermessung eines R718- KWS
ILK-B-5-12-0148

Richter, L.

Zwischenbericht II 2011 - Komponentenentwicklung für eine hocheffiziente dezentrale solarunterstützte KWKK
ILK-B-5-12-0149

Sauer, St.

MSR - Versuchsanlage MED-Double-Quattro
ILK-B-5-12-0150

Sauer, St.

Steuerung einer NCG-Absaugung mittels Delphinmodulen in einer Multieffekt-Destillationsanlage
ILK-B-5-12-0151

Heinrich, C.

Dokumentation: Verflüssigermodell – Detaillierung vorhandener und Integration zusätzlicher physikalischer Effekte
ILK-B-5-12-0152

Schoepe, F.

Vorbereitung der Leistungsmessung des R718-KWS AquaQuantum im ILK, Stand 28.02.2012
ILK-B-5-12-0153

Safarik, M., Dr.

COACH (Components for an Optimised Air Cooled Absorption Chiller) - Zwischenbericht 3
ILK-B-5-12-0154

Trommler, G.; Sauer, St.; Honke, M.

Kalibrierung eines Rohrviskosimeters zur experimentellen Untersuchung der Stoff- und Transporteigenschaften von Vakuumeis mit dem Additiv Meersalz
ILK-B-5-12-0157

Schröter, M.

Simulation einer Multi-Effekt-Destillationsanlage mit Quattro-Effekt-Plattenwärmeübertragern
ILK-B-5-12-0158

Sauer, St.

Versuchsstand-Dokumentation MSR Vakuum-Eis-Speicher-System am ILK
ILK-B-5-12-0160

Albring, P.

Anlagenkennlinie und Verdichterkennlinie in Vakuumeisern
ILK-B-5-12-0161

Schoepe, F.

Vorbereitung der Leistungsmessung des R718-KWS AquaQuantum im ILK, Stand 11.04.2012
ILK-B-5-12-0163

Sablowski, J.

Untersuchungen an einer DOUBLE-QUATTRO-MED-Anlage
ILK-B-5-12-0165

Schoepe, F.

Vorbereitung der Leistungsmessung des R718-KWS AquaQuantum im ILK, Arbeitsbericht April
2012
ILK-B-5-12-0166

Heinrich, C.; Trommler, G.

Analyse des 500 kW-Kaltwassererzeugers bei GSK hinsichtlich des vorliegenden
Leistungsdefizits
ILK-B-5-12-0168

Schoepe, F.

Vorbereitung der Leistungsmessung des R718-KWS AquaQuantum im ILK, Arbeitsbericht Mai
2012
ILK-B-5-12-0171

Heinrich C.; Wittig, S.; Dr. Albring P.

2. Zwischenbericht UBA: Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen
Gebäudeklimatisierung und Industriekälte - Simulationsergebnisse und Diskussion
Variantenvergleich AP3
ILK-B-5-12-0172

Dr. Albring, P.

Fortschrittsbericht R718 KWS Erprobung Arbeitsstand Juni 2012
ILK-B-5-12-0174

Richter, L.; Dr. Lehr, St.

Potentialstudie zur Kühlung von Beton-Anmachwasser unter Einbeziehung der
Abwärmenutzung eines Gas-BHKW
ILK-B-5-12-0175

Richter, L.; Lehr, St.

Darstellung der Zwischenergebnisse der Messung zur Kälteerzeugung Sommertag und
Analyseder Rechnerraumbedingungen im Telekom-Rechenzentrum Magdeburg
ILK-B-5-12-0177

Richter, L.; Dr. Lehr, St.

Abschlussbericht – Zusammenfassung der Ergebnisse PuE-Kennzahlreduzierung Telekom-
Rechenzentrum Magdeburg
ILK-B-5-12-0178

Heinrich, C.

Prüfstandskonzeption: Eisbildung bei Verrieselung im Vakuum -Untersuchung am Einzeltropfen
ILK-B-5-12-0183

Albring, P.

Planung einer neuen Prüfeinrichtung für Wasserdampf Turboverdichter
ILK-B-5-12-0185

Richter, L.; Safarik, M.

COACh (Components for an Optimised Air Cooled Absorption Chiller) - Abschlussbericht MF
Projekt
ILK-B-5-12-0189

Richter, L.; Safarik, M.

COACh (Components for an Optimised Air Cooled Absorption Chiller) - interner
(abschließender) Projektbericht
ILK-B-5-12-0197