



FORSCHUNGSBERICHT **2021**

*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



INHALT

VORWORT

- 6 Perspektiven schaffen
Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke

EINBLICKE IN FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



KRYOTECHNIK UND TIEFTEMPERATURPHYSIK

- 13 Was hält die Welt im Innersten zusammen?
- 16 I2S3 — Intelligente innovative Stromversorgung
- 18 Methquest — Erzeugung und Einsatz von Methan aus erneuerbaren Quellen
- 20 Sequenzielles Gaspermeationsprüfsystem für Kryo-Röhrchen
- 22 4zWKM — 4-zyklische Stirling-Wärme­kraftmaschine
- 24 Innovatives Neon-Kryosystem zur Kühlung im Temperaturbereich von 30 K

KÄLTE- UND WÄRMEPUMPENTECHNIK

- 27 Herausforderung Energiewende
- 30 Füllmengenreduzierung
- 32 KETEC — neue Forschungsplattform der Kälte- und Energietechnik
- 34 Optische Ölstandsüberwachung für Kältemittelverdichter (OPAL)
- 36 Entwicklung eines Sublimations-Wärme­übertragers für Tieftemperatur-Kühlung

WISSENSWERTES

- 87 Unsere Infrastruktur — Beste Voraussetzungen für Ihr Projekt
- 97 Human Resources — Unser wichtigstes Kapital
- 100 Forschungsnetzwerk — Mit starken Partnern Seite an Seite
- 102 Wissenstransfer
- 108 Chronik — Das Jahr 2021
- 118 Organisation des ILK Dresden



LUFT- UND KLIMATECHNIK

- 39 Lebensmittel #1 — gute und saubere Luft!
- 42 Kühlung mit Flüssigmetallen
- 44 Lüftung in Schulen
- 46 Effizienzmessung von Filtermedien für Mund-Nase-Masken (DIN EN 149)
- 48 Industrie-4.0.-Membran | i-MWÜ4.0
- 50 Simulationen für besondere Kulturschätze im Humboldt Forum

ANGEWANDTE WERKSTOFFTECHNIK

- 53 Unsere Erde sinnvoll und effizient nutzen
- 56 Elektrochemische Dekontamination von leitfähigen Oberflächen
- 58 Initiierung eines Lithiumkreislaufes
- 60 Hybrid-Fluid für CO₂-Sublimations-Kältekreislauf
- 62 Neuartige Sperrschichten zur Verminderung der R744-Permeation
- 64 In-Situ-Untersuchungen zum Quellverhalten von Polymerwerkstoffen
- 66 Korrosionsinhibitor für Ammoniak-Absorptionsanlagen
- 68 Glyksens
- 70 Neue Wege im medizinischen Wassermanagement

ANGEWANDTE ENERGIETECHNIK

- 73 Wie heizen wir unsere Häuser ohne fossile Brennstoffe?
- 76 Subatmosphärische Ein- und Zweiphasenkühlung von Rechenzentren mit Wasser
- 78 KristOut — Kristallisationsvermeidung in Absorptionskälteanlagen
- 80 AQVA HEAT — Gewässer als leistungsfähige Wärmequelle
- 82 Pumpfähiges Eis — effizient, leistungsfähig und flexibel
- 84 Grundlagen Flüssigeis

Miteinander forschen

Wirtschaft stärken

Perspektiven schaffen



PERSPEKTIVEN SCHAFFEN MIT VERANTWORTUNG UND BEGEISTERUNG

PROF. DR.-ING. UWE FRANZKE GESCHÄFTSFÜHRER 

ALS UNABHÄNGIGE, GEMEINNÜTZIGE FORSCHUNGSEINRICHTUNG TRÄGT DAS ILK DRESDEN WESENTLICH DAZU BEI, DASS DEUTSCHLAND EINE NACHHALTIGE PERSPEKTIVE IM KLIMASCHUTZ UND DER WIRTSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG ERHÄLT.

DANKE

Die Geschäftsleitung bedankt sich bei allen Partnern in der Wirtschaft, Forschung und im öffentlichen Bereich für die gute Zusammenarbeit im Geschäftsjahr 2021 sowie bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des ILK Dresden für die Ideen und das persönliche Engagement.

Perspektiven schaffen *heißt Verantwortung übernehmen*

Perspektiven sind zeitlich gesehen nichts anderes als Zukunftsaussichten oder Entwicklungsmöglichkeiten, die das Handeln des Menschen bestimmen. Eine Perspektive verspricht Zuversicht, verspricht eine griffige und umsetzbare Alternative zum aktuellen Ist-Stand. Insofern übernimmt derjenige, der Perspektiven schafft, eine gesellschaftliche Verantwortung. Genau hier setzt die Arbeit der WissenschaftlerInnen und IngenieurInnen des ILK Dresden an.

ALS DIREKTER PARTNER DER WIRTSCHAFT TREIBEN UNS FRAGEN WIE DIESE UM:

*Wie heizen wir unsere Häuser
OHNE fossile Brennstoffe?*

*Wie können wir die begrenzten
Ressourcen unserer Erde klug nutzen?*

*Wie sorgen wir für gesunde Luft in
Innenräumen und unserer Umwelt?*

*Was hält die Welt im innersten
zusammen?*



Wir forschen, untersuchen Fakten, klären auf und geben Empfehlungen. 2021 konnten wir verschiedene Beiträge leisten, um die Corona-Pandemie zu überwinden. Bei Messungen in Klassenräumen konnten wir die Grenzen und Möglichkeiten der mobilen Luftreiniger analysieren. Unsere Kompetenz war außerdem gefragt, um einen Impfstoffhersteller mit ausgewählten Produktentwicklungen für das Handling der Impfstoffe zu unterstützen.

Mit unserem Know-how und den daraus entwickelten technischen Lösungen und Verfahren sind wir ein wichtiger Bestandteil für die Wirtschaft. Unternehmen im Bereich Klimaschutz sowie der Sicherung einer hohen Lebensqualität zu unterstützen, zählt zu unseren Kernkompetenzen. Aber auch in der Verbundforschung sind die Spezialisten des ILK Dresden gefragte Ansprechpartner. In einem Konsortium, bestehend aus der TU Chemnitz, des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme und des ILK Dresden entsteht seit 2021 die erste gemeinsame Plattform für Forschung, Entwicklung und Bildung von Kälte- und Energietechnik-Spezialisten. Verantwortung für den wissenschaftlichen und technischen Nachwuchs zu übernehmen, ist eine der dringlichsten Aufgaben für die Perspektive „Energiewende“.

Perspektiven schaffen *braucht Begeisterung und starke Partner*

Letztendlich wird der Erfolg der „versprochenen“ Perspektive davon abhängig sein, ob ein starkes Netzwerk, die Vision mit Begeisterung trägt und vor allem ob es an ihr festhält. Keinem, insbesondere nicht der Industrie, der Wirtschaft oder dem Handwerk ist geholfen, wenn das Prinzip „*rein in die Kartoffeln und raus aus den Kartoffeln*“ Anwendung findet. Jeder Mensch hat das Bedürfnis nach Sicherheit, nach Planbarkeit, nach einer persönlichen Perspektive. Die Energiewende wird nur dann von einer breiten Menge mit Begeisterung getragen werden, wenn diese Zukunftsaussicht für jeden einzelnen stimmig ist und er starke Partner an seiner Seite weiß.

Auch wir, die wissenschaftlichen Institute, benötigen verantwortungsvolle und visionäre politische Partner. Nur so wird das ILK Dresden beispielsweise weiter an der Frage *Was hält die Welt im Innersten zusammen?* forschen und für internationale Begeisterung sorgen können.



Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke
Geschäftsführer



WAS HÄLT DIE WELT
IM INNERSTEN
ZUSAMMEN?

KRYOTECHNIK UND
TIEFTEMPERATURPHYSIK

LEBENSMITTEL #1
GUTE UND SAUBERE
LUFT!

LUFT- UND KLIMATECHNIK

HERAUSFORDERUNG
ENERGIEWENDE
ZUSAMMEN MEISTERN

KÄLTE- UND WÄRMEPUMPENTECHNIK

OHNE FOSSILE
BRENNSTOFFE HEIZEN!

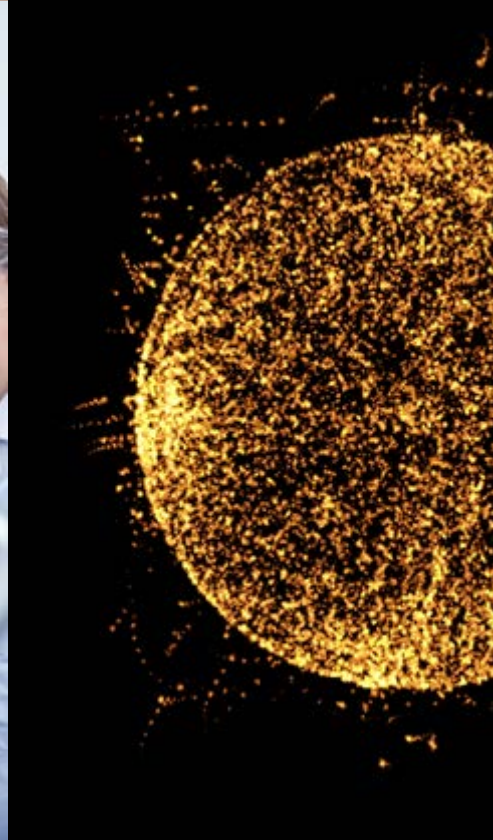
ANGEWANDTE ENERGIETECHNIK

UNSERE ERDE
SINNVOLL UND
EFFIZIENT NUTZEN

ANGEWANDTE WERKSTOFFTECHNIK


FÜNF BEREICHE UNZÄHLIGE FORSCHUNGSVORHABEN

**INNERHALB VON FÜNF
FORSCHUNGSBEREICHEN
WIDMEN WIR UNS
FRAGEN ZU LUFT, KÄLTE
UND TECHNIK**
WAS UNS UMTREIBT SIND
ANWENDBARE LÖSUNGEN
FÜR EIN LEBENSWERTES
MORGEN.

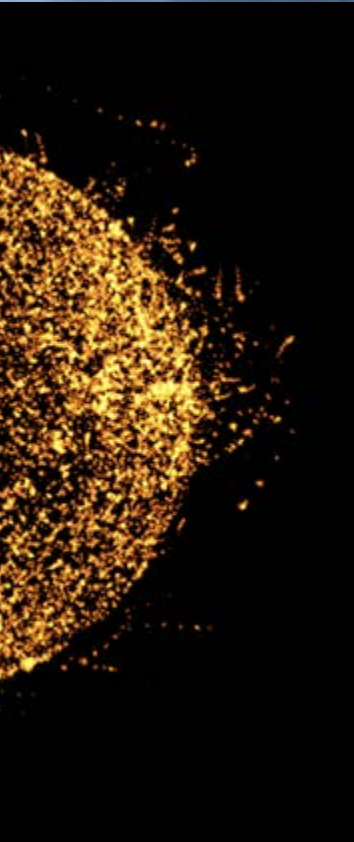




WAS HÄLT DIE WELT IM INNERSTEN ZUSAMMEN?



KRYO- UND TIEFTEMPERATURPHYSIK KANN DAZU BEITRAGEN, DIE GRUNDSATZFRAGE DER MENSCHHEIT "WIE ENTSTAND DAS UNIVERSUM?" BESSER ZU VERSTEHEN.



*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



KRYOTECHNIK UND TIEFTEMPERATURPHYSIK

DR. RER. NAT. ANDREAS KADE HAUPTBEREICHSLIETTER

Was hält die Welt im Innersten zusammen?

Das ist die zentrale Frage, mit der sich Wissenschaftler an Teilchenbeschleunigern, beispielsweise bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, befassen. Das GSI ist ein langjähriger Forschungspartner des ILK Dresden. Kein supraleitender Magnet in Teilchenbeschleunigern kommt ohne Kryotechnik aus. Das ILK Dresden entwickelt individuelle Komponenten für ein breites Spektrum von Anwendungen. Dazu gehören beispielsweise Kryostate, Verflüssiger, Elektronik für Tieftemperaturanwendungen, 4-Quadrantensteller, Quench-Protection- und Quench-Detection-Systeme. Mit unserem Know-how und den daraus entwickelten Lösungen sind wir ein wichtiger Bestandteil in der Verbundforschung und leisten weiterhin wichtige Beiträge für Fragen der Energiewirtschaft – beispielsweise in der Speicherung von Energie, der Grundlagenforschung oder der Biotechnologie. Letztendlich tragen Kryotechnik und Tieftemperaturphysik dazu bei, die Grundsatzfragen der Menschheit besser zu verstehen: Wie entstand das Universum, was hält die Welt zusammen und wie können wir unsere Welt lebenswert erhalten?

I2S3

Intelligente innovative Stromversorgung

Hochstrom-Anwendungen für Magnetttests



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Andreas Kade, *Hauptbereichsleiter* **TEAM** M.Eng. Sebastian Hempel, Dr.-Ing. Norbert Gust, Thomas Jande, Dipl.-Ing. (BA) Frank Schoepe **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

GLOSSAR **MOSFETs** = Metall-Oxid-Halbleiter-Feldefekttransistor | **Quench** = Übergang eines Supraleiters zum Normalleiter

VERÖFFENTLICHUNG Eine Publikation zu den Ergebnissen wurde zur Cryogenics-Tagung 2021 eingereicht. Weitere Details zu dem vorgestellten Projekt können dort gern nachgelesen werden.

EINSATZBEREICHE

Mess- und Energietechnik, Teilchenbeschleuniger

- Die innovative Stromversorgung wurde maßgeblich für supraleitende Magnetspulen entwickelt.
- Erreichbare Parameter sind Spannungen von -25 V bis $+25\text{ V}$ und Ströme von -14 kA bis $+14\text{ kA}$.

ZIELSTELLUNG

Intelligente Stromversorgung unter Einhaltung hoher Sicherheitsaspekte trotz Kosteneffizienz. Hauptziel des FuE-Projektes war die Entwicklung einer intelligenten innovativen Stromversorgung als Vierquadrantensteller. Die Entwicklung zeichnet sich durch modulare und kompakte Bauweise bei hohen Sicherheitsaspekten aus. Darüber hinaus konnte durch die Verwendung von Standardkomponenten eine hohe Kosteneffizienz ermöglicht werden.

VORGEHEN

Welche Konfiguration hat das beste Preis-Leistungs-Verhältnis bei geforderter Funktionalität? Da MOSFETs leichter zu kühlen sind als Spulen, wurde das Hauptaugenmerk auf die Auswahl einer geeigneten Filterspule gelegt. Es wurde ein Spulentyp gesucht, der die beste Leistung pro Preis hat.

Parameter dafür sind: Nennstrom von 25 A und Überlaststrom kurzzeitig bis 30 A . Für gängige MOSFET-Typen in diesem Anwendungsbereich ergibt sich ein Optimum der Gesamtverlustleistung bei ca. 40 kHz . Entsprechend der zu erwartenden Gesamtkosten und Leistungsparameter fiel die Auswahl auf einen MOSFET mit den *Spezifikationen*: 195 A , 40 V , $1,5\text{ m}\Omega$ und mit einer Schaltzeit von 150 ns . Die Komponenten für den Energiespeicher wurden ebenfalls aus Preis-/Leistungsaspekten ausgewählt. Dabei haben die Einzelzellen eine Kapazität von 3000 F und eine Spannung von $2,7\text{ V}$. Damit müssen 51 parallel geschaltete Module mit je 10 Einzelzellen zu einer Kondensatorbank zusammengefügt werden. Daraus ergibt sich eine Kapazität von 15.300 F bei 25 V Spannung. Als Netzteil wurde ein 3 kA , 30 V -Gerät der Firma DSC Electronics gewählt.



Der Anwendungsbereich supraleitender Magnetsysteme wächst ständig. Neben immer besser werdenden supraleitenden Magneten für Teilchenbeschleuniger spielt auch die Frage nach einer effizienten Stromversorgung eine immer größere Rolle. Wie können der Energieverbrauch und die Kosten reduziert und gleichzeitig hohe Sicherheitsaspekte gewährleistet werden? Diese Fragen sind für bestimmte Anwendungen im Rahmen potentieller, zukünftiger Beschleunigerprojekte hochinteressant.

—> Extraktions-Quadrupole für das SIS100 am GSI oder PRISMA @ Uni Mainz

Dr. rer. nat. Andreas Kade



ERKENNTNISSE

Ein sicherer und effizienter Betrieb von Beschleunigungsmagneten ist auch auf Basis von Modulen mit Standard-Elektronikbauteilen gewährleistet, die modular intelligent miteinander kommunizieren.

Die Arbeiten im FuE-Projekt waren sehr anspruchsvoll, was aus der Vielzahl von Komponenten und Modulen resultierte, die zusammengefügt werden mussten. Die Platinen des 4-Quadrantenstellers —> Bild 1 wurden komplettiert und 51 Kondensatormodule —> Bild 2 verbaut.

Die einzelnen Module des Energiespeichers und des 4-Quadrantenstellers wurden in drei miteinander verbundenen Schaltschränken zusammengeführt. Die Funktionalität an einem Supraleiter wurde mit einem 1.0 kA, 25 V-4-Quadrantensteller Modul realisiert. Der Supraleiter konnte reproduzierbar gequencht und die Charakteristik des 4-Quadrantenstellers analysiert werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Methquest – Erzeugung und Einsatz von Methan aus erneuerbaren Quellen

Kryogenes Hochdruckgas-Versorgungssystem für maritime Anwendungen



PROJEKTLEITUNG Dipl. Ing. (FH) Martin Klupsch, *Wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter* **TEAM** Dr. rer. nat. Ulrich Zerweck-Trogisch, M. Eng. Sebastian Hempel, Dr. rer. nat. Wolf Schottenhamel, Dipl. Ing. Andreas Wesenbeck **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, MTU Friedrichshafen GmbH, Kelvion Machine Cooling Systems GmbH

VERÖFFENTLICHUNG Klupsch, M.; Zerweck, U.; Wesenbeck, A.; Hempel, S.; Schottenhamel, W.; Jande, T.; Boog, M.; Prospero, A.; Stecher D.; Staudt, M.; Gerbeth, R.; Gernhardt, A.; Venter, J.; Krolla, S.; Aliakar, S.; 2021. *Development and test results of a cryogenic high-pressure fuel gas system*. Proceedings of the 16th Cryogenics, IIR Conference, online, IIR, 243-247

EINSATZBEREICHE

Das im Labormaßstab entwickelte Gasversorgungssystem (TRL 4) soll in der späteren Anwendung Schiffsantriebe durch Methangas aus erneuerbaren Quellen dynamisch versorgen.

ZIELSTELLUNG

Schiffsantriebe mit schnelllaufenden Motoren (Schlepper, Fähren) benötigen für ihre transienten Betriebsbedingungen eine zuverlässige Gasversorgung. Das System muss dabei entsprechende Druck- und Durchflussparameter (600 bar, 500 kg/h) dynamisch regeln sowie einen langlebigen, sicheren und Boil-Off-Gas freien Betrieb gewährleisten.

VORGEHEN

Konstruktion einer kryogenen Hochdruckpumpe und Veranschaulichung mittels Systemdemonstration anhand von schiffstechnischen Fahrprofilen. Das Vorgehen wird am ILK Dresden zur Sicherstellung der Entwicklungsziele zweigeteilt durchgeführt. Parallel zum Aufbau des Systemdemonstrators wird eine kryogene Hochdruckpumpe entwickelt, welche speziell an die erforderlichen Betriebsbedingungen angepasst ist. Der Systemdemonstrator wird derweil mit einer kommerziell verfügbaren Hochdruckpumpe mit reduzierten Betriebsparametern aufgebaut. Bild 1 zeigt den in Container-Bauweise errichteten Systemdemonstrator bzw. das Hochdruck-Gas-Versorgungssystem, welches aus Sicherheitsgründen mit flüssigem Stickstoff betrieben wird. Flüssiger Stickstoff wird dabei durch die Hochdruckpumpe aus einem Vorratstank entnommen und auf bis zu 420 bar verdichtet. In dem nachfolgenden, von Kelvion entwickelten Doppelrohr-Sicherheits-Wärmetauscher wird der kryogene, überkritische Stickstoff mittels eines Wasser-Glykol-Gemischs auf über 0 °C erwärmt und anschließend in einem pneumatischen Regelventil, welches die Funktion der späteren Motoren-Einspritzventile nachbildet, auf den geforderten Volumenstrom geregelt. Der erforderliche Druck wird über die Drehzahl der Pumpe geregelt. Weiterhin werden anwendungsspezifische Randbedingungen berücksichtigt und das resultierende Systemverhalten untersucht.



Bild 1: Versuchsstands Aufbau des Systemdemonstrators

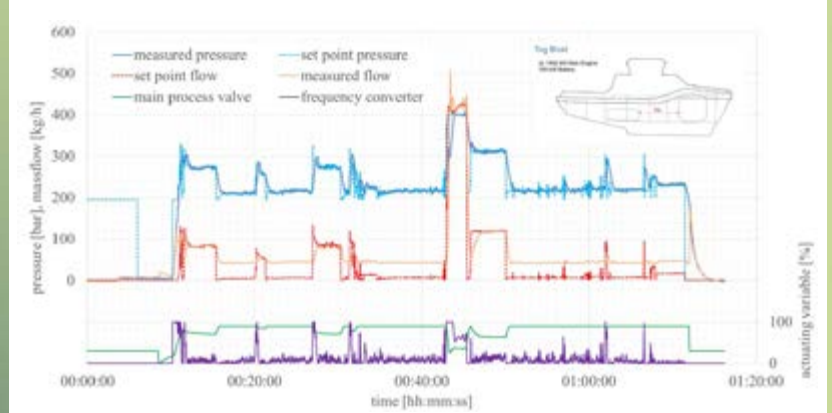


Bild 2: Am Systemdemonstrator durchgeführter Fahrzyklus eines typischen Betriebsprofils eines Schleppers über 60 Minuten

ERKENNTNISSE

Der Systemdemonstrator wurde erfolgreich aufgebaut und in Betrieb genommen. Sowohl Systemdruck als auch Durchfluss können nahezu unabhängig voneinander in den Bereichen von 0 bis 420 bar beziehungsweise 0 bis 500 kg/h geregelt werden. Bild 2 zeigt ein beispielhaftes einständiges Fahrprofil eines Schleppers, das durch den Partner MTU Friedrichshafen an den Gasbetrieb angepasst wurde und welches mit dem Systemdemonstrator gefahren wurde. Die Ergebnisse zum Systemdemonstrator wurden auch bereits veröffentlicht → *Veröffentlichung*. Die kryogene Hochdruckpumpe befindet sich aktuell im Aufbau. Vorgelagerte kryogene Kolbendichtungstests bei 400 bar zeigten vielversprechende Dichteigenschaften des kryogenen Hochdruckgas-Systems.

Hersteller von Schiffsantriebssystemen für Schlepper und anderer Schiffe mit schnelllaufenden Motoren sind auf der Suche nach neuen Antriebsmöglichkeiten aus erneuerbaren Energien. Könnte eine Hochdruckeinspritzung von Methangas eine emissionsarme Alternative sein? Im Verbundforschungsvorhaben Methquest arbeiten 27 Partner mit Hochdruck an Technologien zur Erzeugung von Methan aus erneuerbaren Energien und effizienten Nutzung in mobilen und stationären Anwendungen, um die Energiewende voranzubringen. Hoher Druck flankiert dabei auch nebst sehr tiefen Temperaturen die Entwicklung des ILK Dresden.

Dipl. Ing. (FH) Martin Klupsch

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Sequenzielles Gaspermeationsprüfsystem für Kryo-Röhrchen

Kryogene Lagersicherheit für biologische Proben in Primärpackmitteln



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Matthias Schneider, Stellvertretender Hauptbereichsleiter **TEAM** M. Sc.

René Kretschmer, Dr.-Ing. Ronald Miksche, Dr. rer. nat. Wolf Schottenhamel, Dipl.-Ing. Holger Reinsch

PARTNER Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

DANK Unser Dank für die Realisierung von Versuchsaufbauten und für die Durchführung experimenteller Untersuchungen gilt Nicole Jüttner, Katharina Stettin, Steffen Rackow, Steven Schuster und Steffen Richter.

EINSATZBEREICHE

Neben der Prüfung von Primärpackmitteln sind Untersuchungen an Kunststoffen, an verschiedenartigen Folien etc. vorstellbar. Dabei sollen Permeation, Gasabgabe und Leckagen unterschieden werden.

ZIELSTELLUNG

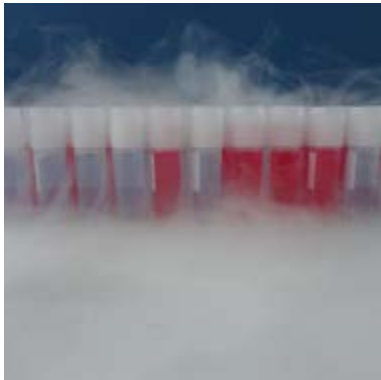
Das Prüfsystem soll eine systematische Untersuchung der Packmitteldichtheit im Bereich bis -180 °C bei Differenzdrücken von bis zu 2 bar gestatten, um Schwächen der verarbeiteten Kunststoffe oder temperaturabhängige Dichtheitsunterschiede des Verschlusssystems im Rahmen der Packmittelentwicklung und Qualitätssicherung zielgenau aufklären und beheben zu können.

VORGEHEN

Das zu entwickelnde Prüfsystem soll aus Gründen der Flexibilität nach der sogenannten Unterdruckmethode arbeiten, da nur diese gleichermaßen für die quantitative Leckanalytik und Permeationsuntersuchungen geeignet ist. Zur Verfahrensumsetzung wird die Messung des Leckgasstroms bzw. des übergetretenen Permeates mit einem Massenspektrometer bevorzugt, was eine Messung im Ultrahochvakuum voraussetzt.

Den höchsten technischen Anspruch innerhalb des Prüfsystems hat die Konzeption der Probenhalterung, die eine permeationsdichte Installation der Kryoröhrchen gewährleistet, wobei der Kontaktbereich zwischen Probenhalterung und Packmittel höchsten Dichtheitsanforderungen genügen muss. Die geforderte Dichtheit muss beim Durchschreiten einer Temperaturdifferenz von bis zu 200 K erhalten bleiben. Dabei muss auch das Dichtmaterial selbst vollkommen inert sein und darf bei der messseitigen Evakuierung der Prüfkammer keinerlei Stoffverlust aufweisen. Weitere Entwicklungsarbeiten sind unter anderem für die Prüfgas- und Permeatkreise erforderlich.

Begleitet werden die Arbeiten im Vorhaben von Beginn an durch systematische experimentelle Untersuchungen an verschiedenartigen Materialien und geometrischen Anordnungen, um frühzeitig hinsichtlich relevanter Parameter wie resultierender Zeitkonstanten zu optimieren.



Die sichere Lagerung biologischen Materials über einen langen Zeitraum gewinnt für zahlreiche Anwendungen zunehmend an Bedeutung. Damit wachsen auch die Anforderungen an Primärpackmittel wie Kryo-Röhrchen. Deren serielle Dichtheitsprüfung ist ein wichtiger Schritt zur Qualitätssicherung.

Dr. rer. nat. Matthias Schneider



Bild 1: Schlüsselkomponenten für die Prüfungen mit Röhrchen-Halterung und Längenkompensator, vor Einbau in die Vakuumkammer

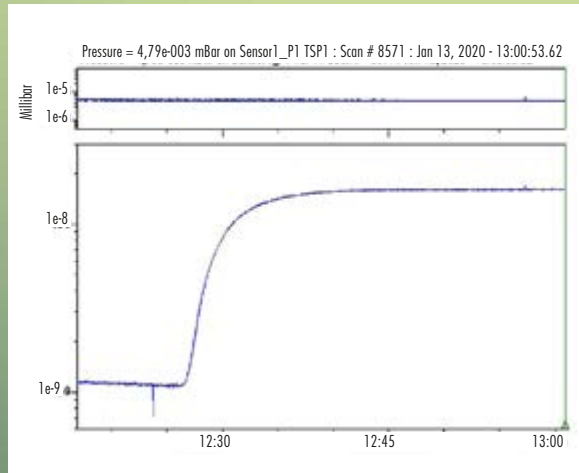


Bild 2: Typischer Verlauf einer Permeationsmessung als Funktion der Zeit für ein Kunststoff-Röhrchen

ERKENNTNISSE

Für den Gesamtaufbau der Prüfkammer sind die funktionellen Komponenten als Baugruppen so angeordnet, dass sie für Einzelproben nutzbar sind. Besonders zu beachten sind die Möglichkeiten des schnellen Probenwechsels (inklusive Mechanismus zur Verriegelung) und die Temperaturregelung über einen Kaltfinger, welcher durch Abwesenheit kryogener Flüssigkeiten nahe der Probenkammer ebenfalls eine bedienerfreundliche und zügige Durchführung der Dichtheitsprüfungen ermöglicht. Bild 1 zeigt wesentliche Anlagenteile für die Aufnahme der Proben. Ein Beispiel für begleitende Messungen wird in Bild 2 gezeigt. Charakteristisch ist der Anstieg des Helium-Partialdrucks im umgebenden Vakuumraum beim Befüllen des Inneren des Röhrchens.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4zWKM

4-zyklische Stirling-Wärmekraftmaschine

Energierückgewinnung aus Abwärme im Temperaturbereich von 150 °C bis 300 °C



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. Gunar Schroeder, Fachgebietsleiter Kryokühler und Wärmekraftsysteme **TEAM** Dipl.-Ing. Moritz Kuhn, Dr. rer. nat. Ulrich Zerweck-Trogisch, Dr. Norbert Gust, Dipl.-Ing. Andreas Wesenbeck **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Nutzung der Abgaswärme bei Verbrennungsprozessen.

Hauptsächlich im PKW- und Nutzfahrzeugbereich, daneben bestehen auch Anwendungsmöglichkeiten in Schienenfahrzeugen, Schiffen, Geothermieanlagen oder Fabriken mit Verbrennungsprozessen.

ZIELSTELLUNG

Motiviert durch die Klimaerwärmung und Energiewende wird in diesem FuE-Vorhaben eine neuartige Wärmekraftmaschine für die Abgasenergieerückgewinnung in den genannten Einsatzbereichen entwickelt. Dabei soll das Abwärmepotential auch bei kleinen Wärmemengen nutzbar gemacht werden. Angestrebt werden eine Leistungsdichte von 10 W/dm³ und ein Carnoteffizienz von 25 %.

VORGEHEN

Konstruktion und Simulation der Wärmekraftmaschine aus mehreren elektrisch gekoppelten Alpha-Stirlingmotoren sowie Erstellung und Auswertung der numerischen Modelle. Das Konzept besteht, vereinfacht beschrieben, aus mehreren, miteinander gekoppelten Alpha-Stirlingmotoren. Die konventionellen Kurbelwellen sind dabei durch eine fluidische Kopplung substituiert worden, —> Bild 1. Die Kolben sind doppelwirkend und Teil der Lineargeneratoren. Die Phasenlage, vergleichbar mit dem Kurbelwinkel, zwischen den Kolben der warmen Seite und denen der kalten Seite sind abhängig von der Anzahl der Zyklen. Bei einer vier-zyklischen Anordnung beträgt die Phasenlage 90°. Wegen der fehlenden mechanischen Kopplung kann die Phasenlage im Betrieb von Zyklus zu Zyklus variieren, was zu periodischen und alle Zyklen durchlaufenden Störungen führen kann. Um diese Instabilität zu unterdrücken, werden die Generatorspulen speziell verschaltet. Kolben, die von dem gegenphasigen Lauf abweichen, erfahren so eine korrigierende Kraft, was wiederum zu einer erhöhten Laufruhe der Maschine führt. Diese elektrische Kopplung der Kolben dient dadurch als Schwungmasse, die mit dem Kolbengestänge weggefallen ist. Die Energieauskopplung an den Lineargeneratoren erfolgt mit einer aktiven elektronischen Steuerung mittels Lastmanagement. Dadurch kann je nach anliegender Temperaturdifferenz die Belastung der Kolben variiert und stets ein optimaler Betriebspunkt angesteuert werden.

Ist es möglich, die Energie von Abgaswärme zurückzugewinnen und in Elektrizität umzuwandeln? Die internationale Klimapolitik hat die Begrenzung der globalen Erwärmung zum Ziel. Praktisch umgesetzt wird das mit der Energiewende, einer Abkehr von der traditionellen Energieerzeugung hin zur erneuerbaren, CO₂-neutralen Erzeugung. Unsere Entwicklung ermöglicht bisher kaum nutzbare Wärmemengen in Elektrizität umzuwandeln und leistet so einen wichtigen Beitrag.

Dipl.-Ing. Gunar Schroeder

ERKENNTNISSE

Welche elektrische Leistung kann bei unterschiedlichen Temperaturgefällen erzeugt werden? Zu Beginn des Vorhabens wurden mehrere numerische Modelle zur Simulation eines einzelnen Zyklus sowie von gekoppelten Anordnungen erstellt. Anschließend wurden die Abmessungen der Bauteile und die jeweiligen Werkstoffe festgelegt sowie die Konstruktion erarbeitet. Besonders die Wärmeübertrager wurden iterativ optimiert, bis alle Anforderungen, wie ausreichende Festigkeit, niedriger Strömungswiderstand, Strömungsumlenkung und maximale Wärmeübertragung erfüllt waren. Gefertigt wurden diese in einem metallischen 3D-Druckverfahren aus Aluminium, —> Bild 2. Gegenwärtig befindet sich der experimentelle Versuchsaufbau in der Erprobung. Ermittelt werden soll die elektrisch erzeugbare Leistung bei gegebenem Temperaturgefälle.

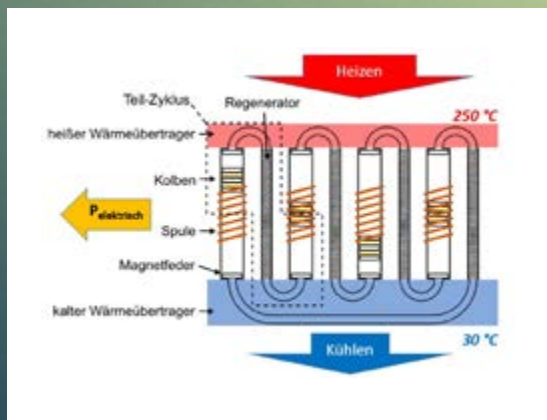


Bild 1: Linear angeordnetes Schema der vier-zyklischen (-zylindrischen) Wärmekraftmaschine

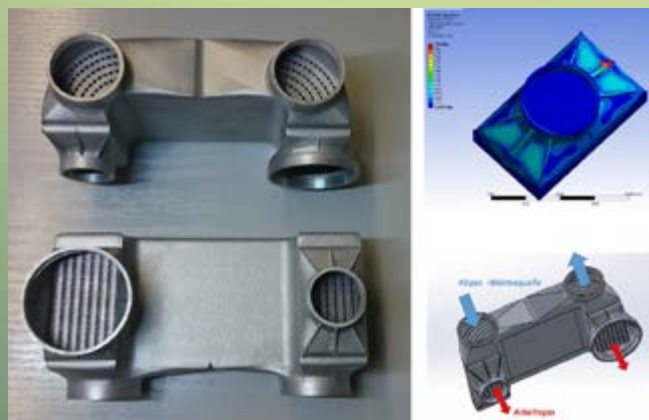


Bild 2: 3D-gedruckter Wärmeübertrager mit Mikrokanälen und FEM-Simulation zur Bauteilfestigkeit im Bereich der Anschlusskappen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Innovatives Neon-Kryosystem zur Kühlung im Temperaturbereich von 30 K

Verwendung eines geschlossenen Neon-Kühlkreislaufes mit oder ohne Vorkühlstufe



PROJEKTLEITUNG M.Eng. Gregor Trommler, *Fachgebietsleiter* **TEAM** Dr. rer. nat. Erik Neuber, Dipl.-Ing. (BA) Frank Schoepe, Dipl.-Ing. Andreas Wesenbeck, Dr. rer. nat. Ulrich Zerweck-Trogisch **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

- Systeme zur Kühlung auf einem Temperaturniveau bis 30 K
- Systeme zur Reinigung von technischen Gasen
- Verwendung als Vorkühlstufe

ZIELSTELLUNG

Ziel des FuE-Projektes war die Entwicklung eines Tieftemperaturkühlsystems zur Kühlung und Kryostatisierung eines Festkörpers oder Gasstroms auf ein Temperaturniveau im Bereich von ca. 27 K bis 64 K. Angestrebt wurde eine Kühlung bei 30 K mit 500 W an Kälteleistung. Für den Kühlkreislauf sollte Neon (Ne) im Zweiphasenbereich als Kältemittel eingesetzt werden.

VORGEHEN

In Etappe 1 wurde das Kreisprozessdiagramm des Kühlsystems zum Erreichen einer Temperatur von 30 K (= $-234,15\text{ °C}$) ausgelegt. Dies beinhaltet sowohl die Hauptkühlstufe (modifizierter Brayton-Prozess) bei 30 K mit reinem, zweiphasigem Ne als Arbeitsmedium (und einigen Ne-He-Gemischen zu Vergleichszwecken) als auch die Vorkühlstufe (Linde-Hampson-Prozess) bis 80 K. Die Auswahl besagter Gemische zur Anpassung an die geforderten Spezifikationen gehört ebenfalls mit dazu. In diesem Zusammenhang erfolgte die konstruktive Berechnung der Hauptelemente der Kreisläufe. Auf Grundlage der Ergebnisse wurde daraufhin das zur Konstruktion benötigte Material ausgewählt und beschafft.

In Etappe 2 finden der Entwurf, die Konstruktion und der Test eines Funktionsmodells des Tieftemperatursystems auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen statt. Abschließende Berechnungen des Arbeitskreislaufes und der Entwurf des experimentellen Prüfstandes werden unter Nutzung der Ergebnisse aus Etappe 1 durchgeführt. Anschließend wird eine experimentelle Überprüfung des Kühlprozesses durchgeführt. Die Funktionsfähigkeit der einzelnen Einheiten des Kühlsystems sowie verschiedener Betriebsarten werden überprüft. Am Ende von Etappe 2 wird eine Analyse der Versuchsergebnisse sowie deren Überprüfung mit den zuvor durchgeführten Berechnungen getätigt.

GLOSSAR HTSL = Hochtemperatursupraleiter

KMG = Kältemittelgemisch

ERKENNTNISSE

Ein Algorithmus zur Berechnung und Optimierung des Kühlsystems wurde programmiert, womit verschiedene geeignete KMG für die Linde-Hampson-Vorkühlstufe berechnet werden konnten. Das geeignetste KMG besteht aus Isobutan, Ethan sowie Methan und erzielt eine Kühlung des Stickstoffes bis ca. 100 K. Das Kühlsystem wurde dahingehend ausgelegt, dass als Vorkühlstufe verschiedene Möglichkeiten realisierbar bleiben. Um eine solche Flexibilität ohne spätere bauliche Veränderungen des Kühlsystems zu ermöglichen, wurden ein dreistromiger Spiralwärmeübertrager und ein nasser Turboexpander ausgelegt. Für die zwei Hauptkomponenten und einen Verbraucher wurde eine Cold Box als Versuchsstandsbaasis konstruiert und hergestellt.

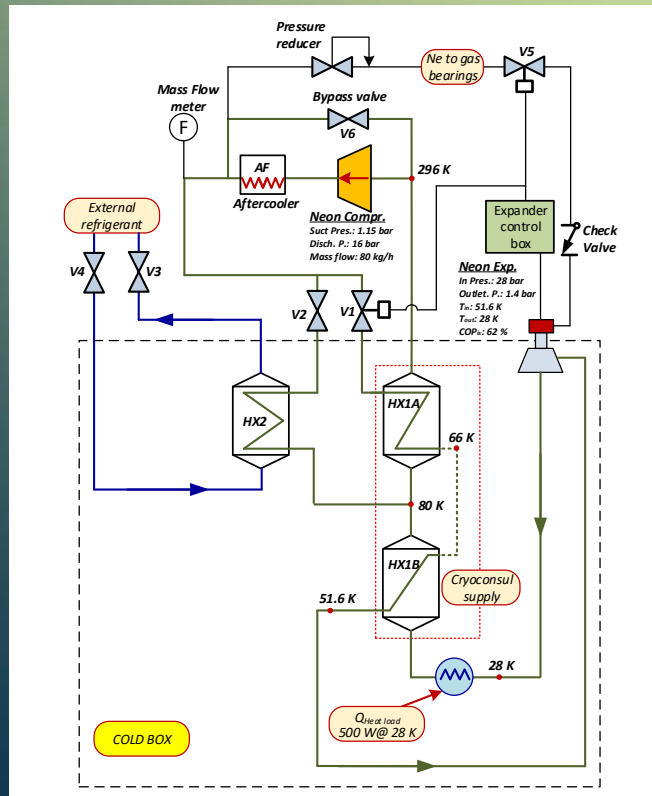


Bild 1: R&I-Schema des Neon-Kryosystems bis 28 K



Bild 2: Neon-Kryosystem mit isoliertem Wärmeübertrager, Turbine und Verbraucher

Für Hochtemperatursupraleiter ist es erforderlich, bei einer Stromdichte von bis zu 100 kA/qcm und bei einem magnetischen Feld von bis zu 10 T zu funktionieren. Diese Parameter werden durch eine Abkühlung des Hochtemperatursupraleiter unter 50 K erreicht. Nur drei Kältemittel können in Betracht gezogen werden, die sich in diesem Bereich noch nicht in der festen Phase befinden: Helium, Wasserstoff und Neon.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

M.Eng. Gregor Trommler





HERAUSFORDERUNG ENERGIEWENDE

UNABHÄNGIGE FORSCHUNGS-
EINRICHTUNGEN TRAGEN
WESENTLICH DAZU BEI,
DASS DEUTSCHLAND EINE
NACHHALTIGE PERSPEKTIVE IM
KLIMASCHUTZ UND DER WIRT-
SCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG
BEKOMMT.

*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



KÄLTE- UND WÄRMEPUMPENTECHNIK

DR.-ING. OLAF HEMPEL HAUPTBEREICHSLIETTER

KETEC – erste bundesdeutsche Forschungsplattform der Kälte- und Energietechnik

KETEC – ein Konsortium der TU Chemnitz – Professur Technische Thermodynamik, des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg und des ILK Dresden hat die Entwicklung einer gemeinsamen Plattform für Forschung, Entwicklung und Bildung von Kälte- und Energietechnik-Spezialisten zum Ziel. Für das ILK Dresden ist es finanziell das größte Vorhaben in seiner Unternehmensgeschichte. KETEC soll Forschungsansätze bündeln, um sie zeitnah in praktikable Lösungen umzusetzen. Ansätze sind: Energieeffizienz, neue Kältemittel, digitale Vernetzung, Potentiale der Sektorenkopplung und vor allem DIE Frage der Energiewende – Wie erhöhen wir die Anzahl gut ausgebildeter Handwerker und Ingenieure? Doch KETEC bündelt nicht nur die Kompetenz der beteiligten Institute, auch innerhalb des ILK Dresden arbeiten die Hauptbereiche projektübergreifend zusammen. Die Reduzierung der Kältemittel, beispielsweise durch die Erprobung von Mikrowärmeübertragern, kann für die Senkung von Treibhausgas-Emission ebenso von Bedeutung sein, wie die Entwicklung von kleinen Hochtemperaturwärmepumpen für das dezentrale Heizen und Kühlen von Wohnräumen.

Füllmengenreduzierung

Reduzierung der Kältemittelfüllmenge einer Kälteanlage



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. Konstantin Bratanitsch,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter **TEAM** Dipl.-Ing. Markus
Müller, Dipl.-Ing. Herbert Leupolt, Dr.-Ing. Karl Steinjan,
Dipl.-Ing. Ines Schmidt **PARTNER** Bundesministerium
für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

- Planung und Bau von neuen Kälteanlagen
- Umbau / Umrüstung bestehender Kälteanlagen

ZIELSTELLUNG

Als Ergebnis des Projektes soll ein neues Verfahren entstehen, das bei Planung und Auslegung einer Kälteanlage eine maximal mögliche Reduzierung der Kältemittelfüllmenge von vornherein mit berücksichtigt.

VORGEHEN

Folgende Arbeitsschritte wurden geplant:

- Literatur- und Patentrecherche, Zusammenstellung des Ist-Standes von kältetechnischen Komponenten
- Einzelbetrachtung zu Verdichter, Ölabscheider, Ölsammelbehälter
- Einzelbetrachtung zu Kältemittelsammler und Rohrleitungen mit Zubehör
- Theoretische Betrachtungen zum Verflüssiger
- Messung zu mit Luft gekühlten Verflüssiger
- Auswertung Messung und Anpassung Berechnungsmethodik zu mit Luft gekühlten Verflüssiger
- Messung zu mit Wasser gekühlten Verflüssiger
- Auswertung Messung und Anpassung Berechnungsmethodik zu mit Wasser gekühlten Verflüssiger
- Theoretische Betrachtungen zu Verdampfer
- Messung zu mit Luft beaufschlagten Verdampfer
- Auswertung Messung und Anpassung Berechnungsmethodik zu mit Luft beaufschlagten Verdampfer
- Messung zu mit Kälte-träger beaufschlagten Verdampfer
- Auswertung Messung und Anpassung Berechnungsmethodik zu mit Kälte-träger beaufschlagten Verdampfer
- Zusammenführung der Ergebnisse, Betrachtung der Einflüsse verschiedener Bauteile aufeinander
- Schlussfolgerungen Abschlussbericht



Untersuchung und Herausarbeitung von möglichen Maßnahmen, um die Kältemittelfüllmenge einer Kälteanlage wesentlich zu reduzieren. Es ermöglicht vor allem die natürlichen, ökologisch vorteilhaften Arbeitsstoffe (z. B. Ammoniak oder Kohlenwasserstoffe) in wesentlich breiteren Anwendungsgebieten einzusetzen.

Dipl.-Ing. Konstantin Bratanitsch

ERKENNTNISSE

Alle geplanten Arbeitsschritte wurden erfolgreich und vollständig durchgeführt. Eine sichere Methodik für die Bestimmung der Füllmenge eines Wärmeübertragers wurde erarbeitet und verfeinert. Die theoretisch und experimentell ermittelten Ergebnisse wurden in die Berechnungsalgorithmen für Auslegung einer Kälteanlage eingepflegt.



Bild 1: Prüfling auf der Waage

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



PROJEKTLEITUNG Dr.-Ing. Olaf Hempel, *Hauptbereichsleiter* **TEAM** Dipl.-Ing. Ralf Noack, Dipl.-Ing. Markus Müller, Dr.-Ing. Peter Röllig, Dr.-Ing. Mathias Safarik **PARTNER** TUCtt, FhS ISE, Projektträger Jülich

EINSATZBEREICHE

- Hochtemperaturwärmepumpen zur Wärmeerzeugung in der Industrie
- Luftkühler für Ammoniakkälteanlagen mit kleiner Füllmenge
- Eisbrei als Kälte­träger durch Vakuum­eiser­zeuger kleiner Leistung

ZIELSTELLUNG

In den drei Teilprojekten des ILK Dresden werden unterschiedliche Technologien entwickelt, die anschließend auf der gemeinsamen Forschungsplattform in Reichenbach unter praxisnahen Bedingungen erprobt werden: Hochtemperaturwärmepumpe (250 kW @ 130 °C) und modularer Prüfstand, Vakuum­eiser­zeuger mit kleinem Turboverdichter, Ammoniakverdampfer für tiefe Temperaturen.

VORGEHEN

In den Jahren 2021/22 finden die Forschungsarbeiten aller Projektpartner (TUCtt, FhS ISE, ILK Dresden) am jeweiligen Heimatstandort statt. Im Jahr 2023 wird die Forschungsplattform in Reichenbach errichtet. Anschließend beginnt der Betrieb der Plattform. Dabei werden die neuen Technologien getestet und für die Industrie demonstriert. Das führt in der Folge zu einer schnelleren Überführung in die Praxis. Von besonderem Interesse sind die Wechselwirkungen der einzelnen Technologien und die Entwicklung der Datenerfassungs- und Kommunikationssysteme der Plattform. Die Forschungsplattform ist auch für die spätere Nutzung in der Ausbildung von Fachkräften und Studenten konzipiert.

ERKENNTNISSE

Die Konzepte für die Forschungsplattform ergaben die Notwendigkeit einer neuen Gebäudeinfrastruktur. Dieses Gebäude wird durch den Freistaat Sachsen für KETEC errichtet und muss rechtzeitig zur Verfügung stehen. Die Projektpartner formulieren derzeit die Bedarfsanforderung für jede einzelne Technologie und für die Gesamtplattform.

Die drei Teilprojekte des ILK Dresden befinden sich noch in der Konzept- und Planungsphase. Für die Hochtemperaturwärmepumpe und die Prüfstände wurden Variantenvergleiche erstellt und grundlegende Berechnungen vorgenommen. Der Auftrag für den Ammoniakprüfstand wurde nach Ausschreibung extern vergeben.

//// Mit der geplanten Forschungsplattform Kälte- und Energietechnik soll eine innovative Plattform für Forschung und Entwicklung sowie Bildung entstehen, die das Potenzial hat, für die aktuellen Herausforderungen der Energiewende neue Lösungen zu finden und damit die Innovationskraft Sachsens und Deutschlands in der Branche weiter zu stärken.

Dr.-Ing. Olaf Hempel

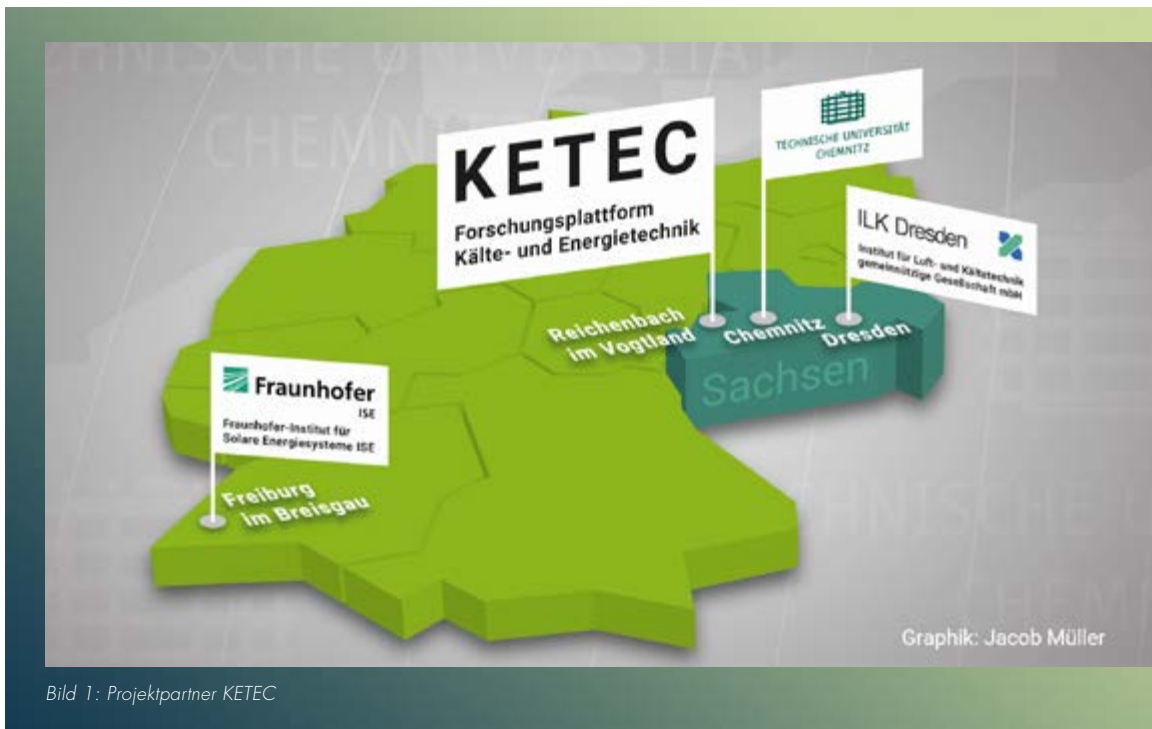


Bild 1: Projektpartner KETEC

Optische Ölstandsüberwachung für Kältemittelverdichter (OPAL)

Automatische Ölrückführung auf Basis von Bildauswertung



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. André Illgen, *Wissenschaftlicher Mitarbeiter* **TEAM** Dr.-Ing. Matthias Böhm, Jan Hauptmann, Ba. S. Marvin Stekkelies, Dipl.-Ing. Ines Schmidt **PARTNER** EURONORM GmbH, 49MF200093

EINSATZBEREICHE

Das System der optischen Füllstandsüberwachung kann an allen Kältenlagen mit Ölabscheider genutzt werden, wenn entweder der Verdichter oder der Ölabscheider ein Schauglas aufweisen.

ZIELSTELLUNG

Eine Ölstandsüberwachung mit optischem Sensor für Kältemittelverdichter wird entwickelt. Der Sensor wird am Schauglas des Verdichters oder eines Ölabscheiders angebracht und nimmt Bilder davon auf. Diese werden durch einen Algorithmus automatisiert ausgewertet, um den Ölstand zu ermitteln und darauf basierend die Ölrückführung zu steuern.

VORGEHEN

Mit der Entwicklung sollen die Einschränkungen aktueller Ölstandsregulatoren, den Ölstand nur an einem definierten Niveau erfassen und ansonsten keine weiteren Eigenschaften ermitteln zu können, aufgehoben werden. Der Lösungsansatz besteht darin, als Sensor der Ölstandsüberwachung eine Kamera einzusetzen, welche an einem beleuchteten Schauglas am Kältemittelverdichter oder am Ölabscheider montiert ist. Die Kamera erfasst das Bild vom Schauglas, woraus der Ölstand durch einen Auswerte-Algorithmus bestimmt wird. In Abhängigkeit von festgelegten Grenzwerten des Ölstands wird die Ölrückführung in den Verdichter gesteuert.

Die Auswahl von geeigneten Produkten für die Komponenten Kamera, Beleuchtung und Prozessrechner bilden die ersten Arbeitspakete. Eng damit verzahnt ist die Recherche passender Frameworks für die Bilderfassung und Softwarebibliotheken für die Auswertung der Bilddaten. Anhand dieser Arbeiten wird ein Funktionsmuster aufgebaut.

Für die Erprobung der optischen Füllstandsüberwachung sind die Verdichterleistungsprüfstände des ILK Dresden vorgesehen. Damit wird eine praxisnahe Erprobung gewährleistet.

Die weite Verfügbarkeit preiswerter Einplatinencomputer gestattet mittlerweile den Einsatz bildgebender Verfahren auch für preissensitive Anwendungen.



Dipl.-Ing. André Illgen

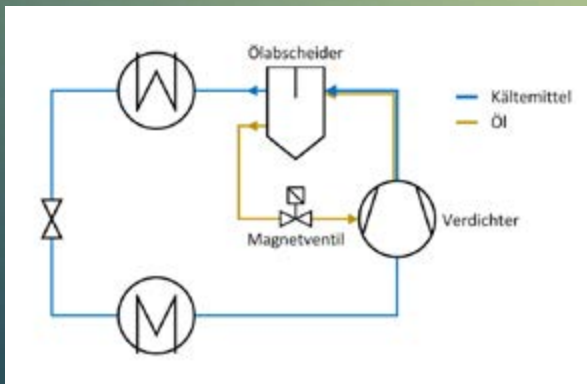


Bild 1: Kältekreis mit Ölrückführung

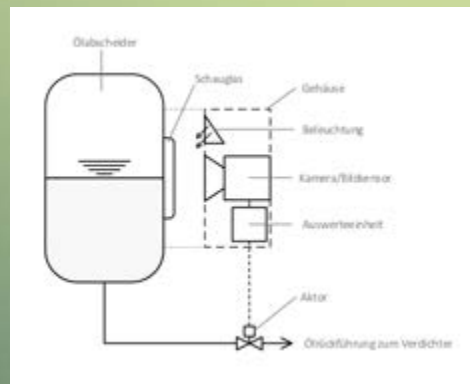


Bild 2: Prinzipieller Aufbau des Systems

ERKENNTNISSE

Ein Versuchsaufbau auf Basis eines Kältemittelsammlers mit drei Schaugläsern wurde realisiert. Er gestattet die einfache Variation der Füllhöhe in den Schaugläsern. Blasenbildung und ein Aufschäumen des Öls können ebenfalls nachgebildet werden. Trainingsdaten lassen sich so effizient und reproduzierbar erzeugen. Anhand dieser Daten werden verschiedene Algorithmen zur Füllstandsdetektion vergleichend untersucht.

Als Hardware wurde die offene Rechnerplattform Raspberry Pi ausgewählt. Damit stehen sowohl Algorithmen der Bildverarbeitung als auch der Objekterkennung zur Verfügung und gestatten eine effiziente Umsetzung der Aufgabenstellung. Gleichzeitig wird eine kostengünstige Implementierung des Systems möglich.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Entwicklung eines Sublimations- Wärmeübertragers für Tieftemperatur-Kühlung

CO₂-Trockeneis-Sublimation zur Kälteerzeugung unter -50 °C



PROJEKTLEITUNG Dr.-Ing. Peter Röllig, Wissenschaftlicher Mitarbeiter **TEAM** Dr. Joachim Germanus
PARTNER Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

GLOSSAR WÜ = Wärmeübertrager ist ein technisches Bauteil, mit dem thermische Energie von einem Stoff(strom) auf einen anderen Stoff(strom) übertragen wird. | F-Gas = Fluorierte Treibhausgase sind synthetisch hergestellte Stoffe, die in der Natur so nicht vorkommen. Wegen des hohen Treibhauseffektes sind die in der Kältetechnik verwendeten vollfluorierten und teilfluorierten Kohlenwasserstoffe (FKW bzw. HFKW) als Kältemittel ökologisch problematisch. | CO₂-Trockeneis-Sublimation = Direkter Phasenübergang vom Zustand des festen Kohlendioxids (Trockeneis) in den gasförmigen Zustand. Dies geschieht unterhalb des sogenannten Tripelpunktes, der für CO₂ bei -56,6 °C und 5,2 bar liegt.

VERWEIS Weitere Informationen zu diesem Thema auf Seite 62.

EINSATZBEREICHE

- Labortechnik (Prüf-, Umweltsimulations-Kammern)
- Gefriertrocknung in Lebensmittelindustrie und Pharmazie
- Tieftemperaturbiologie / Tieftemperaturmedizin

ZIELSTELLUNG

Entwicklung eines marktfähigen, industriell herstellbaren Wärmeübertragers für die CO₂-Trockeneis-Sublimation zur Erzeugung von Kälte unterhalb von -50 °C. Der Sublimationsvorgang erfolgt mit einem nicht brennbaren, umweltfreundlichen, technisch geeigneten Fluid. Der Sublimations-WÜ soll im Kältekreislauf analog zum konventionellen Verdampfer eingesetzt werden.

VORGEHEN

Folgende Arbeitsschritte führten zum erfolgreichen Abschluss des Forschungsvorhabens:

- Theoretische Vorarbeiten, mathematische Modellierungen, Auslegungsrechnungen. Dabei Verwendung einer Software, die Stoffwerte für CO₂ auch unterhalb des Tripelpunktes berechnen kann.
- Erarbeitung von Konzeptionen für Sublimations-WÜ.
- Erarbeitung einer Konzeption zur Integration des Sublimations-WÜ in den Kältekreislauf.
- Parallel zu diesem Forschungsvorhaben wurde in einem gleichzeitig verlaufenden Forschungsprojekt ein sogenanntes Hybrid-Fluid erfolgreich entwickelt. Dieses Hybrid-Fluid dient einerseits als Lösung, in dem die Sublimation des CO₂-Trockeneises stattfindet. Andererseits dient dieses Hybrid-Fluid als Öl im Kältemittel-Verdichter.
- Herstellung eines Funktionsmusters für den Sublimations-WÜ im ILK Dresden.
- Umfangreiche, erfolgreich verlaufende Tests und messtechnische Untersuchungen am Funktionsmuster mit guten, erfolgversprechenden Ergebnissen.

ERKENNTNISSE

Ein Funktionsmuster für den Sublimations-WÜ wurde erfolgreich entwickelt und umfangreich getestet. Basierend auf diesem Funktionsmuster und den damit durchgeführten Untersuchungen wurde der Prototyp für einen Sublimations-WÜ industriell hergestellt. Dieser soll in einen vollständigen geschlossenen CO₂-Prozess integriert und erprobt werden.

Ist die Gefriertrocknung von Lebensmitteln umweltfreundlich? Es ist ein schonendes Verfahren für das Lebensmittel. Jedoch kommen bei Tieftemperaturkühlungen ($-50\text{ }^{\circ}\text{C}$) oft umweltschädliche F-Gase als Kältemittel zum Einsatz. Gase, die für ihr hohes Treibhauspotential bekannt sind. Ein alternatives, umweltfreundliches Kühlverfahren ist jedoch nicht nur für die Gefriertrocknung von Lebensmitteln geeignet. Es wäre multipel auf unterschiedlichste Anwendungen übertragbar \rightarrow Tieftemperaturmedizin. Von diesem Gedanken getragen, entwickelte sich das Projekt um einen neuen Sublimations-Wärmeübertrager für Tieftemperaturkühlung.

Dr.-Ing. Peter Röllig

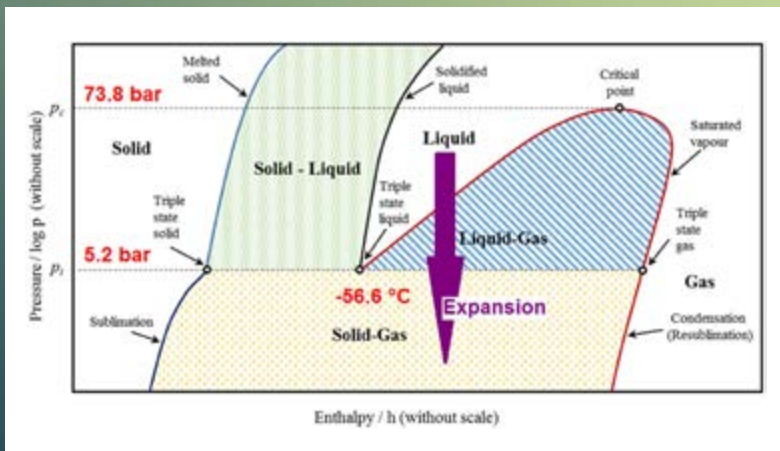


Bild 1: p,h -Diagramm für CO_2 Bildung des Trockeneis-Gas-Gemisches durch Expansion von flüssigem CO_2



Bild 2: Prototyp eines industriell hergestellten Sublimations-Wärmeübertragers im Lieferzustand

ANMELDUNGEN

Für den Sublimations-Wärmeübertrager erfolgten:

- Patentanmeldung DE 10 2019 123 723.8
"Sublimationskühler und Verfahren zur Tieftemperaturkühlung"
- Gebrauchsmusteranmeldung DE 20 2019 104 889.1
"Sublimationskühler"

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages





LEBENSMITTEL # 1

GUTE UND SAUBERE LUFT!



LUFT VERBINDET ALLE MENSCHEN

DIE PANDEMIE MIT COVID19 ZEIGT UNS SEIT ZWEI JAHREN AUF, DASS DIE QUALITÄT DER LUFT – OB AUSSEN, ODER IM INNENRAUM – ÜBERLEBENS- WICHTIG IST.

*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



LUFT- UND KLIMATECHNIK

DR.-ING. RALPH KRAUSE HAUPTBEREICHSLIETER FÜR LUFT- UND KLIMATECHNIK

DIPL.-ING. RALF HEIDENREICH BEREICHSLIETER FÜR LUFTREINHALTUNG

Jahrelang wurde es versäumt, moderne Lüftungssysteme in öffentlichen Gebäuden, Schulen und Restaurants zu installieren. Filtertechnik wird zum Teil nicht so gut beherrscht, wie es wünschenswert wäre und neue Produkte brauchen zu lange, um auf akute Situationen zu reagieren. Was lernen wir daraus? Es braucht Zeit und eine offene Kommunikation zwischen allen Beteiligten. Fachlichen Austausch auf persönlicher Ebene bot das 13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, welches als ILK Dresden-Veranstaltung im September 2021 im Deutschen Hygiene-Museum stattfand. Im äußeren Umfeld Corona-konform und im Inhalt zeitgemäß Covid19-beeinflusst, wurden neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zum „Brennpunkt Luftqualität“ ausgetauscht. Während auf der Veranstaltung im Jahr 2011 noch der schädigende Einfluss von Emissionen auf das Klima diskutiert wurde, war der Wert sauberer, nicht krank machender Luft im Jahr 2021 für Jeden auf persönlicher Ebene greifbar. Das ILK Dresden ist seit vielen Jahren Spezialist auf diesem Gebiet. Aufgrund aktueller Forschungsergebnisse und deren Handlungsempfehlungen zur Infektionsvermeidung konnten öffentliche und kulturelle Einrichtungen nach dem Lockdown endlich wieder öffnen. Luft verbindet alle Menschen und deren Reinhaltung ebenfalls.

Kühlung mit Flüssigmetallen

Untersuchung von Anwendungen in unterschiedlichen Apparaten der Wärmeübertragung



PROJEKTLEITUNG PD Dr.-Ing. habil. Matthias H. Buschmann **TEAM** Dr. Steffen Feja, Ronny Künanz, Dipl.-Ing. Markus Adamiak **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Im Projekt werden zwei Systeme betrachtet. Dies sind das oszillierende Heatpipe
—→ *Energierückgewinnung, Bauteilkühlung* sowie mit Galinstan gekühlte Ventile
—→ Wasserstoffmotoren.

ZIELSTELLUNG

Zielstellung des Projektes ist es, für die eutektische Legierung Galinstan (EGalInSn) Stoffwerte im Bereich zwischen 20 und 200 °C zu bestimmen. Mittels zweier Versuchsstände werden die thermodynamischen Potentiale dieser Legierung experimentell ausgelotet. In beiden Anwendungen kommt der sehr effektive "Shaker-Effekt" zum Einsatz.

VORGEHEN

Zunächst werden die thermophysikalischen Eigenschaften – Dichte, Viskosität, Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität – von Galinstan experimentell bestimmt. In Ergänzung hierzu erfolgt die Nachbildung der genannten Stoffwerte mittels theoretischer Ansätze. Für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit wird eine neue Zylinderspaltapparatur aufgebaut —→ *Bild 1*. Diese Apparatur zeichnet sich durch eine PTFE-Beschichtung aus, welche die Wechselwirkung zwischen Galinstan und dem Material der Messapparatur (Kupfer) verhindert. In dieser Box erfolgt die Messung der Viskosität mittels eines Ubbelohde-Viskosimeters unter einer Stickstoffatmosphäre.

Im zweiten Schritt werden die thermodynamischen Potentiale von Galinstan in konkreten wärmetechnischen Apparaten untersucht. Bei den im Projekt aufzubauenden Versuchsständen handelt es sich zum einen um ein oszillierendes Heatpipe (OHP) und zum anderen um eine Ventilkühlung. Durch Variation der dem Verdampfer des OHP aufgeprägten Heizleistung wird die übertragene Wärmemenge unterschiedlicher Arbeitsfluide experimentell bestimmt. Bei den Fluiden handelt es sich um Emulsionen, bestehend aus Wasser und Galinstan. Im Ventilversuch findet reines Galinstan als Kühlmedium Verwendung.

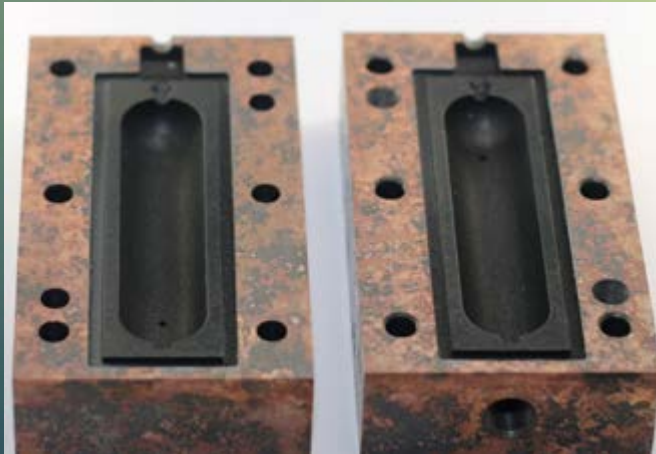


Bild 1: Ringspaltapparat zur Messung der Wärmeleitfähigkeit aggressiver Legierungen. Die Messzelle ist mit PTFE beschichtet.

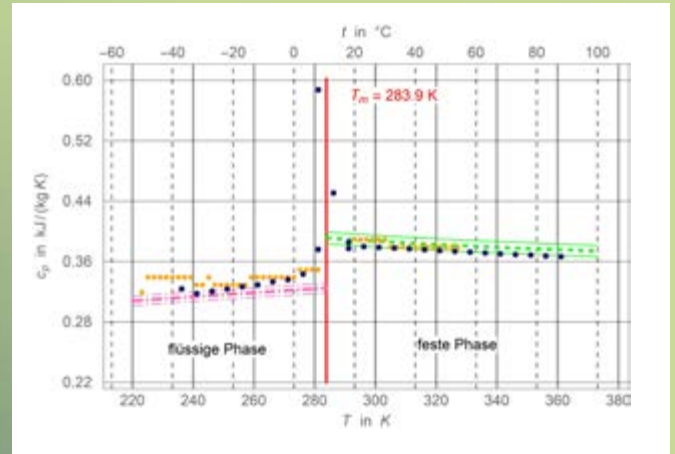


Bild 2: Spezifische Wärmekapazität von Galinstan. Blau (ILK Dresden), orange (UJI), Kurven Modellierung mit Exzess.

ERKENNTNISSE

Aktuell werden die Stoffwerte von Galinstan experimentell bestimmt. Dichte und spezifische Wärmekapazität flüssigen Galinstans sind unter Berücksichtigung des jeweiligen Exzesses in guter Übereinstimmung mit publizierten Daten bzw. am ILK Dresden und von der Universität Jaume I ermittelten Werten berechenbar → Bild 2. Die Experimente zur Messung von Wärmeleitfähigkeit und Viskosität befinden sich im Aufbau.

Der Versuchsstand zum oszillierenden Heatpipe befindet sich ebenfalls im Aufbau. Das OHP besteht aus einer Glaswendel, die in einen Träger aus Plexiglas eingesetzt ist. Die Heizung des Kondensators erfolgt elektrisch. Für die Wärmeabfuhr über den Kondensator ist ein Kühlwasserstrom vorgesehen.

Flüssigmetalle weisen hohe Wärmeleitfähigkeiten und geringe Viskositäten auf. Sie sind als hocheffektive, einphasige Wärmeträger in Systemen mit großen Wärmestromdichten bzw. hohen Temperaturen interessant. Aktuell wird ihre Anwendung in unterschiedlichsten Apparaten zur Wärmeübertragung untersucht. Neben der Kühlung ist die Solarthermie als Anwendung zu nennen.

PD Dr.-Ing. habil. M.H. Buschmann

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Lüftung in Schulen

Anforderung an die Luftreinhaltung zur Reduktion des Infektionsrisikos



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. Christian Friebe, *stellv. Hauptbereichsleiter* **TEAM** Dipl.-Ing. Ralf Heidenreich, Dr.-Ing. Ralph Krause, Dipl.-Ing. Stefan Halfeld, Dipl.-Ing Dirk Keßlau, M. Sc. Rebekka Grütner, Dipl.-Ing. (FH) Hannes Rosenbaum

LINKS www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mitteilungen/viren-und-bakterien-in-der-raumluft-effektiv-eliminieren-847536 | www.vdi.de/richtlinien/anforderungen-an-mobile-luftreiniger | downloads.fgk.de/372_SR52_RLT_und_Covid19_V1_210122.pdf | www.ilkdresden.de/news/landeshauptstadt-dresden-untersucht-mit-dem-ilk-dresden | www.ilkdresden.de/unternehmen/news/informationen-veranstaltungen/news/infektionsrisiko-und-lueftung

EINSATZBEREICHE

Schullüftung, Klimatisierung, Messverfahren, Lüftung

ZIELSTELLUNG

Es sollten und sollen Entscheidungsträger unterstützt werden, sich für eine der Möglichkeiten zu entscheiden, wie Lüftungstechnische Maßnahmen den Betrieb ihrer Einrichtung unterstützen können. Dabei werden die unterschiedlichen Ansprüche wie Wirkung im Raum, Nachhaltigkeit, Energiebedarf und Schalleistung gegeneinander abgewogen.

VORGEHEN

Die Unterstützung erfolgt auf verschiedenen parallelen Wegen. Dies sind die Mitarbeit in Normungsgremien, die Untersuchung und Bewertung von ausgeführten Lüftungskonzepten, die Ermittlung von Bewertungsmöglichkeiten von dezentralen Sekundärluftgeräten im Laborumfeld und die Veröffentlichung der gesammelten Erkenntnisse.

Die Untersuchung von ausgeführten Lüftungskonzepten erfolgte vorwiegend in Schulen. Hier wurden sowohl Fensterlüftungen, dezentrale Sekundärluftreiniger und Abluftanlagen in Augenschein genommen.

Mit der Aufstellung eines ersten Standards für die Messung von Sekundärluftreinigern im Labor des ILK Dresden wurde sehr zeitig eine Grundlage für die Bewertung der Geräte geschaffen. Hier wurden insbesondere die Kriterien Volumenstrom des Gerätes, Partikelreduktion im Raum über die Zeit, Filterwirkungsgrad, Schalleistung, Stromaufnahme, Zugluftrisiko und die erreichte Strömung im Raum dokumentiert. Diese Erkenntnisse konnten mit verschiedenen Herstellern genutzt werden, um deren Produkte zu optimieren.

Die Corona-Pandemie hat auf dramatische Weise die Notwendigkeit der Lüftung aufgezeigt. Ein probates, kurzfristiges Mittel, um das Infektionsrisiko zu reduzieren, ist der Einsatz von Sekundärluftreinigern. Wir haben die Entwicklung normierter Messungen, die Untersuchung der Geräte und deren Einsatz z.B. in Schulen begleitet, untersucht und bewertet.

Dipl.-Ing. Christian Friebe

ERKENNTNISSE

Im Rahmen der Arbeiten konnten wesentliche Aspekte einer einheitlichen Bewertung der Geräte aufgestellt werden. Diese Gedanken und Ansätze flossen in verschiedene Schriften, wie z.B. den FGK-Statusreport 52, die VDI EE 4300-14 und die DIN/TS 67506 ein. Die Erkenntnisse der Messungen an Geräten und Lüftungsvarianten in verschiedenen Schulen zeigten den Betreibern die Möglichkeiten und auch die Grenzen der Technologien auf und dienten gleichzeitig stets als Bewertungsgrundlage für die jeweilige Einrichtung, eine nützliche Strategie zum weiteren Betrieb der Schulen aufzustellen und in vielen einzelnen Vorträgen und Gesprächen an weitere Interessierte weiterzugeben.



Bild 1: Untersuchung der Wirkung eines Raumluftreinigers in einer Schule

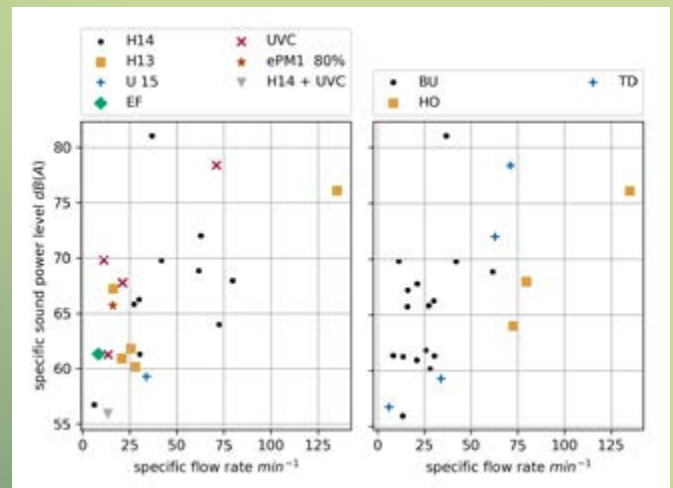


Bild 2: Abhängigkeit des Schalleistungspegels vom Volumenstrom mit den Parametern Reinigungswirkung und Strömungsrichtung

Effizienzmessung von Filtermedien für Mund-Nase-Masken (DIN EN 149)

Wie wird die Effizienz bestimmt?

Ist eine Sterilisation von M-N-Ms möglich?



PROJEKTLEITUNG Dr.-Ing. Liliana Kotte, *Wissenschaftliche Mitarbeiterin* **TEAM** Dipl.-Ing. Stefan Holfeld **PARTNER** Norafin Industries GmbH, orga.nico GmbH, Fraunhofer IWU sowie IMWS

EINSATZBEREICHE

Wir unterstützen Unternehmen bei der Herstellung und Entwicklung von Mund-Nase-Masken durch Messung der Penetration von Prüfaerosolen und des Atemwiderstandes von Filtermedien.

ZIELSTELLUNG

Filtermedien für Mund-Nase-Masken sollen hinsichtlich ihrer Abscheideleistung untersucht werden. Es werden die Parameter Atemwiderstand und Penetration mit den Prüfaerosolen Paraffinöl und NaCl bestimmt. Mit den Ergebnissen können die Filtermedien in FFP-Klassen eingeordnet werden. Zudem werden verschiedene Masken-Reinigungsmethoden untersucht und bewertet.

VORGEHEN

Zur Bestimmung der Filtermedieneffizienz wird der Tester von TSI Model 8130A eingesetzt. Die Filtermedien liegen dabei in Form von Flachmedien, in gefalteter Form als Panelfilter oder als fertige Maske vor. Der Tester erfüllt die Anforderungen verschiedenster internationaler Normen, welche für Atemschutzvorrichtungen bzw. Beatmungsgeräte gelten. Es wird die Partikelabscheideleistung sowie der Atemwiderstand bestimmt. Dabei werden die Prüfaerosole NaCl-Kerne ($4 - 12 \text{ mg/m}^3$, $0,06 - 0,1 \text{ }\mu\text{m}$) sowie Paraffinöltröpfchen ($15 - 25 \text{ mg/m}^3$, $0,29 - 0,45 \text{ }\mu\text{m}$) verwendet. Das Salzaerosol wird über eine Heizstrecke geführt, um das Wasser zu verdunsten. Die Salzkerne bleiben in der Luft. In einer Mischkammer wird das Prüfaerosol mit sauberer Luft verdünnt, um optimale Voraussetzungen für die Messung der Partikelkonzentration zu gewährleisten. Das verdünnte Prüfaerosol wird mit einem Rohgasphotometer charakterisiert, durch das zu testende Filtermedium geleitet und die gereinigte Luft durch ein weiteres Photometer erneut analysiert. Die Filtermedien werden mit einem Volumenstrom von 95 l/min gemessen. Anhand der ermittelten Penetrations- und Differenzdruckwerte kann das Filtermedium der FFP (Filtering Face Piece)-Klasse zugeordnet werden (DIN EN 149, diese verweist auf DIN EN 13274-7). Es werden 10 Probanden pro Filtermedium untersucht.

HINWEISE Angewandte Prüfnormen: DIN EN 149 verweist auf DIN EN 13274-7 | Eingesetzter Filtertester: Model 8130A von TSI GmbH konzipiert für die Prüfnorm DIN EN 143 /3/ | Orga.nico GmbH: wiederverwendbare Staubmaske: www.o-mask.de

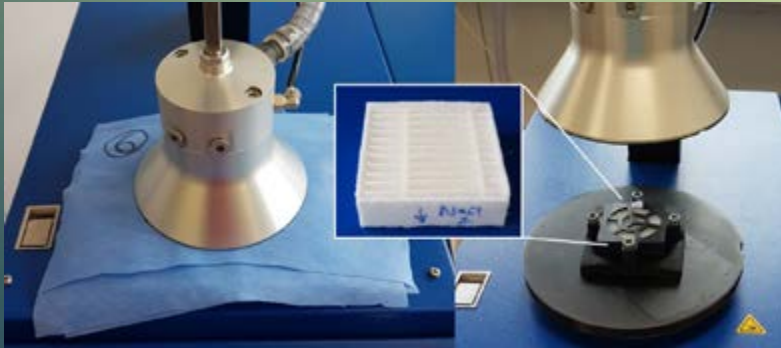


Bild 1: Testung vielfältiger Filtermedien: Flachmedien, Filterpanels, FFP- und OP-Masken

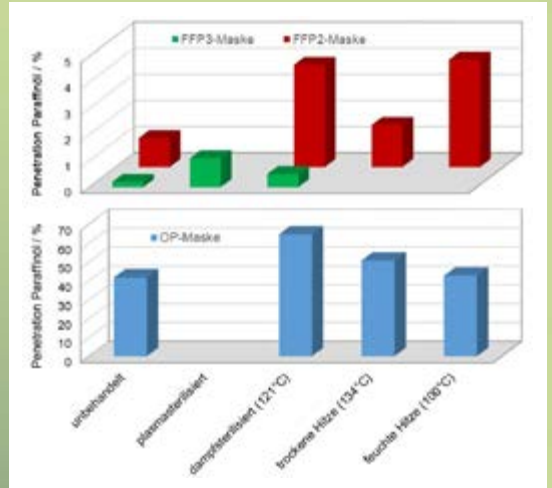


Bild 2: Sterilisationsmethoden und ihre Wirksamkeit für FFP- und OP-Masken dargestellt anhand der Paraffinölpenetration

ERKENNTNISSE

2020 wurden zahlreiche und unterschiedlichste Filtermedien getestet. Oft dienten die Untersuchungen der Vorbereitung zur Akkreditierung neuer Fertigungslinien zur FFP2-Maskenproduktion in Deutschland, um den zu Beginn der Corona-Pandemie bestehenden Mangel an Masken zu beheben. Damit einhergehend kam die Frage nach der Sterilisierbarkeit dieser auf. Es konnte gezeigt werden, dass die vielfältigen Sterilisationsarten zu einem Anstieg des Penetrationswertes führen, aber dieser für FFP2-Masken noch nicht eine Änderung der Klassenstufe mit sich bringt. Es zeichnet sich zudem ab, dass eine trockene Sterilisation zu bevorzugen ist. Der Atemwiderstand dagegen sinkt stark für jeden Maskentyp.



Wir tragen sie jeden Tag. Der eine den ganzen Tag, der andere ab und zu. Masken sind alltäglich geworden. Aber was leisten sie, wie wird ihre Effizienz bestimmt und sind sie sterilisierbar?

Dr.-Ing. Liliana Kotte

Industrie-4.0.-Membran | i-MWÜ4.0

Neuartige, messwertbasierte und qualitätsgesicherte
Wärme- und Stoffübertragung



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. (FH) Hannes Rosenbaum

TEAM Dr.-Ing. Ralph Krause, Dr. Thomas Oppelt,
Dipl.-Ing. (FH) Falko Ziller, Dipl.-Ing. (BA) Heiko Frank

PARTNER Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Luftbefeuchtung, kondensatfreie sorptive Luftentfeuchtung, Wärme- und Feuchterückgewinnung im Kreislaufverbundsystem, indirekte Verdunstungskühlung in Klima- und Prozesslufttechnik

ZIELSTELLUNG

Um Industrie-4.0- und Qualitätssicherungs-Standards zu erfüllen, wurden mit Planung, Auslegung und Fertigung vernetzbare Konstruktions-, Montage- sowie Prüfverfahren entwickelt. Zudem wurden Verfahren zur energetischen und hygienischen Zustandsdiagnose im Betrieb entwickelt und daraus ein parametergeführtes Wartungsmanagement zur Qualitätssicherung abgeleitet.

VORGEHEN

Die Entwicklung der Industrie-4.0-Membran-Wärme-und-Stoffübertrager basierte auf vier Schwerpunkten (Tools):

Für das PRÜFUNGSTOOL wurden Ansätze zur Adaption üblicher Prüfverfahren für Leckage, Dichtheit, Durchlässigkeit und Verarbeitungsqualität bzgl. zerstörungsfreier Prüfungen an Halbzeugen (i-MWÜ-Fertigung) und im Anlagenbetrieb entwickelt.

Aufbauend auf die Erfassung, Speicherung und Auswertung von Langzeitmessdaten eines Funktionsmusters wurde das DIAGNOSETOOL sowie das CONTROLLING- UND VERNETZUNGSTOOL des i-MWÜ4.0 erarbeitet. Im Fokus standen hygienische (Schimmelrisiko) und energetische Aspekte. Numerische Berechnungen mittels Bilanzgleichungen für Masse, Impuls, Energie und Spezies unterstützen die Selbstdiagnose und das maschinelle Lernen ebenso wie Materialkenndaten aus Laborversuchen. Eigens wurden Rechenalgorithmen zur Implementierung in ein Online-Monitoring programmiert – für Vergleich und Analyse von Real- und Vergleichsprozess.

Lösungsansatz für das FERTIGUNGSTOOL (automatisierbare Herstellung des i-MWÜ4.0) war die konzeptionelle konstruktive Überarbeitung bzgl. einer automatisierbaren Herstellung / Fertigung und Montage. Bevorzugt wurden serienfertigungstaugliche Materialien, Einzelteile, Halbzeuge, Anschlüsse und Verbindungstechnologien, die eine Abstimmung von Bauteilanordnung und Montageablauf ermöglichen.

Der Ruf zur Realisierung energieeffizienter sowie nachhaltiger Technologien und Prozesse in der Klimatechnik betrifft besonders die Luftbe- und Entfeuchtung —> Flüssigsorptionsprozesse. Neuartige Membran-Wärme- und Stoffübertrager, die über den gesamten Lebenszyklus messwertbasiert erst ausgelegt und dann geprüft, gewartet und optimiert werden, könnten helfen.

Dipl.-Ing. (FH) Hannes Rosenbaum

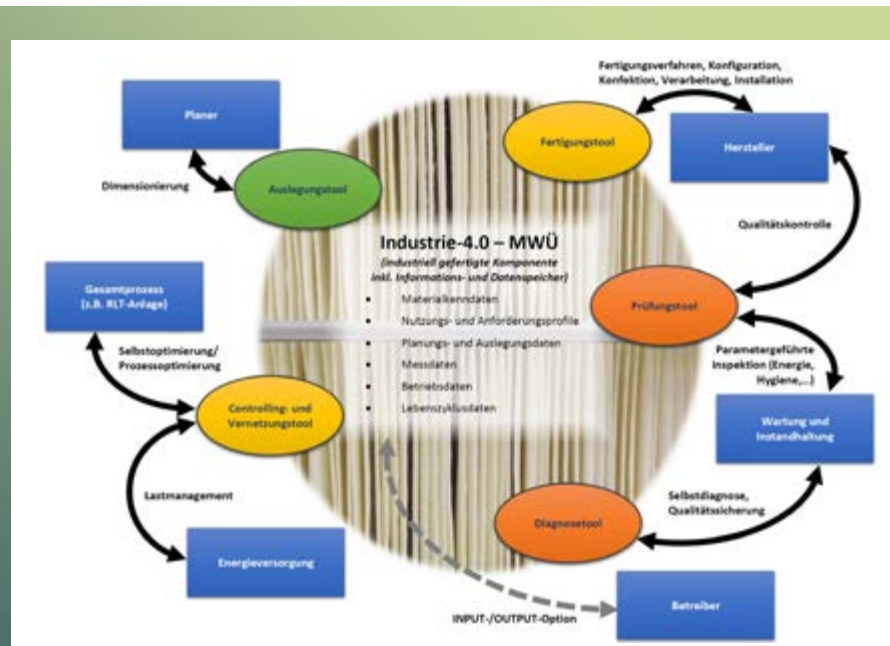


Bild 1: Interaktion eines i-MWÜ4.0

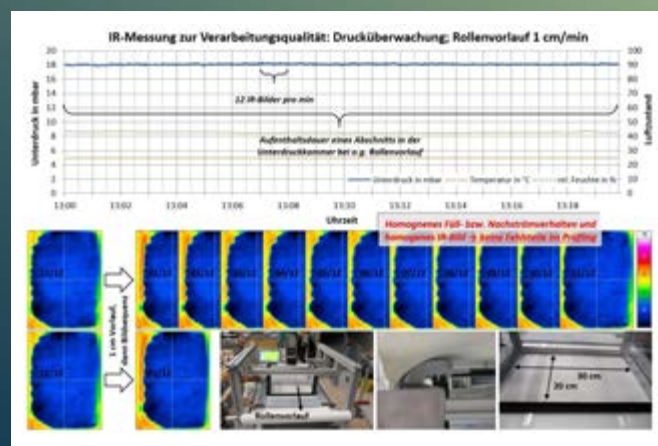


Bild 2: Zerstörungsfreie Halbzeugprüfung (Dichtheit, Leckage, Verarbeitungsqualität), durchströmbarer Textilverbund (Rollenware)

ERKENNTNISSE

Ergebnisse des erfolgreich abgeschlossenen FuE-Projektes sind u.a.:

- ein Prüfverfahren einschließlich Prüfvorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung durchströmbarer, mehrlagiger Textilverbunde (Schutzrechtsanmeldung): Prüfung von Dichtheit / Leckage und Verarbeitungsqualität an nicht konfektionierten Halbzeugen
- Monitoring der i-MWÜ4.0-Zustandsdaten (LabView)
- implementierter Algorithmus zur hygienischen Selbstdiagnose hinsichtlich Schimmelwachstumsrisiko
- implementierbarer Python-Code des idealen Vergleichsprozesses im i-MWÜ4.0 sowie der Berechnung realer Materialkenndaten aus Messdaten zur online-Analyse in Form des Soll-Ist-Vergleichs
- neue konstruktive Ansätze für 2- und 3-fluidige Membran-Wärme- und Stoffübertrager

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Simulationen für besondere Kulturschätze im Humboldt Forum

Numerische Strömungssimulation als integrales Planungswerkzeug



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. Donald Stubbe, Wissenschaftlicher Mitarbeiter **PARTNER** Stiftung Humboldt Forum im Berliner Schloss

EINSATZBEREICHE

Bewertung und Optimierung von raumluftechnischen Anlagen (RLT), Behaglichkeitskriterien für Personen und klimatechnisch schutzbedürftiger Güter sowie Brandschutzszenarien

ZIELSTELLUNG

In vielen Bereichen, speziell in der Gebäudeenergie-technik ist zum energieeffizienten Betrieb eine umfangreiche Planung und Analyse notwendig, die optimal auf die Nutzerbedürfnisse abgestimmt sein sollte. Darüber hinaus geht es um Verbesserungen im menschlichen Komfortbereich sowie die Einhaltung konservatorischer Anforderungen.

VORGEHEN

Das Raumklima „sensibler Gebäudebereiche“ wurde mit einem wissenschaftlich anerkannten Strömungssimulationsprogramm unter Berücksichtigung solarer Einstrahlung untersucht. Grundlage für die CFD-Simulationen war ein auf Basis vorliegender Planungsunterlagen erstelltes numerisches Modell. Dieses wurde entsprechend den Angaben des Auftraggebers geometrisch dimensioniert, vernetzt und anschließend unter Beachtung der aktuellen Randbedingungen numerisch berechnet. Für die Definition der relevanten Umgebungsbedingungen, d.h. die Implementierung von Klimadaten, wurden die des Testreferenzjahres [TRY] für Berlin verwendet. Die CFD-Strömungssimulationen im vorliegenden Fall wurden stationär, dreidimensional sowie vollturbulent unter Nutzung von ANSYS® FLUENT durchgeführt.

Repräsentativ wurden numerische Strömungssimulationen für den Luftraum von verschiedenen Ausstellungsräumen bzw. Portalen und Verbundräumen im Humboldt Forum durchgeführt. Dabei handelte es sich um Variationen der RLT-Anlage, insbesondere der Zuluffführung und deren Parameter. Ziel der Simulationen war es, für die vom Bauherrn definierten Nutzungsfälle und den zugehörigen Bewertungskriterien die Funktionalität des Kühl-, Heiz- und Lüftungssystems aufzuzeigen. Aus den Ergebnissen konnten damit praxisrelevante Optimierungshinweise abgeleitet werden.

LINKS www.humboldtforum.org | www.bbr.bund.de | www.ansys.com

ERKENNTNISSE

Die wesentlichen Bewertungskriterien für den Aufenthaltsbereich von Personen sind die Temperatur und die Strömungsgeschwindigkeit der Raumluft (bzw. das Zugluftrisiko nach DIN EN ISO 7730) sowie die Raumluftfeuchte. Deren Grenzwerte und ggf. abweichende Kriterien laut konservatorischen Maßgaben waren als Vorgaben des Bauherrn / der Nutzer anzusehen. Diese Kriterien sollten für Veranstaltungsräume und museale Bereiche im besonderen Maße eingehalten werden.



Bild 1: Blick in die Agora (3D Animation)

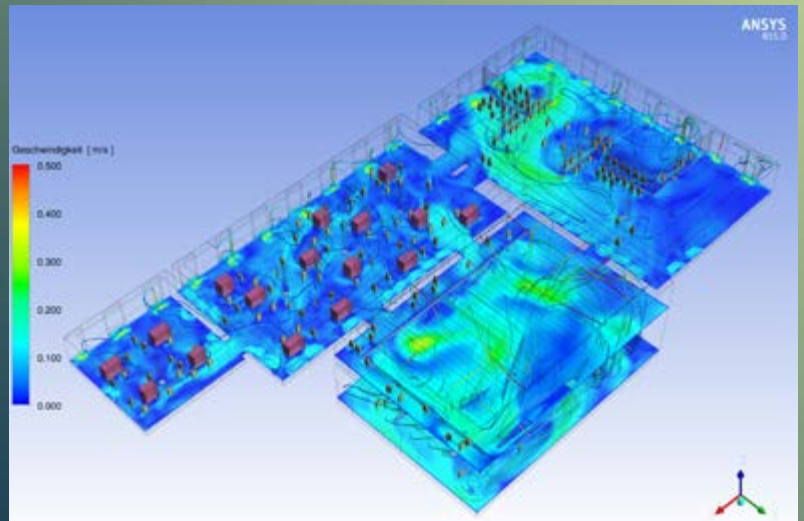


Bild 2: CFD-Ergebnisbild: Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit mit Stromlinien in Verbundräumen des HUF



2013 wurde der Grundstein für das wohl prominenteste Kulturbauvorhaben in der Mitte Berlins zu Beginn des 21. Jahrhunderts gelegt: Das Humboldt Forum (HUF) im wiederaufgebauten Berliner Schloss wird Deutschlands Schaufenster für die Kulturen der Welt. Die Wissenschaftler des ILK Dresden durften den anspruchsvollen Bau als Gutachter mit vielfältigem Know-how begleiten.

Dipl.-Ing. Donald Stubbe





UNSERE ERDE

SINNVOLL UND EFFIZIENT NUTZEN

**WIE KÖNNEN WIR DIE
BEGRENZTEN ROHSTOFFE
UND RESSOURCEN
UNSERER ERDE SINNVOLL
UND EFFIZIENT NUTZEN?**

UM AN DIESER GLOBALEN
AUFGABE EFFIZIENT MITZU-
WIRKEN, STEHEN DEUTSCHLAND
NUR INTELLIGENZ UND
ERFINDERGEIST ALS NATÜRLICHE
ROHSTOFFE ZUR VERFÜGUNG.

*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



ANGEWANDTE WERKSTOFFTECHNIK

DR. RER. NAT. MICHAEL GOLDBERG HAUPTBEREICHSLIETTER

Wie können wir die begrenzten Rohstoffe und Ressourcen unserer Erde sinnvoll und effizient nutzen? Diese Fragen sind unsere tägliche Herausforderung in der angewandten Werkstofftechnik. Das Spektrum ist breit. So prüfen wir beispielsweise in einem neuen In-Situ-Messverfahren, wie sich Polymere bereits WÄHREND der Medienbelastung und Dekompression verhalten. Das Ziel dieser Forschung besteht darin, eine zeit- und kostensparende Evaluierung für die Qualitätssicherung zu finden sowie Grundlagen für die Entwicklung neuer haltbarer Dichtungsmaterialien zu entwickeln und damit teure und umweltschädliche Kältemittelverluste zu minimieren.

Ein anderes Analyseverfahren des ILK Dresden führte zu einem Recyclingprozess von Lithiumbromidlösungen, mit welchem das wertvolle Metall Lithium als Sekundärrohstoff wiederverwendet werden kann. Dieses in Kooperation mit Johnson Controls Systems und Service GmbH und dem Freiburger Unternehmen LuxChemtech GmbH entwickelte Verfahren erhielt den eku-Zukunftspreis 2021 des Sächsischen Ministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft. Die ungebrochen große Nachfrage aus der Industrie sowie anderen Instituten zeigt, dass wir mit unserer Forschung aber auch den Labor-Dienstleistungen wichtige und ganz praktische Beiträge für ressourcenfreundliche Lösungen, Prozesse und Werkstoffe leisten.

Elektrochemische Dekontamination von leitfähigen Oberflächen

EDeKo II



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Torsten Burkholz,
Laborleiter TEAM Ronny Künanz, M. Sc. Christian
Hanzelmann **PARTNER** Bundesministerium für Wirt-
schaft und Klimaschutz, INNO-KOM Modul "Vorlauf-
forschung"

VERÖFFENTLICHUNG Burkholz, Egert, Jacob "Elektroche-
mische Dekontamination von leitenden Oberflächen: Von
grundlegenden Ideen zu neuen Ansätzen" WOMAG Ober-
flächen, 2014.

Jacob, Kirsch, Slusarenko, Winyard, Burkholz (eds.) "Recent
Advances in Redox Active Plant and Microbial Products:
From basic chemistry to widespread applications in Medicine
and Agriculture" Springer Science, 2015.

Burkholz "Oxidativer Stress und elektrochemische Dekonta-
minations-Verfahren in der Dialyse" Dissertation, UdS, 2010

EINSATZBEREICHE

Medizin, Hygiene, Kälteanlagenbau, (Trink-)Wasserversorgung

ZIELSTELLUNG

Ziel der Untersuchungen von EDeKo II ist der wissenschaftliche Nachweis der Erzeugung reaktiver Sauerstoffverbindungen (ROS) unter realitätsnahen Bedingungen (Druck, Temperatur, dynamische Mischungen), welcher den Einsatz der elektrochemischen Dekontamination innerhalb bestehender Reinigungsprozesse (Medizintechnik) ermöglichen soll.

VORGEHEN

Der Fokus des Projektes EDeKo II liegt im apparativen Aufbau mehrerer elektrochemischer Messzellen und spezifischer, neuartiger Edelstahl-Autoklavensysteme, die die Erzeugung und die Wirksamkeit von reaktiven Sauerstoffverbindungen (ROS) unter erhöhten Temperaturen, Drücken und in dynamischen Systemen zeigen sollen. Neben einer variablen Elektrodengeometrie und dem veränderlichen Abstand der Elektroden zueinander sollen auch der Einfluss von Wasserdampf, schwankende Elektrolytbedingungen sowie teilweise und vollständige Benetzung der Elektrodenoberflächen hierbei untersucht werden. Die Wirksamkeit der erzeugten ROS wird mittels einfacher biologischer Systeme (Proteine, Biofilm aus Leitungswasser) überprüft.

Die wissenschaftlichen Grundlagen (Elektrolytsystem, ROS-Erzeugung im Labormaßstab) zur hygienischen Reinigung von elektrisch leitfähigen Oberflächen wurden bereits im Projekt EDeKo ermittelt.

Die in dem aktuellen Projekt EDeKo II neu entwickelten und entworfenen Autoklavensysteme können in weiteren Folgeprojekten die Grundlage für diverse zusätzliche Fragestellungen im Bereich elektrochemischer Anwendungen bilden, z. B. für Korrosionsuntersuchungen und Materialkompatibilitätsprüfungen unter erhöhten Temperaturen und Drücken.

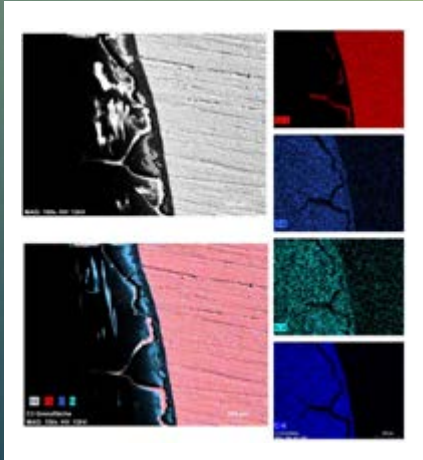


Bild 1: Elementverteilung einer mit Protein behandelten Cu-Oberfläche ohne elektrochemische Vorbehandlung.

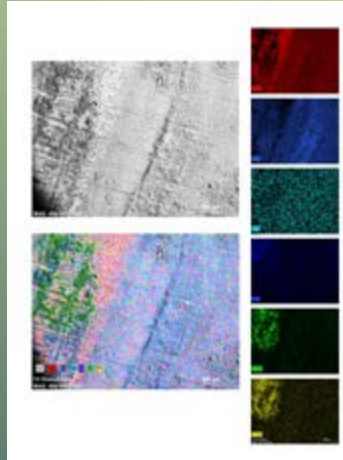


Bild 2: Nach elektrochemischer Vorbehandlung

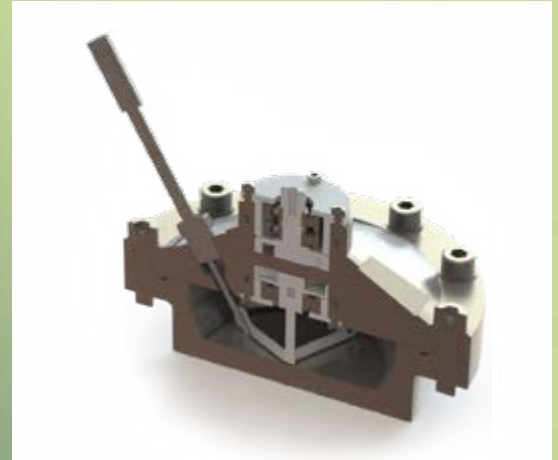


Bild 3: Querschnitt durch einen Autoklavendeckel inkl. Sensorhalter
→ Eigenbau ILK Dresden

ERKENNTNISSE

Das Projekt läuft seit Mai 2021 und zeigt erste wichtige Ergebnisse. Neue elektrochemische Zellen wurden konzipiert und gebaut. Einige dieser Zellen besitzen einen Dewar-Mantel aus Glas, um thermische Einflüsse genauer zu beobachten sowie einen variablen Elektrodenabstand, um die Arbeits- und die Gegenelektrode in unterschiedlichen Abständen und mit veränderlichen Geometrien zueinander betreiben zu können. Andere Zellen bestehen aus einem leitfähigen Metall (z. B. SS316, V4A Edelstahl), um den Behälter an sich als Kathode schalten zu können. Als Anode kommen hierbei bestimmte, oxidationsstabile Stähle zum Einsatz, die bereits im Vorgängerprojekt „EDeKo“ hierfür ausgewählt worden sind.

Das Projekt „Elektrochemische Dekontamination von leitfähigen Oberflächen“ (EDeKo II) beschäftigt sich mit der potentiellen Erweiterung der bestehenden Reinigungs- und Hygieneschritte von medizinischen Gerätschaften, von Kälteanlagen sowie Wasserleitungen, die die Brutstätte für resistente humanpathogene Krankheitserreger, wie Legionellen und Biofilme sein können.



Dr. rer. nat. Torsten Burkholz

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Initiierung eines Lithiumkreislaufes

Recycling von Lithiumbromidlösungen aus Absorptionskälteanlagen (ReLiA)



LEITUNG Dr. rer. nat. Steffen Feja, *Wissenschaftlicher Mitarbeiter* **TEAM** Dr. rer. nat. Franziska Krahl, Dr.-Ing. Margrit Junk, DI Rene Seidel, Katja Miersch, Isabel Martinez **PARTNER** Bundesministerium für Bildung und Forschung, LuxChemtech GmbH (ehemals Loser Chemie GmbH), Johnson Controls Systems & Service GmbH

EINSATZBEREICHE

Für die Erzeugung der Absorptionskälte wird die Temperaturabhängigkeit der physikalischen Löslichkeit zweier Stoffe genutzt. Sehr weit verbreitet ist das Arbeitsstoffpaar Wasser/Lithiumbromid.

ZIELSTELLUNG

Bisher werden die gebrauchten Arbeitsstoffe nach dem Lebensende solcher Anlagen der Entsorgung zugeführt; der Rohstoff Lithiumbromid wird dem Kreislauf entzogen. Ziel des Projektes war es, ein umweltfreundliches und ökonomisch tragfähiges, einsatzbereites Verfahren zur Aufarbeitung von gebrauchten, hochkonzentrierten Lithiumbromidlösungen zu entwickeln.

VORGEHEN

Während bei den meisten bisher bekannten Reinigungsverfahren von Industrierwässern die Entfernung aller Komponenten aus Wasser-/Abwasser im Fokus steht, soll mit dem im Projekt entwickelten Verfahren eine selektive Entfernung nur von definierten Stoffen (Ionen) aus der Lösung erfolgen, denn die Hauptkomponente Lithiumbromid (LiBr) soll in der Lösung verbleiben. Was für wässrige, niedrig konzentrierte Lösungen einfach durchzuführen und etabliert ist, wurde im Projekt durch die hohen Salzkonzentrationen erschwert. Die Analyse der Konzentration der zu entfernenden Stoffe, welche typischerweise im ppm Bereich liegen, erforderte eine innovative Adaption der Probenvorbereitungs- und Analysetechniken.

Im Rahmen des Projektes wurde eine einsatzbereite Pilotanlage aufgebaut, die eine "gebrauchte" LiBr-Lösung, welche mit Inhibitoren versetzt und mit Korrosionsprodukten behaftet ist, in eine regenerierte LiBr-Stammlösung überführt. Diese Anlage kann im Batch-Prozess ca. 1 m³ der Lösung in einen verkaufsfähigen Zustand entsprechend der Spezifikationen der am Markt verfügbaren neuen Lithiumbromidlösungen überführen.



Durch die Nutzung kostenloser Abwärmequellen zur Kälteerzeugung leisten Absorptionskälteanlagen einen unmittelbaren Beitrag zur Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung. Das im Projekt entwickelte Recycling-Verfahren für die Wiederverwendung der Arbeitsstoffe für LiBr-Absorptionskälteanlagen ist ein weiterer Baustein hin zu ressourcenschonender Wirtschaft.

Dr. rer. nat. Steffen Feja

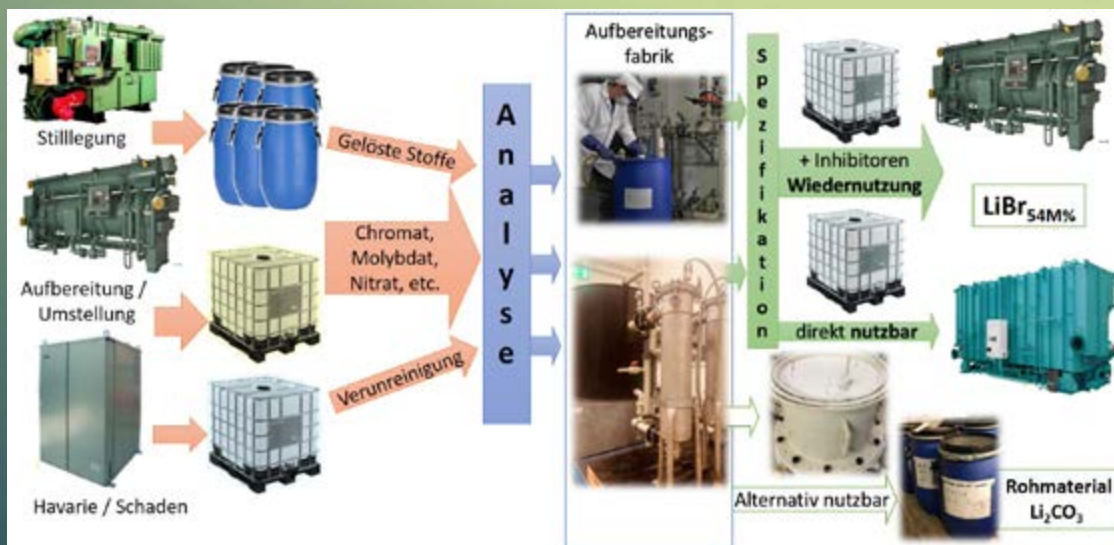


Bild 1: Wertschöpfungskette



Bild 2: Laborversuche zur Aufbereitung von LiBr-Lösung

ERKENNTNISSE

Für Lithiumbromidlösungen verschiedener Herkunft konnten Regenerationsverfahren sowohl im Labor als auch in einer Pilotanlage entwickelt werden. Dabei werden die Zusatzstoffe und Verschmutzungen gänzlich bzw. teilweise entfernt und die Lösungen in Stammlösungen überführt. Nach der Analyse mit speziell dafür entwickelten Analyseverfahren können diese Stammlösungen kundenspezifisch mit korrosionsschützenden und weiteren Additiven versetzt werden. Der Nachweis der Verwendbarkeit der regenerierten Lösungen wurde im Projekt durch Korrosionstests erbracht und kann für jede Lösung durch ein neu entwickeltes Analysenzertifikat bestätigt werden.

Hybrid-Fluid für CO₂-Sublimations-Kältekreislauf

Qualifizierung eines Esters für den Einsatz als Schmiermittel und Wärmeträger



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Joachim Germanus, Wissenschaftlicher Mitarbeiter **TEAM** Dr.-Ing. Margrit Junk, Dr. rer. nat. Steffen Feja, Dr.-Ing. Peter Röllig, Simon Günther **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, OQ Chemical GmbH

EINSATZBEREICHE

Der Einsatz erstreckt sich u.a. auf Anwendungen in Forschung und Entwicklung, der Lebensmittelindustrie, der Pharmaindustrie, bei denen Temperaturen zwischen -50 und -80 °C notwendig sind.

ZIELSTELLUNG

Mit der Synthese und der Untersuchung eines neuen Fluids soll die Möglichkeit geschaffen werden, mit ein und derselben Verbindung die Schmierung eines CO₂-Kältemittelverdichters zu realisieren und gleichzeitig die Sublimation von festem CO₂ in einem Wärmeübertrager zu ermöglichen.

VORGEHEN

Um CO₂ als Kältemittel in Kompressionskälteanlagen unterhalb von -50 °C nutzen zu können, sind neue technische Lösungswege notwendig. Eine Möglichkeit wird in der Nutzung des Phasenübergangs vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand für Tieftemperaturkühlzwecke gesehen. Dies ist für CO₂ unterhalb der Tripelpunkttemperatur von $-56,6$ °C gegeben. Bei Anwendung der Phasenübergänge flüssig-fest-gasförmig treten in einem herkömmlichen Kältekreislauf, in dem bisher lediglich der Phasenübergang flüssig-gasförmig genutzt wird, jedoch verschiedenste Probleme auf, die bisher nicht gelöst werden konnten. So gibt es beispielsweise Nachteile im Wärmeübergang und in der Kälteverteilung. Besonders wichtig ist jedoch auch der Rücktransport des Schmierstoffs zum Verdichter, der im Zusammenhang mit der CO₂-Sublimationskühlung ein bisher ungelöstes Problem darstellt. Aus diesen Gründen soll ein möglichst leicht herstellbarer Stoff gefunden werden, in dem die CO₂-Sublimation stattfinden kann und der im selben Kältekreislauf zur Verdichterschmierung genutzt wird. Neben der Synthese potentiell geeigneter Stoffe, sind diese für den Anwendungszweck zu untersuchen und zu testen, bevor anlagentechnische Umsetzungen möglich sind.

Mit der Nutzung eines anwendungsspezifischen Fluids besteht die Möglichkeit, Kältekreisläufe zur Tieftemperaturkühlung mittels CO_2 -Sublimation aufzubauen. Damit könnte CO_2 als ein nicht brennbares Kältemittel für Kühlzwecke bis ca. $-75\text{ }^\circ\text{C}$ eingesetzt werden. Aus umweltpolitischer Sicht stellt dies eine sinnvolle Möglichkeit dar, klimaschädliche Kältemittel abzulösen.

Dr. rer. nat. Joachim Germanus

ERKENNTNISSE

Aus einer Vorauswahl verschiedenster Stoffklassen wurden fünf Esterverbindungen ausgewählt und nach erfolgter Synthese auf ihre physikalisch-chemische Eignung untersucht. Dabei erfüllten zwei Verbindungen die Vorgabekriterien. Der Stoff mit den besseren Eigenschaften wurde in einer Gasschleife (verkürzter Kältekreislauf) im Langzeittest über 500 h auf seine Schmierwirkung in einem Verdichter getestet. Die anschließende Befundung lässt einen geringen Verschleiß der Verdichterbauteile sowie keine stoffliche Veränderung am Ester erkennen. Es spricht somit vieles für den Einsatz des Hybrid-Fluids in einem Tieftemperatur-Kältekreislauf (Kühlkaskade) für nächste Tests. Die Realisierung ist in einem Folgeprojekt vorgesehen.



Bild 1: Experimenteller Aufbau einer Gasschleife zum Test der Schmierwirkung des ausgewählten Hybrid-Fluids



Bild 2: Sublimierendes CO_2 im Ester bei $-78\text{ }^\circ\text{C}$ und 1 bar

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Neuartige Sperrschichten zur Verminderung der R744-Permeation

Gezielte Oberflächenmodifizierung
flexibler Elastomer-Dichtungsmaterialien



PROJEKTLÉITUNG M. Sc. Christian Hanzelmann,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter **TEAM** Dr.-Ing. Alexander Kerkau, Dr.-Ing. Margrit Junk, Dr. rer. nat. Torsten Burkholz, Simon Günther **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, FILK Freiberg Institute gGmbH, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

EINSATZBEREICHE

Flexible CO₂-Dichtungsmaterialien mit gezielter Oberflächenmodifizierung für den Einsatz in der stationären und mobilen Kältetechnik mit dem Ziel der vermehrten Etablierung von CO₂-Klimaanlagen.

ZIELSTELLUNG

Das Forschungsziel bestand in der Entwicklung und Herstellung von Sperrschichten auf preiswerten, kommerziell verfügbaren Elastomer-Dichtungsmaterialien als CO₂-Permeationsbarriere zur Verminderung der Diffusion und explosiven Dekompression, verbunden mit der Ermittlung geeigneter Prozessparameter und der Entwicklung einer geeigneten Prozesskette im Labormaßstab.

VORGEHEN

Die Durchführung des Projektes unterteilte sich in drei Abschnitte. Begonnen wurde mit Voruntersuchungen zum mechanischen, chemisch-physikalischen und Permeations-Verhalten an flächigen Substraten zur Vorauswahl geeigneter Elastomer-materialien. Zur Bestimmung der Permeation wurde eine Anpassung bestehender Messzellen durchgeführt und ein Permeationsschnelltest entwickelt.

Nach der Auswahl geeigneter Elastomer-materialien fand die Validierung verschiedener Oberflächenmodifizierungsverfahren – Gasphasenfluorierung, ND-/AD-Plasmaverfahren, Parylen-Abscheidung und Ethylen-Vinylalkohol (EVOH)-Beschichtung – statt. Die mit diesen Verfahren funktionalisierten und/oder beschichteten Elastomersubstrate wurden bzgl. mechanischer, chemisch-physikalischer und Permeations-Eigenschaften bewertet.

Die präferierten Beschichtungsverfahren wurden auf die 3D-Formkörper (O-Ringe) übertragen und entsprechend angepasst. Die mechanischen und chemisch-physikalischen Untersuchungen zur Charakterisierung des Langzeitverhaltens und der Schichtstabilität gegenüber CO₂ inklusive explosiver Dekompression erfolgten sowohl an den unbehandelten als auch modifizierten O-Ringen. Abschließend wurde die CO₂-Permeation gemessen und die Gesamtverringering ermittelt.

Die Ergebnisse des Projekts können einen positiven Beitrag leisten, die Kosten für qualitative hochwertige Dichtungen für R744-Kälte- und Klimaanlage zu senken und damit Hindernisse für den Einsatz des umweltfreundlichen, natürlichen Kältemittels R744 auch im Bereich der PKW-Klimatisierung abzubauen.

M. Sc. Christian Hanzelmann



Bild 1: Schematische Darstellung eines Mehrschichtaufbaus von der Charakterisierung der Einzelschichten bis zum fertigen O-Ring

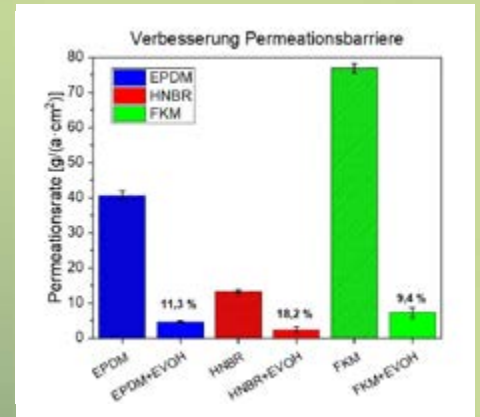


Bild 2: Verbesserung der CO₂-Permeationsbarriere durch EVOH auf verschiedenen Elastomersubstraten

ERKENNTNISSE

Mit zwei Oberflächenmodifizierungsverfahren – Parylen-Abscheidung und Ethylen-Vinylalkohol (EVOH)-Beschichtung – konnten signifikante Reduzierungen der CO₂-Permeation auf Elastomer-Flachmaterial erreicht werden. Die größte Verbesserung der Permeationsbarriere (um 80 bis 90 % für EPDM, HNBR, FKM) bei gleichzeitiger sehr guter Haftung der Beschichtung wurde mit EVOH erzielt. Die auf (2-dimensionalem) Elastomerplattenmaterial gewonnenen Ergebnisse konnten auf (3D) O-Ring-Dichtungen erfolgreich übertragen werden. Darüber hinaus ist dieses Verfahren als Tauch- oder Sprühverfahren sehr gut in den Fertigungsprozess der Dichtungen einzubinden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

In-Situ-Untersuchungen zum Quellverhalten von Polymerwerkstoffen

Volumenänderung von Elastomeren in Fluiden unter Druck- und Temperaturbelastung



PROJEKTLEITUNG Dr.-Ing. Margrit Junk, *Wissenschaftliche Mitarbeiterin* **TEAM** Dr. rer. nat. Joachim Germanus, Dr.-Ing. Carmen Hille, Dr. rer. nat. Alexander Kerkau, Simon Günther **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Die Messung der Quellung von Materialien unter praxisrelevanten Bedingungen ermöglicht eine bessere Werkstoffevaluierung sowie ein früheres Erkennen von Schädigungsprozessen an Dichtungen.

ZIELSTELLUNG

Im Projekt wird eine Methode zur In-Situ-Messung der Volumenänderungen von Polymerwerkstoffen unter Medien-, Temperatur- und Druckbelastung entwickelt. Diese ergänzt die etablierten Alterungstests, bei denen die Werkstoffeigenschaften erst nach Entnahme der Prüflinge aus dem Autoklaven unter Normalbedingungen (insb. Druckausgleich auf Normaldruck) geprüft werden.

VORGEHEN

Die experimentelle Grundlage des Projektes bildet ein Durchsichtautoklav, der Untersuchungen bis zu einer Temperatur von 80 °C bei Drücken von maximal 90 bar ermöglicht. Dieser wird mit Messsystemen, basierend auf 2D-Durchlichtprojektion und Kameraaufzeichnung ergänzt. Des Weiteren wird der Autoklav mit speziellen Probenhalterungen ausgestattet.

Die In-Situ-Untersuchungen werden mit R744 und R1234yf und zum Teil mit Kältemittel-Öl-Mischungen an gängigen Elastomeren erfolgen. Die Auslagerung der Proben erfolgt dabei in gasförmigem, flüssigem und auch im überkritischem Kältemittel. Tests mit mechanisch vorgespannten Elastomere sollen Erkenntnisse zum Verhalten bei Druckwechsel und explosiver Dekompression geben.

Neben den In-Situ-Untersuchungen werden klassischen Auslagerungen in Autoklaven unter gleichen Zustandsbedingungen wie im Durchsichtautoklaven mit einer zeitlich gestaffelten Prüfung durchgeführt. Dadurch kann ein Zusammenhang zwischen einem zeitabhängigen Quellverhalten und weiteren sich ändernden Materialeigenschaften hergestellt werden.

Die Messdaten werden zudem hinsichtlich kinetischer Zusammenhänge zum Quellverhalten ausgewertet, um Vorhersagen zur zeitlich notwendigen Einlagerungsdauer von Polymeren für künftige Untersuchungen zu ermöglichen.

GLOSSAR R744 und R1234yf = Kältemittel

ERKENNTNISSE

Das Projekt wurde im April 2021 begonnen. Bisher erfolgten Aufbauarbeiten und Anpassungen am Dichtungssystem des Durchsichtautoklaven für höhere Drücke. Darüber hinaus wurde ein 2D-Durchlicht-Messsystem und ein hochauflösendes Kamerasystem angeschafft und erprobt.

Um eine homogene Temperaturverteilung im Autoklav zu erreichen, muss das Fluid in einer geeigneten Weise durchmischt werden. Hierzu wurde ein Rührwerk konstruiert, welches über eine Magnetkupplung am Autoklavenboden angetrieben wird. Derzeit werden das Rührwerk sowie Probenhalterungen für den Einsatz im Autoklaven gefertigt. Die Auswahl der Arbeitsfluide für die Prüfungen ist erfolgt, die zu prüfenden Werkstoffe sind in Diskussion.



Bild 1: Hochdruckautoklav mit Durchlicht-Messsystem

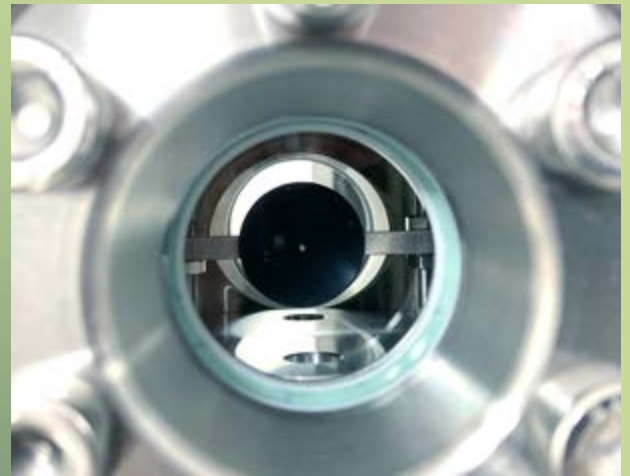
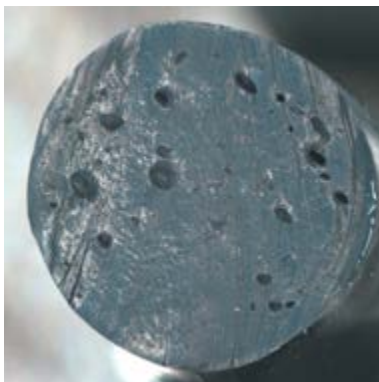


Bild 2: Prototyp einer Probenhalterung für Elastomere



Die Minimierung von Kältemittelverlusten wird sowohl aus Sicht des Klimaschutzes als auch aus wirtschaftlichen Gründen angestrebt. Um den steigenden Anforderungen an die Dichtheit von Anlagen gerecht zu werden, sollen Prüfungen unter realen Einsatzbedingungen wie Medienbelastung und Einbausituation dazu beitragen, Dichtungsmaterialien und -systeme zu optimieren.

Dr.-Ing. Margrit Junk

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Korrosionsinhibitor für Ammoniak-Absorptionsanlagen

Entwicklung einer ungiftigen und nicht-karzinogenen Alternative



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Franziska Krahl, Wissenschaftliche Mitarbeiterin **TEAM** Dr. rer. nat. Steffen Feja, Ute Leuteritz, Katja Miersch **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURO-NORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Ammoniak-Absorptionsanlagen, Ammoniak-Absorptionskältemaschinen, Ammoniak-Absorptionswärmepumpen

ZIELSTELLUNG

Für den Einsatz in Ammoniak-Absorptions-Anlagen soll ein ungiftiger und nicht-karzinogener Korrosionsinhibitor als Ersatz für bisher übliche Cr(VI)-haltige Verbindungen identifiziert werden. Ein dazu notwendiges effektives Testverfahren soll ebenfalls entwickelt werden, welches die spezifischen Korrosionsbedingungen in den Anlagen abbildet und simuliert.

VORGEHEN

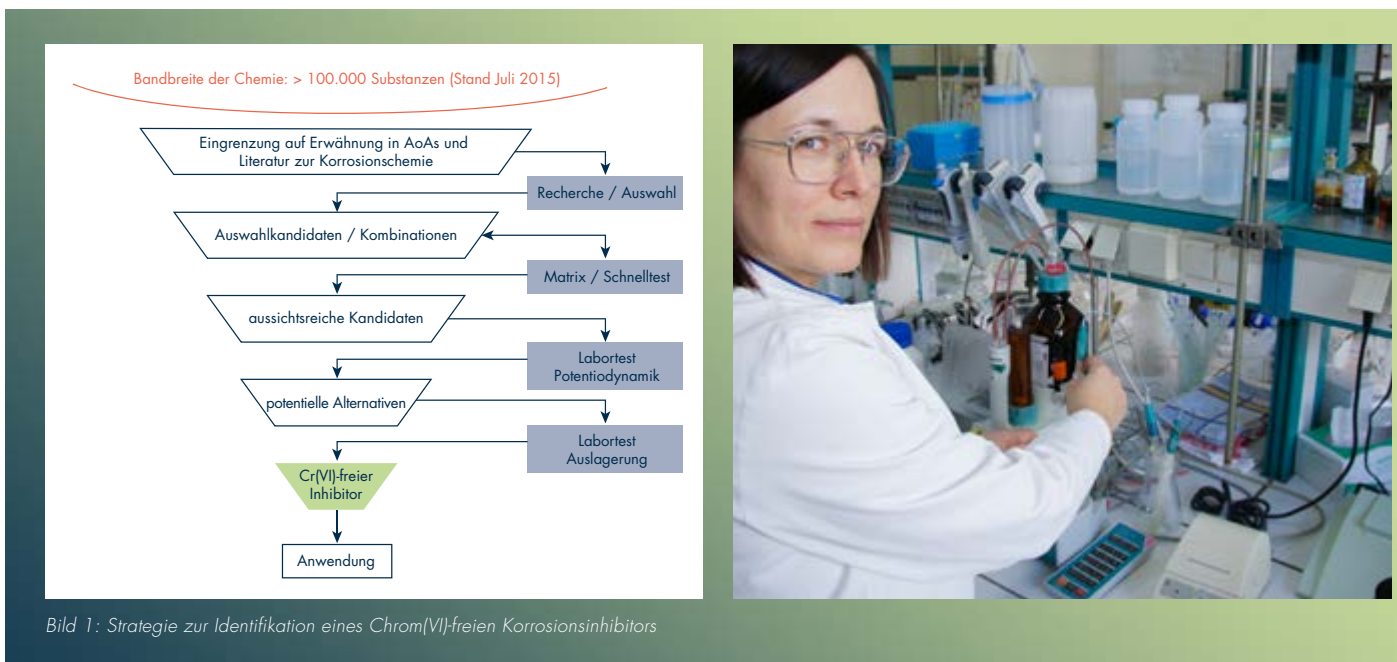
Die Identifikation eines oder mehrerer alternativer Korrosionsinhibitoren erfolgt über einen neuartigen Ansatz, der ein breites Screening verschiedener Substanzkombinationen ermöglicht. Dafür wird ein Matrix-Schnelltest entwickelt, mit dem zahlreiche Kombinationen getestet werden können. Dabei gilt es auch scheinbar weit hergeholte und unmöglich erscheinende Varianten zu untersuchen.

Im Anschluss an das Matrix-Screening sollen in Laborversuchen aussichtsreiche Kandidaten weitergehend untersucht werden. Dabei ist eine wesentliche Herausforderung, die spezifischen Korrosionsbedingungen in der Anlage zu identifizieren und diese unter Laborbedingungen zu simulieren. Um dies zu erreichen, muss ein Labortest entworfen werden, der die Bedingungen der Ammoniak-Absorptionsanlagen abbildet. Diese Korrosionsbedingungen beziehen sich auf die Prozesstemperatur, den Druck, die Zusammensetzung der Absorptionsflüssigkeit und den Zustand der Metalloberflächen.

Eine geringe Anzahl von Substanzen soll abschließend unter diesen annähernd realistischen Prozessbedingungen getestet werden. Dies beinhaltet Tests in einem realen Absorptionskreislauf (Demonstrator). Außerdem sollen Feldtests gestartet werden.

Ammoniak-Absorptionsanlagen können ohne fossile Energieträger betrieben werden und die eingesetzten Arbeitsstoffe Wasser und Ammoniak sind natürlich vorkommende Verbindungen (GWP = 0, ODP = 0). Allerdings erfolgt der Korrosionsschutz in den Anlagen durch den Einsatz krebserregender Chrom(VI)-Verbindungen. Im Rahmen des Projektes wird dafür eine Alternative entwickelt.

Dr. rer. nat. Franziska Krahl



ERKENNTNISSE

Im Rahmen einer intensiven Literaturrecherche werden zunächst Substanzen identifiziert, die jeweils unter spezifischen Bedingungen Korrosionsschutzeigenschaften gegenüber Stahl ausweisen. Da bisher keine Einzelverbindung eine mit Cr(VI) vergleichbare Korrosionshemmung aufzeigt, liegt der Fokus auf synergistischen Kombinationen von zwei oder mehr Verbindungen.

Parallel zur Literaturrecherche erfolgt die Entwicklung und der Aufbau des Matrix-Schnelltests auf Basis elektrochemischer Messungen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Glyksens

Zustandssensor für (glykolhaltige) Wärmeträgerflüssigkeiten



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Alexander Türke,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter **TEAM** Ronny Künanz,
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Rittsche, Dipl.-Ing. Wolfgang
Hernschier **PARTNER** EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Monitoring von glykolhaltigen Wärmeträgerflüssigkeiten sowohl im Bereich industrieller Kältenetze als auch im Bereich der häuslichen Überwachung von Solarthermieanlagen und Solewärmepumpen.

ZIELSTELLUNG

Es sollte ein Sensorsystem entwickelt werden, welches die Parameter Inhibitor-konzentration bzw. -schutzwirkung, Frostschutz und pH-Wert von glykolhaltigen Wärmeträgerflüssigkeiten, wie sie in der Solarthermie und in der Kältetechnik vorkommen, überwachen kann. Diese Parameter sollten dem Anlagenbetreiber durch eine Netzwerkschnittstelle bereitgestellt werden.

VORGEHEN

Mit Hilfe der elektrochemischen Impedanzspektroskopie wurden die Parameter Glykolgehalt, Inhibitorschutzwirkung und Reservealkalität bestimmt. Dazu wurden verschiedene Arbeitselektroden getestet. Anschließend erfolgte eine Einbettung von insgesamt vier Elektroden (3 Arbeitselektroden und eine Referenzelektrode) in eine Polymermatrix, welche von einem Edelstahlrohr (Gegenelektrode) umgeben ist. Dieser Aufbau ist zusammen mit einer pH-Elektrode und eines integrierten Temperaturfühlers in Bild 1 zu sehen und stellt den Sensorkopf dar. Für die Ansteuerung der Arbeitselektroden, der Messung und Auswertung und der Kommunikation wurden Platinen entwickelt und gefertigt, welche sich im Sensorgehäuse befinden. Mit Hilfe dieses Prototypen wurden zahlreiche Messungen zur Kalibrierung und Auswertung der Messergebnisse durchgeführt.

ERKENNTNISSE

Im Rahmen des Projektes konnten erfolgreich mehrere Funktionsmuster für die Überwachung von Anlagen mit glykolhaltigen Wärmeträgermedien entwickelt und hergestellt werden. In der Abbildung 1 ist der Aufbau des Sensors zu sehen. Abbildung 2 zeigt den Anlagenzustand auf einem Smartphone in Form einer Ampel und zusätzlich das zur Parametrisierung des Sensors entsprechende Programm. Für eine breite Anwendung müssen noch Parametersätze von verschiedenen Wärmeträgerflüssigkeiten hinterlegt werden, um die Genauigkeit der Messung zu verbessern.



Sensoren befinden sich in einer Vielzahl von Anlagen und können Schäden oder ungünstige Anlagenzustände frühzeitig detektieren. Somit können Umweltschäden, wie z.B. austretendes Glykol in das Grundwasser verhindert und Anlagenzustände überwacht werden. Dieses Projekt dient der Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit und schont bzw. schützt die natürlichen Ressourcen.

Dr. rer. nat. Alexander Türke



Bild 1: Funktionsmuster mit Sensorkopf und Auswerteelektronik



Bild 2: Abfrage der Messwerte mittels Smartphone (links) und Parametrisierung über integriertem Webserver (rechts)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Neue Wege im medizinischen Wassermanagement

Energieeffiziente Behandlung von Prozessabwässern aus der Membranherstellung



PROJEKTLEITUNG Dr. rer. nat. Jörg Waschull, *Wissenschaftlicher Mitarbeiter* **TEAM** Dipl.-Ing. Wolfgang Henschler, Dipl.-Ing. (FH) Andreas Rittsche, et al.
PARTNER Bundesministerium für Bildung und Forschung, B. Braun, TU Dresden, DAS, Wasserwerkstatt, CUP, ME-Sep

EINSATZBEREICHE

Chemische Industrie, Verfahrenstechnik, Wasserwirtschaft

ZIELSTELLUNG

Das Projektziel besteht in der Entwicklung eines mehrstufigen Verfahrens zur Aufbereitung lösungsmittelhaltiger Prozesswässer aus der Membranherstellung zur Rückführung der aufbereiteten Prozesswässer in den Herstellungsprozess. Dadurch sollen Frischwasser eingespart und die Verlagerung umweltkritischer Substanzen auf kommunale Kläranlagen reduziert werden.

VORGEHEN

Die Entwicklung des Aufbereitungsverfahrens – eine Kombination aus einem Biofilmreaktor mit nachgeschaltetem Bodenfilter und Membranreinigungsstufe – erfolgt bei den Projektpartnern.

Das ILK Dresden widmet sich innerhalb des Konsortiums der Einbindung innerbetrieblich anfallender Abwärme in den Aufbereitungsprozess der Abwässer incl. Bestandsaufnahme, Darlegung von Nutzungsoptionen und Erprobung in einer Pilotanlage.

Weiterhin zeichnet es für die Datenerfassung, -aufbereitung und -verteilung von Messwerten aus der Pilotanlage verantwortlich. Für diese Aufgabe wird eine speicherprogrammierbare Steuerung konzipiert und programmiert, eine Datenbank aufgebaut und eine bidirektionale Kommunikation mit einem Simulationsmodell des Aufbereitungsverfahrens (erstellt TU) etabliert. Diese dient unter anderem der Parametrierung des Modells und der Übertragung von Handlungsanweisungen aus dem Modell an die Pilotanlage.

Das ILK Dresden entwickelt ein Optimierungsmodell für die Einbindung der Abwasserbehandlung in den Industrieprozess, das zusätzliche Speicher- und Mischkomponenten implementieren kann.

ERKENNTNISSE

Das Projekt wurde im Frühjahr 2021 gestartet. Die Konzeptentwicklung für das Datenerfassungssystem ist weit fortgeschritten. Sensorik und Aktorik der aufzubauenen Pilotanlage sind festgelegt und Verantwortlichkeiten geklärt.

An einem Modell eines fiktiven industriellen Wasserpfades wurden Optimierungsrechnungen zur Integration von Zwischenspeichern demonstriert. Dabei wurden sowohl technische als auch ökonomische Parameter mittels evolutionärer Algorithmen optimiert. Die Ergebnisse bestätigen die Gangbarkeit des Lösungsweges.

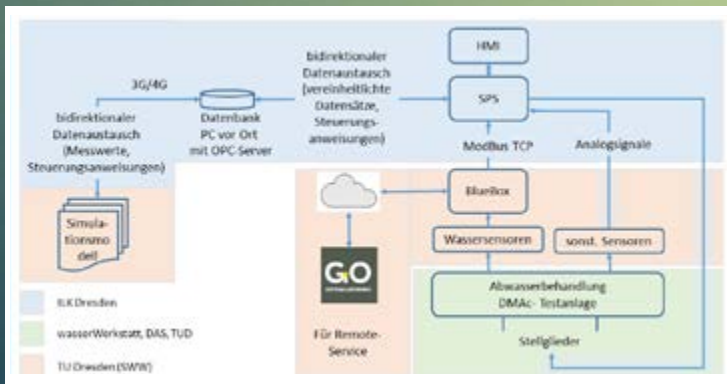


Bild 1: Darstellung der geplanten Struktur der Datenerfassung und -übertragung an der Pilotanlage

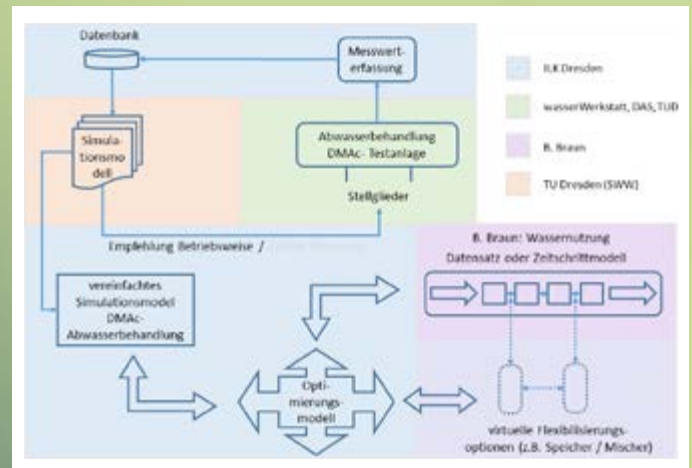


Bild 2: Darstellung der Einbindung der Optimierungsrechnungen in die allgemeine Struktur des Verbundprojektes



Ressourcenschonung ist unabdingbare Voraussetzung für nachhaltiges Wirtschaften. Dies gilt insbesondere für unser wichtigstes Lebensmittel: Wasser.

Dieses Projekt leistet einen Beitrag dazu, Hochtechnologie und Ressourcenschonung in Einklang zu bringen.

Dr. rer. nat. Jörg Waschull





WIE HEIZEN WIR UNSERE HÄUSER OHNE FOSSILE BRENNSTOFFE?

ZUM ERSTEN MAL IN DER GESCHICHTE DER WELTKLIMAKONFERENZEN HABEN SICH IN GLASGOW IM NOVEMBER 2021 ALLE STAATEN AUF EINE BESCHLEUNIGTE GLOBALE ENERGIEWENDE WEG VON DER KOHLEVERBRENNUNG GEEINIGT.

*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



ANGEWANDTE ENERGIETECHNIK

DR.-ING. MATHIAS SAFARIK HAUPTBEREICHSLIETTER

Wärmepumpen, angetrieben durch erneuerbar erzeugten Strom, werden eine wesentliche Rolle bei der Ablösung fossiler Brennstoffe spielen. Sie werden zunehmend auch im größeren Leistungsbereich eingesetzt, um nicht nur einzelne Häuser sondern ganze Siedlungen und Quartiere zu versorgen sowie bestehende Fernwärmenetze weiter nutzen zu können. Große Wärmepumpen benötigen leistungsfähige und effiziente Wärmequellen. An geeigneten Standorten sind Seen, Flüsse und das Meer ergiebige Wärmequellen. Das AQVA HEAT Konzept des ILK Dresden überwindet zentrale Problemstellungen bei der thermischen Gewässernutzung. Die Nutzung der Gefrierwärme ermöglicht einen ganzjährigen Betrieb, auch bei sehr kaltem Wasser. Mit dem Abschluss der Studie „Seethermie“ der Innovationsregion Mitteldeutschland wurde erstmalig die Umsetzung einer Vakuumeis-basierten thermischen Seewassernutzung anhand eines konkreten Beispiels am Zwenkauer See untersucht. Zudem wurden die Auswirkungen auf die Gewässerökologie betrachtet und wichtige Genehmigungsgrundlagen gelegt. In 2022 wird dann auch der praktische Funktionsnachweis erfolgen.

Subatmosphärische Ein- und Zweiphasenkühlung von Rechenzentren mit Wasser



PROJEKTLEITUNG Dr.-Ing. Bodo Burandt, *Stellvertretender Hauptbereichsleiter* **TEAM** Dr.-Ing. Mathias Safarik, Dipl.-Ing. Carsten Heinrich, Dipl.-Ing. Jannik Schug, Dipl.-Ing. (FH) Stefan Sauer **PARTNER** Cloud & Heat Technologies GmbH

EINSATZBEREICHE

Kühlung von elektronischen Bauteilen, Server, Server-Racks und Rechenzentren

ZIELSTELLUNG

Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und praktische Erprobung eines Systems zur Flüssigkeitskühlung elektronischer Komponenten bei gleichzeitiger, sicherer Vermeidung leckagebedingter Schäden durch den Betrieb im Unterdruck unter Berücksichtigung der Nutzung der Abwärme auf einem hohen Temperaturniveau für verschiedene Anwendungen.

VORGEHEN

Als Arbeitsmedium ist Wasser vorgesehen. Mit Wasser wird ein Medium mit hervorragenden umweltfreundlichen Eigenschaften, einer hohen Wärmekapazität und einer hohen Verdampfungsenthalpie eingesetzt. Der ODP- und der GWP-Wert sind 0. Weiterhin ist Wasser ein preiswerter und stets verfügbarer Stoff. Prinzipiell werden im Projekt zwei unterschiedliche Wasserkühlungsvarianten (Einphasen- und Zweiphasenkühlung) entwickelt und untersucht.

Durch eine Absenkung des Druckes bei der Einphasenkühlung unter Umgebungsdruck (subatmosphärische Wasserkühlung) kann das Austreten der Kühlflüssigkeit bei Defekten im Kühlsystem durch im Projekt zu entwickelnde und zu untersuchende Maßnahmen verhindert werden. Durch die direkte Kühlung mit Wasser wird die flächenspezifische Wärmeaufnahme vergrößert, die Temperaturdifferenz zwischen Kühlmedium und Kühlobjekt verkleinert und somit Abwärme auf einem höheren Temperaturniveau bereitgestellt.

Bei der Zweiphasenkühlung kann durch die Verdampfung des Wassers in den Wärmeübertragern der elektronischen Komponenten eine höhere Energiemenge bei gleichem Massenstrom aufgenommen und abtransportiert werden.

Die Zukunft der Rechenzentrenkühlung liegt in der direkten Flüssigkeitskühlung bei hohen Temperaturen mit integrierter Abwärmenutzung

Dr.-Ing. Bodo Burandt

ERKENNTNISSE

Im Projekt wurde ein System für die subatmosphärische Wasserkühlung entwickelt und ausgelegt. Es wurde eine Lösung gefunden, mit der ein Austreten von Kühlflüssigkeit bei Lecks verhindert werden kann. Hierfür wurde ein Prüfstand entwickelt und aufgebaut. Zum Test der subatmosphärischen Wasserkühlung und simulierter realer Lecks erfolgte die Kopplung mit einem Rack (Servern und Loadbanks) mit einer elektrischen Anschlussleistung von 25 kW. Die Inbetriebnahme und experimentellen Untersuchungen erfolgen demnächst.



Bild 1: Prüfstand subatmosphärische Wasserkühlung von Rechenzentren

KristOut – Kristallisationsvermeidung in Absorptionskälteanlagen

Entwicklung und Anwendung eines Kristallisationsinhibitors



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. Lutz Richter, *Wissenschaftlicher Mitarbeiter* **TEAM** Dr. rer. nat. Steffen Feja, Dr. rer. nat. Franziska Krahl, Dipl.-Ing. (FH) Christine Tillmann **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, EURONORM GmbH

EINSATZBEREICHE

Thermische Flüssigeiserzeugung, Resorptionskälteanlagen für $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, Absorptionswärmepumpen, HT-Absorptionskälteanlagen, direkt luftgekühlte Absorptionskälteanlagen, Wärmetransformatoren

ZIELSTELLUNG

Die Zielsetzung des Projekts war die Entwicklung eines Kristallisationsinhibitors für $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ -Absorptionskälteanlagen, der in einer ausgeführten Anlage erfolgreich untersucht werden sollte. Zielparameter waren eine signifikante Reduzierung des Kristallisationsrisikos, keine Leistungs- und Effizienzreduktion der AKA und die Verträglichkeit mit dem Korrosionsinhibitor.

VORGEHEN

Der Kristallisationsinhibitor wurde zuerst im Labor durch Zugabe in $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ -Lösungen hinsichtlich der Auswirkung auf die Kristallisation, der Verträglichkeit mit Korrosionsinhibitoren und des Korrosionsverhaltens untersucht. Der Inhibitor verstärkte nicht die Korrosionsneigung in wässrigen Lithiumbromidlösungen, führte zu keinen negativen Reaktionen mit den Korrosionsinhibitoren und es traten keine Zersetzungs- oder Ausfällerscheinungen, auch bei Lösungstemperaturen größer $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Anschließend wurde der Inhibitor in einer Absorptionskälteanlage getestet.

ERKENNTNISSE

Durch die Zugabe des Inhibitors in eine $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ -Absorptionskälteanlage konnte diese mit Heizmedientemperaturen betrieben werden, bei denen die Kristallisation startet, die rd. 10 K über denen bei Verwendung reiner $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ -Lösung ohne Inhibitor lagen. Auch sind tiefere Kühlwassereintritts- und Kälteerägeraustrittstemperaturen möglich. So kann beispielsweise zur Realisierung einer gewünschten tiefen Kälteerägertemperatur entweder eine höhere Heizmedientemperatur oder je nach Außenluftbedingungen eine tiefere Kühlwassertemperatur genutzt werden. Damit verbunden sind Leistungs- und Effizienzsteigerungen der Absorptionkälteanlage.

GLOSSAR MP 95/27/9 = 95°C Heizwassereintrittstemperatur, 27°C Kühlwassereintrittstemperatur und 9°C Kaltwasseraustrittstemperatur | AKA = Absorptionskälteanlage

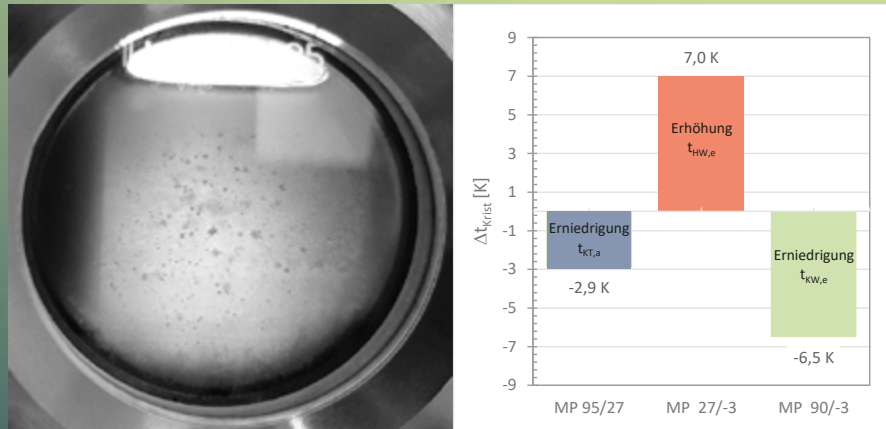


Bild 1: Feinere Kristallstruktur und Erweiterung der möglichen externen Medientemperaturen bis zum Kristallisationsstart

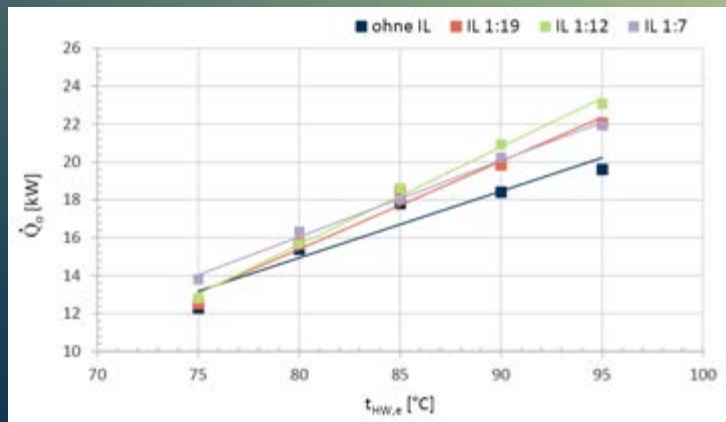


Bild 2: Erhöhung Kälteleistung durch den Kristallisationsinhibitor (Variation Heizwassereintrittstemperatur, MP 27/9)

Der Einsatz eines Kristallisationsinhibitors, welcher das Kristallisationsrisiko in Wasser-Lithiumbromid-Absorptionskälteanlagen reduziert, stabil und mit dem Korrosionsinhibitor verträglich ist sowie nicht zu Kälteleistungseinbußen führt, kann die Anwendungsbereiche dieser Kälteanlagen und die Abwärmenutzung zur Kälteerzeugung erheblich erweitern.

Dipl.-Ing. Lutz Richter

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

AQVA HEAT

Gewässer als leistungsfähige Wärmequelle

Ganzjährige Erschließung mit der
Vakuum-Flüssigeistechnologie



PROJEKTLEITUNG Dipl.-Ing. Christoph Steffan, *Wissenschaftlicher Mitarbeiter* **TEAM** Dipl.-Ing. Johannes Nebauer, Dipl.-Ing. (FH) Stefan Sauer, Uli Riedl, Marcus Leuschel, Dr.-Ing. Mathias Safarik, Dipl.-Ing. Marcus Honke **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Pj, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), BTU Cottbus

STUDIE Seethermiestudie mit weiteren Hintergrundinformationen: www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/07/20210723_Schlussbericht-Seethermie_Langfassung.pdf

EINSATZBEREICHE

Der Technologieansatz unterstützt den Transformationsprozess hin zu nachhaltigen Wärmeversorgungsstrukturen – vom Einsatz in großen Fernwärmenetzen bis hin zur autarken Insellösung.

ZIELSTELLUNG

Im Fokus des ersten Teilprojektes steht die verfahrenstechnische Anpassung des Anlagenkonzeptes und insbesondere die Optimierung des Verdampfers für den sog. "additivfreien Betrieb". Gegenüber der bisherigen Anwendung als Flüssigeispeichersystem muss das Zusammenspiel mit dem Gewässer in einem offenen Stoffkreislauf realisiert werden.

VORGEHEN

Das Vorhaben AQVA HEAT setzt sich insgesamt aus drei Teilprojekten zusammen. In dem als AQVA HEAT I bezeichneten Teilprojekt soll zunächst die Eiserzeugung im additivfreien Betrieb an einem bestehenden Vakuum-Flüssigeiszeuger untersucht werden. Die Anlagentechnik wird nach der erfolgreichen Inbetriebnahme am Technikum des ILK Dresden im Rahmen eines Kurzzeitfunktionstests am Standort des Zittauer Kraftwerkslabor an einem realen Gewässer erstmalig demonstriert. Im Anschluss erfolgt gemeinsam mit den Projektpartnern die Planung und der Aufbau zweier Gesamtanlagen mit anschließender Begleitforschung zum Langzeitbetrieb. Die Untersuchungen werden von einem ökologischen Monitoring durch die Kollegen der BTU Cottbus begleitet. Dadurch soll es gelingen, sowohl bei Investoren und Planern als auch bei den genehmigenden Behörden eine möglichst breite Akzeptanz des neuartigen Technologieansatzes zu entwickeln.

ERKENNTNISSE

Das am 1.3.2021 gestartete Projekt befindet sich aktuell in der Aufbauphase und es wird mit einer Inbetriebnahme der Anlagentechnik im Monat April gerechnet. Der zum Kurzzeitfunktionstest am Gewässer benötigte Antrag für eine Erlaubnis zur Entnahme und Wiedereinleitung von Wasser aus dem Fluss Mandau sowie das dazugehörige Inbetriebnahme- und Versuchsprogramm wurde mit den genehmigenden Behörden ausführlich besprochen.



Durch den Einsatz der Vakuum-Flüssigeisttechnologie können sowohl technische als auch wirtschaftliche Grenzen zur Nutzung von Gewässern als regenerative Wärmequelle überwunden werden.

Dipl.-Ing. Christoph Steffan



Bild 1: Versuchsanlage im Aufbau (ILK Dresden)

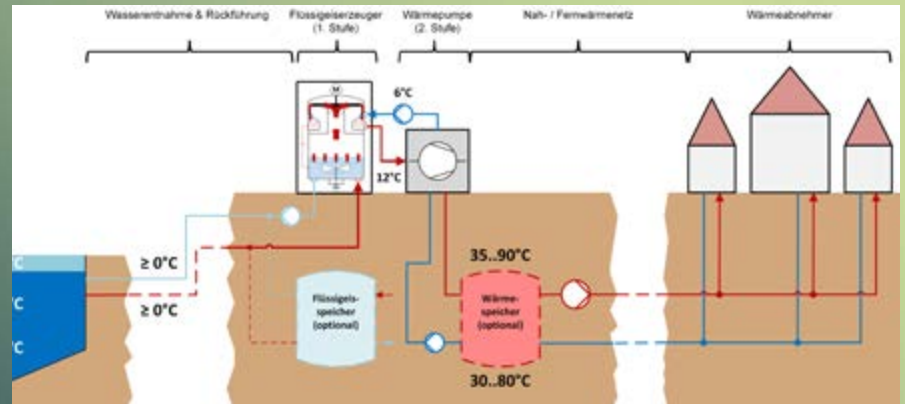


Bild 2: Der Fluss Mandau nahe dem Gelände der Stadtwerke Zittau GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Pumpfähiges Eis – effizient, leistungsfähig und flexibel

Vakuum-Flüssigeis zur Flexibilisierung von Kälteversorgungsanlagen



PROJEKTLEITUNG Dr.-Ing. Mathias Safarik, *Hauptbereichsleiter* **TEAM** Dipl.-Ing. Marcus Honke, Dipl.-Ing. Johannes Nebauer, Dipl.-Wi.-Ing. (FH) Christine Tillmann, Dr. Bodo Burandt und viele weitere **PARTNER** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 50Hertz Transmission GmbH, Projektträger Jülich, weitere Verbundpartner

EINSATZBEREICHE

Vakuum-Flüssigeis kann in Anlagen zur Klimakältebereitstellung ebenso eingesetzt werden wie zur Lebensmittel- und Prozesskühlung. Auch eine Integration in industrielle Kälteanlagen ist möglich.

ZIELSTELLUNG

Im Rahmen des am ILK Dresden durchgeführten WindNODE-Teilprojektes wurden zwei wesentliche Zielstellungen verfolgt: Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Vakuum-Flüssigeiserzeuger auf 500 kW je Modul sowie die Absenkung der Gefrier- und Schmelztemperatur auf bis zu -5 °C zur Erweiterung des Einsatzspektrums auf industrielle Kälteanlagen.

VORGEHEN

Die Vakuum-Flüssigeis-Technologie, die im Klimakältebereich mittlerweile schon in ersten Anwendungen erprobt ist, muss für den Einsatz in der Industriekälte auf die dort geringeren Temperaturen angepasst werden. Dazu ist eine Verschiebung des Gefrierpunktes auf bis zu -5 °C notwendig.

Dies wird durch den Zusatz von Additiven, z. B. Salz, erreicht. Allerdings sinken mit der Gefriertemperatur auch der Verdampfungsdruck und die Dampfdichte, die schon bei 0 °C fast 300-mal kleiner ist als die Dichte von Luft.

Zunächst wurden in einer Modellversuchsanlage unterschiedliche Additive untersucht, mit denen die Schmelztemperatur des Eises an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden kann. In Zusammenarbeit mit dem assoziierten WindNODE-Partner Radeberger Gruppe wurden die technologischen Anforderungen an eine flexible Kältespeicherung in großen und oft verzweigten Kälteanlagen analysiert. Darauf aufbauend wurden verschiedene Einbindungsvarianten des Flüssigeispeichers sowie unterschiedliche Optionen zur Kältebereitstellung für die Eiszeugung konzipiert.

Die Komponenten des Vakuumeiserzeugers wurde für die Zielleistung von 500 kW dimensioniert und ihr Zusammenspiel umfangreich simuliert.

LINKS www.windnode.de | www.windnode.de/fileadmin/Daten/Downloads/Jahrbuch/WindNODE_Jahrbuch_2020_Web_150dpi.pdf

ERKENNTNISSE

Es konnte ein geeignetes Additiv identifiziert werden, mit dem die gewünschte Gefrierpunktsabsenkung erreicht wird. Der geplante 500 kW Eiserzeuger konnte innerhalb der Projektlaufzeit nicht vollständig aufgebaut und erprobt werden. Allerdings wurden viele der entwickelten Teillösungen in einer 400 kW Anlage umgesetzt, welche zukünftig die Kälteversorgung eines Rechenzentrums optimiert. Ein weiterer Meilenstein wurde mit der Auslegung, Konstruktion sowie dem Aufbau eines 90 m³ Flüssigeisspeichers am ILK Dresden erreicht. Der Speicher dient einerseits der Demonstration, bietet aber auch gute Voraussetzungen für weitere experimentelle Arbeiten.



Bild 1: Im Aufbau befindliches 500 kW Versuchsmuster



Bild 2: Innenansicht des Flüssigeisspeichers (hier noch liegend) während der Montage der Einbauten.

////////// Flüssigeis ist eine hervorragende Option zur Flexibilisierung des Energiebedarfs im Kältesektor. Im WindNODE-Projekt haben wir die Chance genutzt, dies zu demonstrieren und technologische Fortschritte zu erzielen. Dadurch kann auch die Kältetechnik einen Beitrag zur Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien leisten.

Dr.-Ing. Mathias Safarik

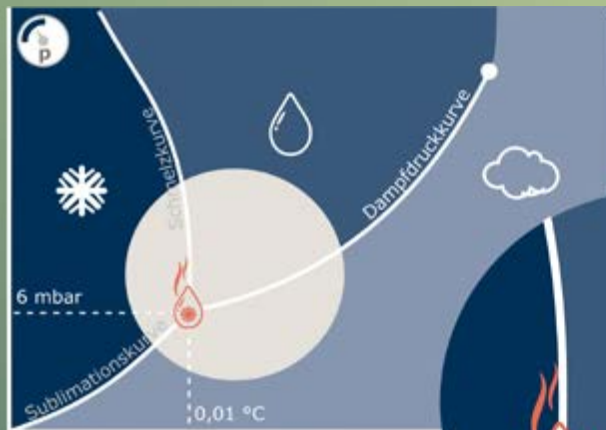
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

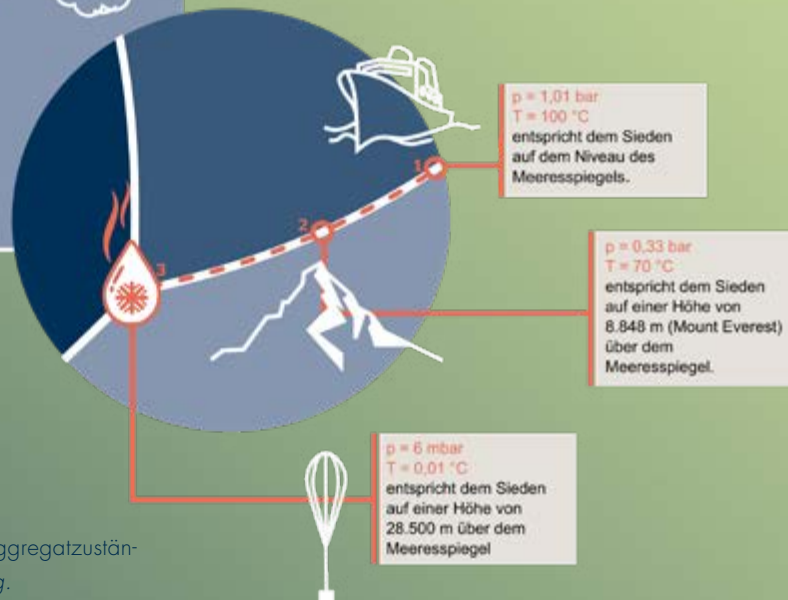
Grundlagen Flüssigeis

Veranschaulichung des Verfahrens



GRUNDLAGE DER TECHNOLOGIE

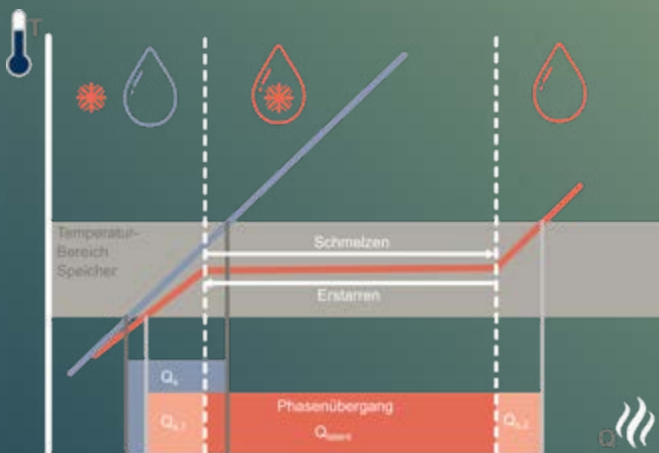
Je geringer der Druck in der Atmosphäre, desto niedriger ist die Temperatur bei der Wasser zu sieden beginnt. Grundlage der Technologie ist es, am Tripelpunkt von Wasser bei ca. 0 °C und gerade mal 6 mbar zu verdampfen.



DER TRIPPELPUNKT

Am Tripelpunkt liegt Wasser in allen drei Aggregatzuständen gleichzeitig vor: *fest, flüssig, gasförmig*.

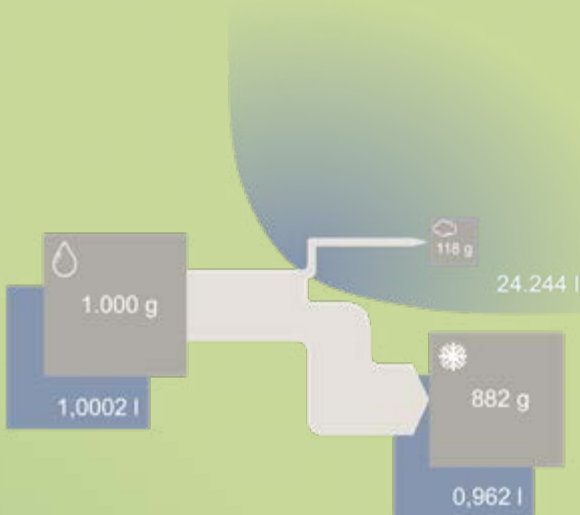
Durch eine aktiv induzierte Verdampfung an der Oberfläche wird dem Wasser Energie entzogen. Dieser Energieentzug führt zur gleichzeitigen Ausbildung von kleinen Eispartikeln.



ERHÖHTER ENERGIESPEICHER

Bei der Änderung des Aggregatzustandes bleibt die Temperatur konstant. Der Prozess des Verdampfens bei gleichzeitigem Gefrieren findet demzufolge bei einer konstanten Temperatur und sukzessive steigendem Eisanteil statt. Bei einer konstant bleibenden Speichertemperatur (latent) lässt sich gegenüber einem Kaltwasserspeicher (sensibel) deutlich mehr Energie je Kubikmeter speichern. Für die im Diagramm beispielhaft verglichenen Speicherarten ergibt sich für den sensiblen Kältspeicher Q_s als Energieinhalt. Für den Latentwärmespeicher, wie der Flüssigeisspeicher, ergibt sich ein Energieinhalt zu $(Q_{s,1} + Q_{\text{latent}} + Q_{s,2})$, also wesentlich höher.

Der vom ILK Dresden entwickelte Turboverdichter macht die großen Wasserdampfvolumenströme gut handhabbar.

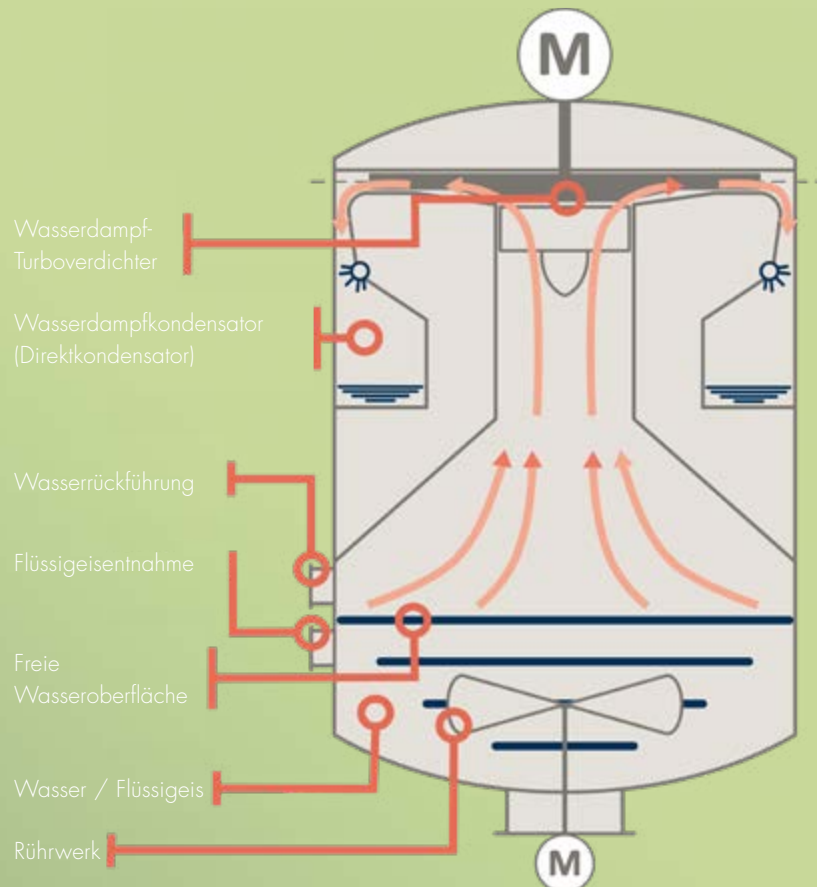


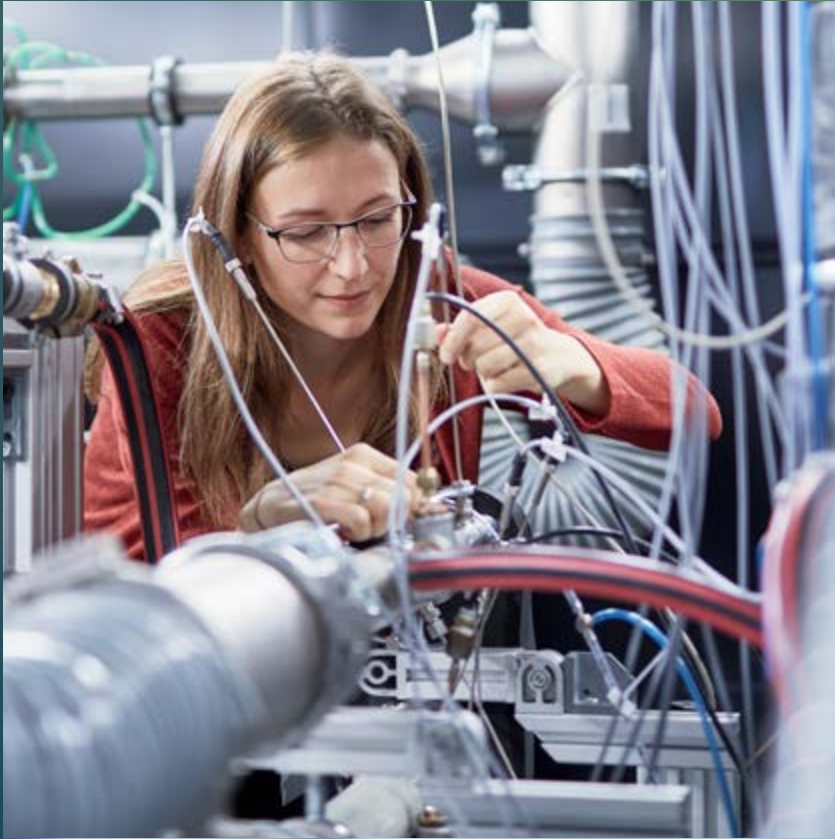
DRUCK VS. VOLUMEN

Zur Erzeugung von 882 g Eis müssen lediglich 118 g Wasser verdampft werden. Bei dem im Flüssigeiszeuger vorherrschenden geringen Druck von ca. 6 mbar nimmt der Wasserdampf jedoch ein großes Volumen von 24.244 l ein. Durch den vom ILK Dresden entwickelten Turboverdichter sind die großen Wasserdampfvolumenströme aber gut handhabbar.

PUMPFÄHIGER EISBREI

Der entstehende Wasserdampf wird mittels eines Verdichters abgesogen und anschließend wieder kondensiert. Nach Abgabe der Kondensationswärme wird das Kondensat in den Verdampfer zurückgeführt. Der Kreisprozess ist somit geschlossen. Das entstandene Wasser-Eis-Gemisch, auch Eisbrei oder Ice Slurry genannt, ist pumpfähig und kann für verschiedene Kühlaufgaben genutzt werden. Das Kühlen findet durch Aufschmelzen direkt oder indirekt beim Verbraucher statt.







UNSERE INFRASTRUKTUR BESTE VORAUS- SETZUNGEN FÜR IHR PROJEKT

3.000 m² VERSUCHSFLÄCHE

Wir bieten mehr als 3.000 Quadratmeter Versuchsfläche und 25 physikalisch-chemische Labore und darüber hinaus über 150 Experten.

Wir sind akkreditiert für

- Thermische und akustische Messungen an kältetechnischen Maschinen
- Leistungsmessungen an Kältemittelverdichtern
- Leistungsmessungen an Ventilatoren
- Modul Immissionsschutz
- Prüfung von Heizkesseln für feste Brennstoffe





Wasserstoff Labor und Methan Versuchsfeld

Am ILK Dresden wird ein innovatives Versuchsfeld für kryogene Hochdruckanwendungen für die Energieträger Wasserstoff und zudem auch Methan betrieben. Es ermöglicht grundlegende Untersuchungen an und mit den brennbaren Medien LH₂ und LNG im flüssigen, gasförmigen und superkritischen Zustand. Bauteiltests und -qualifizierungen können gleichzeitig bei Temperaturen von 10 K (-263 °C) bis Raumtemperatur und Drücken von Hochvakuum bis 1.000 bar Betriebsdruck durchgeführt werden.

Weiterhin werden Neu- und Weiterentwicklung von ergänzenden Komponenten zur Verbesserung und Erweiterung der Energiespeicher durchgeführt. Dies umfasst insbesondere Rückkühlsysteme (arbeitsleistend), Latentwärmespeicher, spezielle Wärmeübertrager, kryogene Pumpensysteme für Flüssigwasserstoff- und Hochdruck-Anwendungen und die Realisierung von Gesamtsystemen für die innovative Wasserstoffspeicherung.

Mögliche Untersuchungen beinhalten:

- Untersuchung von Be- und Entladevorgängen an Wasserstoffspeichern auch bei tiefkalten Druckbehältern (Cryo-compressed)
- Entwicklung neuer Methoden für die Speicherung unter deutlich höheren Dichten als im tiefkalt-verflüssigten Zustand
z. B. Wasserstoff bis ca. 100 kg/m³
- Komponentenprüfungen wie beispielsweise Ventiltests und Untersuchungen an Kryosorptionspumpen



Helium Infrastruktur 100W@4,5 K

Zur Erprobung von Anlagen und Komponenten für flüssiges Helium steht am ILK Dresden eine leistungsfähige Infrastruktur zur Verfügung.

Der Versuchsstand ist in der Lage, einen Heliummassenstrom von 12 g/s auf etwa 15 bar mit einem Kolbenkompressor zu verdichten, danach wird das Gas in einem Heliumteilverflüssiger abgekühlt und verflüssigt.

Der eigenentwickelte Helium-Teilverflüssiger ermöglicht einerseits die Nutzung eines wesentlichen Teils der sensiblen Wärme von kaltem Heliumgas und andererseits vielfältige Untersuchungen an Bauteilen, Messgeräten etc. für kryogene Anwendungen.

Das abdampfende Gas wird zur Schonung der knappen und endlichen Ressource Helium in einer Speicherblase aufgefangen und nach seiner Komprimierung einer Rückverflüssigung zugeführt. Eine Gasreinigungsanlage ist ebenfalls Bestandteil der Helium-Infrastruktur.



S1-Labor für biologische Arbeiten *Histologie | Zellkultur*

Der Bereich Life Sciences befasst sich mit biologischen und medizinischen Fragestellungen wie der Prüfung und Entwicklung von Biomaterialien. Zur Fertigung maßgeschneiderter Trägermaterialien für die 3-dimensionale Zellkultur und regenerativer Medizinprodukte verfügt das kryobiologische Labor über Spezialgefrieretrockner. Für die Kultivierung von Zellen und biologischem Gewebe (Tissue Engineering) steht ein Zellkulturlabor für mikroskopische, biochemische und histologische Analysen zur Verfügung.

Mit Hilfe computergestützter Controlled Rate Freezer können verschiedenartige Materialien für die vitalitätserhaltende Lagerung in einer Biobank kryokonserviert werden.

Neben Prüftechnik für chemisch-physikalische Eigenschaften von Biomaterialien verfügt das Labor über Prüfeinrichtungen für die Tieftemperaturdichtheit, Transportsicherheit und Schadensbewertung von Biobanking-Packmitteln.



Kalibrier-Prüfstand für Temperatursensoren

Am ILK Dresden wurde ein Kalibrierstand für Temperatursensoren aufgebaut, welcher für verschiedenartige resistive Prüflinge und Thermoelemente genutzt werden kann. Der flexible Aufbau erlaubt auch die Kalibrierung von Sensoren mit variierenden geometrischen Eigenschaften etc.

Besonderes Merkmal des Prüfstands ist der Aufbau der Kalibrier-einrichtung an einem Pulsrohrkühler, welcher primär den Temperaturbereich zwischen 3,5 K und 325 K bei guter Regelbarkeit erschließt. Der Kühler selbst weist bei tiefen Temperaturen Oszillationen von einigen Hundert Millikelvin auf, welche jedoch thermisch auf ca. 1 mK gedämpft werden. Somit ist dafür keine elektronische Korrektur notwendig.

Ein weiteres Merkmal des Kalibrierstands ist die Verwendung hochpräziser und schneller Ausleseelektronik, die insbesondere durch einen 30 K-Multiplexer unterstützt wird. Damit können aufwändige Verdrahtungen von außen entfallen.





Reinraum *Klasse ISO 7, 21 qm*

Zur Montage und zur Installation von UHV-Vakuumbauteilen ist es zum Erreichen höchster Vakuumanforderungen notwendig, auf absolute Reinheit und höchste Genauigkeit zu achten und diese Bedingungen nachweisbar einhalten zu können.

Der Reinraum ermöglicht es, Vakuumkomponenten auf hohem Anforderungsniveau zu montieren und zu installieren.

Insbesondere für Komponenten und Baugruppen für Teilchenbeschleuniger bietet der Reinraum beste Bedingungen für höchste Qualität.

Neben Montagearbeiten können im Reinraum beispielsweise auch Funktions- und Dichtheitsprüfungen sowie Temperaturwechseltests durchgeführt werden.

Mit dem Reinraum am ILK Dresden wird die Basis für eine nachweislich hohe Fertigungsgüte im Bereich der Vakuumbauteile und weiterer Komponenten wie optischer Bauteile gelegt.



Wärmeübertrager Prüfstände

Das ILK Dresden verfügt über einen speziell entwickelten Prüfstand zur Messung von Wärmeübertragern. Mit unseren Untersuchungen unterstützen wir die Industrie in ihrem Bestreben, die Effizienz der Komponenten für Kälteanlagen und Wärmepumpen zu verbessern. Für ein definiertes Einsatzkennfeld ermitteln wir die Leistung und Druckverluste der Plattenwärmeübertrager (Verdampfer und Verflüssiger) oder ähnlicher flüssigkeitsbeaufschlagter Wärmeübertrager. Mit unseren Messungen und einer eigenen auf Optimierung ausgelegten Software bieten wir unsere Unterstützung bei der Auslegung von baulichen Komponenten an. Darüber hinaus ist die Thermographie von Bauteilen als auch statische und transiente thermische Simulationen möglich.



Leistungsprüfstände Kältetechnik

"Testzentrum PLWP"

Die aktuelle Urkunde des DAkKS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH weist die Kompetenz des PLWP aus für die Ermittlung der Heiz- und Kühlleistung (Prüfgebiet PG 1) sowie akustische Untersuchungen (Prüfgebiet PG 2) an Fluid-Energiemaschinen und kältetechnischen Bauteilen. Neben den Untersuchungen von Sole-Wasser-Wärmepumpen wurden normative Prüfungen von Luft-Wasser-Wärmepumpen, kältetechnischen Verflüssigungssätzen, Kältemittel-Verdichtern, Ventilatoren und Wärmeübertragern in das Angebot des PLWP integriert.



Akustik Labor

*Hallraum und
reflexionsarmer Raum*

Das ILK Dresden verfügt über einen Hallraum, der den aktuellen Normungen entspricht. Er dient vor allem Untersuchungen geräte-technischer als auch systematischer Art, wie:

- Akustische Messungen nach anerkannten Normen, DIN EN ISO 3741
- Maschinendynamische Untersuchungen, Signalanalyse, Systemanalyse bzw. Modalanalyse
- Akustische und dynamische Untersuchungen von Strömungsbauteilen
- Schallabsorptionsmessungen von Werkstoffen, DIN EN ISO 354
- Bestimmung des Schallleistungspegels von Maschinen, Geräten und Komponenten
- Bestimmung des Dämpfungsmaßes von Schalldämpfern



Ventilator Prüfstände

In unserem Volumenstromprüfstand messen wir beispielsweise Kennlinien von Ventilatoren nach ISO 5801.

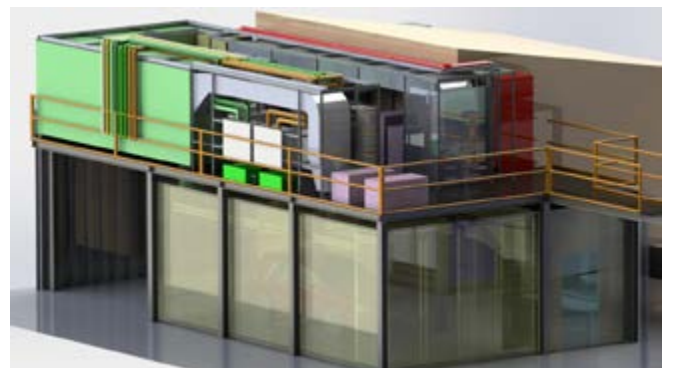
Mit einer akustischen Kamera ist es möglich, die Intensität von Schallquellen im Bild darzustellen in dem ein schwarzweißes Foto oder Video abhängig vom emittierten Schalldruckpegel eingefärbt wird. Im konkreten visualisieren wir damit an dem Prüfstand die geräuschverursachenden Bereiche eines Ventilators, um diese akustisch zu optimieren.

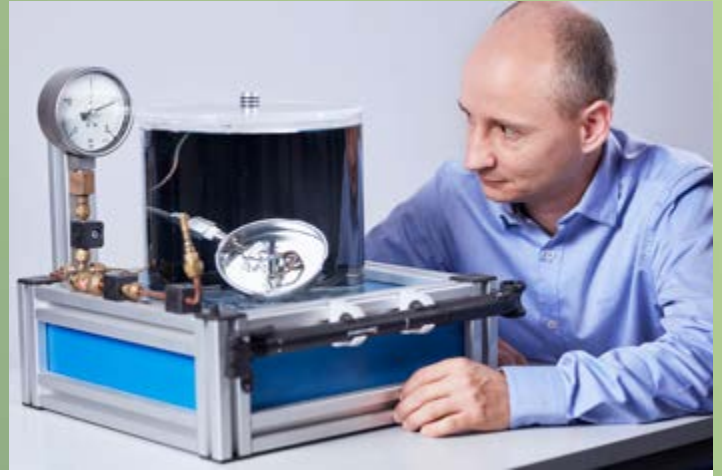


Raumströmungslabor

Hier führen wir thermodynamische Messungen von Lüftungsgeräten oder Komponenten bei definierten, konstanten Randbedingungen, Raumströmungsuntersuchungen bei definierten Randbedingungen, Messungen z.B. mittels Particle-Image-Velocimetry (PIV), Behaglichkeitsmessungen durch.

- 93 m³ Raumvolumen
- 2 unabhängig voneinander einstellbare Lüftungsanlagen zur Konditionierung von Luftvolumenströmen von jeweils 500 bis 6.000 m³/h
- Boden, Decke, und 3 Seitenwände separat temperierbar im Bereich von -10 bis 30 °C
- Druckbereich: -500 bis 2.500 Pa
- Zulufttemperaturbereiche: Anlage 1: -15 bis 40 °C
Anlage 2: -5 bis 40 °C
- Zuluftfeuchtebereiche: Anlage 1: 5 bis 90 % r.F.
Anlage 2: 3 bis 90 % r.F.
- Außenluftanteil: 0 bis 100 %





Physikalisch-Chemische Labore *Qualifizierung und Bewertung*

Ein Schwerpunkt der FuE-Dienstleistungen des Hauptbereichs Angewandte Werkstofftechnik lag 2021 auf der Qualifizierung und Bewertung von Werkstoffen und Materialien für den Einsatz in Anlagen mit natürlichen, teils brennbaren, Kältemitteln (CO₂, Ammoniak, Kohlenwasserstoffe) und mit Niedrig-GWP (global warming potential) HFO-Kältemitteln, insbesondere R1234yf und R1233zd(E). Auch Mehrstoff-Gemischen von HFO- mit natürlichen Kältemitteln kommt immer größere (ökonomische) Bedeutung zu.

Im Zusammenhang mit dem wachsenden Einsatz von HFO-Kältemitteln standen Untersuchungen zu den Bedingungen der Entstehung von Polymerisationsprodukten aus R1234yf.

Die Verträglichkeit neuartiger Temperatur- und Drucksensoren mit Kältemitteln und Ölen sowie die Beständigkeit von Materialien in Solekreisläufen für Brennstoffzellen stellten weitere Untersuchungsschwerpunkte dar.

Im Bereich der Stoffwerte wurde neben dem Löslichkeitsverhalten von natürlichen Kältemitteln (z.B. Propan) in verschiedenen Ölen auch das Schaumverhalten von Ölen genauer untersucht und experimentell nachgestellt.

Durch Kunden aus der Automobilindustrie wurden im Zusammenhang mit der Einführung der Elektromobilität verschiedene FuE-Dienstleistungen in Anspruch genommen, u. a. zu Kältemaschinenölen sowie Lackdrähten und Statorbaugruppen.

Auf dem Gebiet der Dichtheitsprüfung von Bauteilen standen vor allem Prüfungen nach DIN EN ISO 14903 im Fokus.

Die Labor-Ausstattung wurde 2021 um zwei Schall-Durchflusssensoren und eine neue Dichtemesseinrichtung für die Stoffwertanalytik erweitert. Mit diesem System können Kältemittel/Öl-Gemische in Zukunft genauer analysiert werden, z. B. in Hinblick auf die Löslichkeit des Kältemittels im Öl. Des Weiteren wurde ein neuer Multimessplatz für brennbare Gase eingerichtet. Dazu gehört ein speziell abgesaugter Wärmeschrank mit großem inneren Volumen und ein High-Speed 2D Optisches Mikrometer, um die Auswirkungen von (transkritischen) Kältemitteln, Gasen und Flüssigkeiten unter Druck und Temperatur in situ auf Elastomere und Polymere nachweisen zu können. Für den Bereich Werkstofftechnik wurde ein CTS Klimaprüfschrank für die Auslegung, Entwicklung, Prüfung und künstliche Alterung von Sensormaterialien, Platinen und Sensorbaugruppen (z. B. Temperatur-Feuchtesensoren) sowie zur Prüfung des Einflusses der Feuchte auf Materialien (z. B. Materialien für den Einsatz in Kälteanlagen mit Kontakt zur Umgebung) gekauft und in Betrieb genommen.





Filtertestlabor

Leistungskennwerte messen

In unserem Filtertestlabor können wir beispielsweise Raumlufffilter nach ISO 16890 prüfen. Darin können wir die Leistungskennwerte großformatiger Filterelemente messen und bewerten. Zusätzlich ist der Prüfkanal modular aufgebaut, sodass auch spezielle Einbauten, Geräte und Vorrichtungen für die Filtration in der Gebäudeklimatechnik getestet und entwickelt werden können.



Flüssigeis-Versuchsfeld

Flüssigeis (Eisbrei) ist ein wahres Multitalent. Es besitzt eine hohe Energiedichte bei konstanter Temperatur und kann aufgrund seiner Pumpfähigkeit sowohl als Kälte­träger als auch als Kältespeicher­medium eingesetzt werden. Im Flüssigeis-Versuchsfeld kann Eisbrei mit verschiedenen Verfahren und Additiven erzeugt werden. Mehrere Speicher, ein Rohrviskosimeter, ein Online-Kalorimeter, transparente Bauteile sowie eine Hochgeschwindigkeitskamera ermöglichen die Durchführung zahlreicher Entwicklungsarbeiten und Komponentenuntersuchungen, z.B. an Wärmeübertragern.



Versuchsfeld Thermische Kältetechnik

Bis 30 kW Kälteleistung

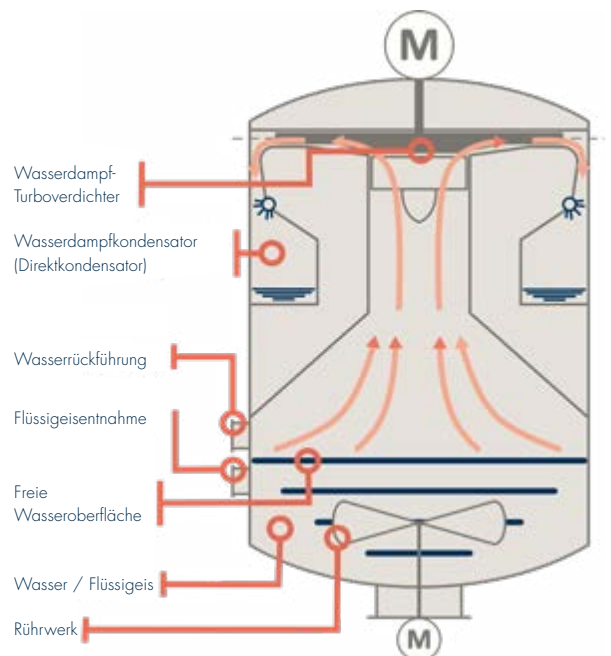
Das Versuchsfeld Thermische Kältetechnik dient insbesondere der Entwicklung und Charakterisierung von Absorptionskälteanlagen und deren Komponenten bis ca. 30 kW Kälteleistung. Es verfügt über eine variabel nutzbare Heiz-, Kühl- und Kaltwasserversorgung sowie über eine Möglichkeit zum Betrieb luftbeaufschlagter Wärmeübertrager als Wärmequelle oder Wärmesenke.



Versuchsfeld Wasser als Kältemittel

(R718) | Vakuumeis

Die Infrastruktur dieses Versuchsfeldes ermöglicht den Betrieb von wassergekühlten Kaltwassersätzen oder Vakuumeiszeugern bis 1.000 kW Kälteleistung. Daneben verfügt das Versuchsfeld über eine Eiswasserversorgung mit 200 kW Kälteleistung sowie einen 90 m³ Flüssigeispeicher.



*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



HUMAN RESOURCES

UNSER WICHTIGSTES KAPITAL

M. SC. JANINE BEESE HR-BUSINESS PARTNER

Geprägt von Vertrauen endet das Geschäftsjahr 2021. Vertrauen in uns selbst, den veränderten Ansprüchen der mobilen Arbeitswelt zu begegnen, Vertrauen in die KollegInnen stets Ihr Bestes für das Team zu geben sowie das Vertrauen in die Geschäftsleitung, mit Ihrer Vision die Corona-Krise zu meistern.

Wir als ILK Dresden profitieren von diesem Vertrauen. 2021 betrieben 148 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Forschung und Technologietransfer auf höchstem Niveau. Unser Personalbericht informiert Sie kurz und knapp über unsere aktuelle Personalstruktur sowie die Personalziele für 2022.

PERSONALBERICHT

MIT VERTRAUEN IN DIE ZUKUNFT

VON VERTRAUEN GEPRÄGTE ZUSAMMENARBEIT

ZUKUNFT GESTALTEN

Unter dem Motto „Zukunft gestalten“ ist eines unserer Ziele, erstmalig im Unternehmensbereich Technik, Facharbeiter auszubilden. Hier sehen wir eine zwingend zu schließende Qualifikationslücke. Darüber hinaus wollen wir das ILK Dresden als regionale Arbeitgebermarke stärken und damit an Attraktivität für unsere qualifizierten Fachkräfte von morgen gewinnen. Denn das ILK Dresden steht nicht nur für Kälte- und Klimatechnik, sondern auch für stabile Beschäftigungsverhältnisse, Entfaltung bei der Arbeit und Zusammenhalt bei den Beschäftigten.

RECRUITING

- Das ILK Dresden begrüßte 14 neue KollegInnen. Sieben davon wurden von unseren MitarbeiterInnen angeworben.
- Dem gegenüber steht eine unternehmensfremde Fluktuation von 2,03 %.



MITARBEITERZAHL

- Zum 31.12.2021 beschäftigt das ILK Dresden 148 MitarbeiterInnen.
- Der Frauenanteil beträgt 21 %.



TEILZEITBESCHÄFTIGUNG

- 17 % unserer MitarbeiterInnen nutzen die Möglichkeit der Beschäftigung in Teilzeit.



BETRIEBSZUGEHÖRIGKEIT

- Die Betriebszugehörigkeit beträgt im Durchschnitt 12,8 Jahre.
- Die längste Betriebszugehörigkeit beträgt 35,6 Jahre.



GESUNDHEITSQUOTE

- Die Gesundheitsquote am ILK Dresden beträgt 96,3 %.

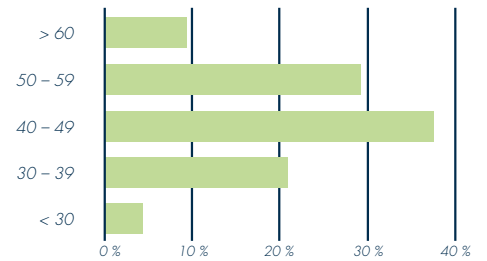


STUDIERENDE

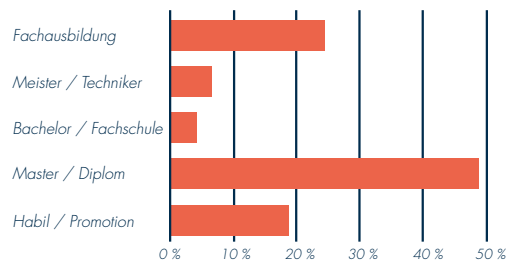
- Das ILK Dresden betreute erneut 32 Studierende im Rahmen eines Praktikums oder einer Abschlussarbeit.



ALTERSSTRUKTUR



AUSBILDUNGSNIVEAU



FORSCHUNGSNETZWERK MIT STARKEN PARTNERN SEITE AN SEITE

DAS ILK DRESDEN IST SEHR GUT VERNETZT.

IN VIELEN VERBÄNDEN UND ORGANISATIONEN SIND WIR AKTIVES MITGLIED.



ADI — Arbeitskreis Dresdner Informationsvermittler e.V.

DGZfP — Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V.

diiF — Deutsches ITER Industrieforum e.V.

DIN — Deutsches Institut für Normung e.V.

DSTTP — Deutsche Solarthermie Technologie Plattform

ehpa european heat pump association

ESTTP — European Solar Thermal Technology Plattform

FEE — Fördergesellschaft Erneuerbare Energien

Förderverein der HTW Dresden e.V.

Green Chiller Association for Sorption Cooling e.V.

HKK — Historische Kälte- und Klimatechnik e.V.

IHK — Industrie- und Handelskammer Dresden ENERGY

IUTA — Institut für Energie und Umwelttechnik e.V.

SAXONY e.V. Gaef Gesellschaft für Aerosolforschung e.V.

VBI — Verband Beratende Ingenieure

VDI — Verein Deutscher Ingenieure

VDKF — Verband Deutscher Kälte-Klima-Fachbetriebe e.V.

Verein zur Förderung der Ingenieurausbildung der Gebäude- und Energietechnik Dresden e.V.

VIU — Verband Innovativer Unternehmen e.V.

ZVKKW — Zentralverband Kälte Klima Wärmepumpen e.V.



ZUSE-GEMEINSCHAFT ALS STARKER TRANSFERPARTNER JAHRESRÜCKBLICK 2021

Unser Institut gehört neben rund achtzig weiteren Forschungseinrichtungen der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. an. Die Zuse-Gemeinschaft ist ein branchenübergreifender, außeruniversitärer und technologieoffener Forschungsverbund. Als gemeinnütziger, praxisnaher Transferpartner von Unternehmen übersetzt er Erkenntnisse der Wissenschaft in anwendbare Technologien.

Das Jahr 2021 war – neben der Corona-Pandemie – von der Bundestagswahl geprägt, politische Kommunikation daher ein beherrschendes Thema in unserem Verband. Viele Mitgliedsinstitute der Zuse-Gemeinschaft öffneten ihre Türen für lokale Vertreter der Politik und stellten ihre erfolgreichen Transferprojekte und Innovationen vor.

Am 1. Dezember konstituierte sich der Senat der Zuse-Gemeinschaft neu: Eine Woche zuvor hatte die Mitgliederversammlung der Zuse-Gemeinschaft die MdB Yasmin Fahimi (SPD), MdEP Nicola Beer (FDP), MdB Melis Sekmen (Bündnis 90/Die Grünen), MdB Antje Tillmann (CDU) und MdB Dr. Petra Sitte (DIE LINKE) in den Senat gewählt. Dem maßgeblichen Beratungsgremium der Zuse-Gemeinschaft gehören 19 Mitglieder an, davon fünf Vertreterinnen und Vertreter aus Bundestag und Europäischem Parlament. Unter den Vertretern der Wirtschaft wurde Paavo Günther vom Unternehmen Havelmi und Michael Münch von der Firma SONOTEC neu in den Senat gewählt.

Die beiden Förderprogramme „Innovationskompetenz INNO-KOM“ und Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) des Bundeswirtschaftsministeriums durchliefen im Jahr 2021 eine überaus erfolgreiche Evaluierung. Die Richtlinien sind wichtige Instrumente der Forschungs- und Innovationsförderung in Deutschland. Die Zuse-Gemeinschaft tritt für die bundesweite Öffnung des Förderprogramms INNO-KOM ein, weil Innovationen meist in überregionaler Kooperation verwirklicht werden. Dies bestätigen auch die Evaluierungsergebnisse.

Die Bioökonomie gewinnt als eines von mehreren wichtigen Forschungsfeldern in der Zuse-Gemeinschaft immer mehr an Gewicht. So wuchs der Cluster Bioökonomie des Verbandes mit dem Beitritt der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. auf nunmehr 20 Mitglieder an. Unter dem Leitmotiv „Forschen mit der Natur“ arbeiten die Mitglieder des Clusters Bioökonomie als informeller Zusammenschluss unter dem Dach des Verbandes an der Lösung zentraler gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Aufgaben. Die Bioökonomie umfasst in der Zuse-Gemeinschaft branchenübergreifend die Aktivitäten zur Nutzung biologischer Ausgangsstoffe und deren Produkte von der Bereitstellung und Aufbereitung von Rohstoffen über die Entwicklung von Verfahren und Produkten bis hin zur Verbreitung von Wissen und Dienstleistungen.

Weitere Informationen finden Sie unter:

www.zuse-gemeinschaft.de · twitter.com/Zuse_Forschung



Olaf Scholz zu Besuch in der SLV Halle.



Nicola Beer am DECHEMA-Forschungsinstitut.



Die Kompetenzen im Cluster Bioökonomie der Zuse-Gemeinschaft. Nachhaltigkeit steht im Zentrum.

WISSENSTRANSFER

VORTRÄGE

Wissen muss der Wirtschaft nützen.

Prof. Dr.-Ing. Günter Heinrich
Gründungsdirektor ILK Dresden

KRYOTECHNIK- UND TIEFTEMPERATURPHYSIK

Kade, A.	CRYOSTAT FOR THE CRYOGENIC CURRENT COMPARATOR	16th CRYOGENICS 2021 IIR International Conference
Gust, N.	Efficient recuperative 4-Quadrant power supply for superconducting solenoids	16th CRYOGENICS 2021 IIR International Conference
Hempel, S.	Qualitätsmanagement in der Kryotechnik – Prozesse, Werkstoffe und Verfahren	Deutsche Kälte- und Klimatagung 2021, Dresden, 19.11.2021
Trommler, G.	New type of magnetic low-noise glass fiber reinforced plastic cryostats for magnetocardiography of the human heart	The 16th Cryogenics 2021, IIR Conference online, 5. bis 7.10.2021
Trommler, G.	Neuartige magnetisch rauscharme glasfaserverstärkte Kunststoff-Kryostate für die Magnetokardiographie des menschlichen Herzens	Deutsche Kälte- und Klimatagung 2021, Dresden, 19.11.2021

KÄLTE- UND WÄRMEPUMPENTECHNIK

Röllig, P.	Kälteerzeugung und -speicherung mit Lösungsenthalpie von Salz	21. Dresdner Kolloquium der Kältetechnik, Dresden, 24.9.2021
Röllig, P.	Vorlesungsreihe Kältetechnik	Staatliche Studienakademie, Riesa Frühjahr- und Herbstsemester 2021
Noack, R.	Hochtemperatur -Wärmepumpen -aktuelle Forschungen und Anwendungen	21. Dresdner Kolloquium der Kältetechnik, Dresden, 24.9.2021
Steinjan, K.	Entwicklung einer Messmethode zur Bestimmung der Füllmenge von Wärmeübertragern	DKV Tagung 2021 Dresden, 17. bis 19.11.2021
Müller, M.	Untersuchung von Mikrowärmeübertragern als Verdampfer und Verflüssiger	DKV Tagung 2021 Dresden, 17. bis 19.11.2021

LUFT- UND KLIMATECHNIK

Krause, R.; Friebe, Ch.; Heidenreich, R.	Application of Mobile Air Cleaning Devices in daily school routines	52ND AiCARR INTERNATIONAL CONFERENCE 2021 HVAC and Health, Comfort, Vicenza, Italy, September 2021
--	---	--

Friebe, Ch.; Krause, R.; Heidenreich, R.; Holfeld, S.; Rosenbaum, H.; Hackeschmidt, K.; Grüttner, R.	Application of Mobile Air Cleaning Devices in daily school routines	52ND AiCARR INTERNATIONAL CONFERENCE 2021 HVAC and Health, Comfort, Vicenza, Italy, September 2021
Friebe, Ch.; Krause, R.	Workshop: Messungen in Schulen – Volumenstrommessung	13. Kolloquium Luftreinhaltung, Dresden, September 2021
Friebe, Ch.; Krause, R.;	Workshop: Akustik	13. Kolloquium Luftreinhaltung, Dresden, September 2021
Rosenbaum, H.	Workshop: Behaglichkeit und Zugluftrisiko	13. Kolloquium Luftreinhaltung, Dresden, September 2021
Friebe, Ch.	Lüftungskonzepte zur Reduktion des Infektionsrisikos und Empfehlungen	SIG Science Talk – Eine Online-Veranstaltungsreihe der Sächsischen Industrieforschungsgemeinschaft e.V. Onlineveranstaltung, 18.1.2021
Friebe, Ch.	Vorlesung: Gegenläufige Ventilatoren – Vorteile.Nachteile.Auslegung.Strömung.Akustik	Hochschule Zittau Görlitz
Friebe, Ch.	Vorlesung: Wärmerückgewinnung Vorlesungsreihe Klimatechnik	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Stubbe, D.	Vortrag / Präsentation: Schaltbare Wärmedämmung	4. Informations- und Vernetzungsveranstaltung der SAENA GmbH / Energieforschung und Energieinnovation Onlineveranstaltung, 9.11.2021
Rosenbaum, H.	Textiler Wärmeübertrager zur Feuchterückgewinnung in KVS-Systemen	TGA-Kongress 2020; Onlineveranstaltung, Januar 2021
Krause, R.	RLT – Anlagen unter Corona / COVID-19 Randbedingungen	Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK), Onlineveranstaltung, 8.3.2021
Krause, R.	RLT – Anlagen unter Corona / COVID-19 Randbedingungen	DEHOGA Sachsen e.V., Unternehmer-Chat, 10.3.2021
Krause, R.	Infektionsrisikos über den Luftweg beim Einsatz in Schulklassenzimmern	Chemnitz, Stadtrat, 14.4.2021
Oppelt, T.	Vorlesung: Kühllast Vorlesungsreihe Klimatechnik	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Oppelt, T.	Klimatechnik-Betriebsoptimierungsmittels maschinellem Lernen	TGA-Kongress 2020, Onlineveranstaltung, Januar 2021
Mai, R.	BTGA-Seminar: „Energetische Inspektion von Klimaanlagen“	Onlineveranstaltung, 27.5.2021 Köln, 9.9.2020 Onlineveranstaltung, 11.11.2021

Mai, R.	Energieeffizienz in der Industrie aus Sicht der Klima- und Kältetechnik; Energiesymposium „Energieeffizienz in der Industrie“	Kompetenznetzwerk Wasser+Energie, Onlineveranstaltung, 4.2.2021
Mai, R.	Qualitätssicherung bei der Inbetriebnahme von RLT- und Klimakälteanlagen	TGA-Kongress 2020; Onlineveranstaltung, 29.1.2021
Mai, R.	Neuanlagenlabel für Raumluftechnik und Klimakälte FGK / BTGA – Erfahrungsaustausch Energetische Inspektion nach §§74-74 GEG	Bad Homburg, 16.9.2021
Mai, R.	Vortrag 1: GEG - Inspektion von Klimaanlage (Kälteerzeugung) Vortrag 2: Effizienz von Kältesystemen (Komponenten u. Gesamtsystem)	Volkswagen – Mitarbeiter-Workshop, Onlineveranstaltung, 10.11.2021
Heidenreich, R.	Gesamtheitlicher Ansatz für Energieeffizienz der Lufttechnik in Produktionshallen, Partikelabschneidverfahren und Lösungen, Effiziente Schadstoff- und Geruchsabscheidung, VDI-Wissensforum Seminarreihe „Lufttechnik in der Industrie“	Online-Seminar, 2.7.2021 und 1.12.2022
Birnbaum, T.	Blauer Engel für Feuerungsanlagen	13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, Dresden, 14.9.2021
Keßlau, D.	Filtrationsverfahren Additive Fertigung (Posterbeitrag)	13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, Dresden, 14.9.2021
Holfeld, S.; Lauer, M.	Moose – Prüfverfahren und Prüfvorrichtung für die Klassifizierung von Außenluftfiltern (Posterbeitrag)	13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, Dresden, 14.9.2021
Heidenreich, R.	Abscheidung von Kohlenstoffaerosolen (Posterbeitrag),	13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, Dresden, 14.9.2021
Krause, R.; Friebe, C.; Heidenreich, R.	Application of mobile air cleaning devices in daily school routines, 52nd AiCARR International Conference	Vicenza Italy, 4.9.2021
Heidenreich, R.	Bewertung der effektiven Luftwechselzahl in Innenräumen	Workshop zum 13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, Dresden, 14.9.2021
Holfeld, S.	Bewertung der Reinigungsleistung von Raumluftgeräten,	orkshop zum 13. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung, Dresden, 14.9.2021

ANGEWANDTE WERKSTOFFTECHNIK

Feja, S.; Hanzelmann, C.; Zuber, S.	Thermodynamic properties (Daniel Plot) of lubricant – supercritical CO ₂ mixtures at high temperatures	9th IIR Conference: Ammonia and CO ₂ Refrigeration Technologies, Ohrid, 16. bis 17.9.2021
Germanus, J.; Feja, S.; Junk, M.; Röllig, P.; Kubitschke, J.	Low molecular weight esters as hybrid fluids for R744 sublimation cooling circuits	9th IIR Conference: Ammonia and CO ₂ Refrigeration Technologies, Ohrid, 16. bis 17.9.2021
Schnerr, T.; Seidel, R.; Rittsche, A.	Festigkeitsprüfanlage für industrielle Anwendung – aber sicher!	Deutsche Kälte- und Klimatagung, Dresden, 17. bis 19.11.2021

Waschull, J.; Herschier, W.; Rittsche, A.; Stegmüller, F.; Rauch, R.	Off-grid Blockeisherstellung in Indonesien	Deutsche Kälte- und Klimatagung, Dresden, 17. bis 19.11.2021
Türke, A.; Wagner, T.; Goldberg, M.	Untersuchungen zum Effekt der Polymerisation von HFO Kältemitteln,	Deutsche Kälte- und Klimatagung, Dresden, 17. bis 19.11.2021
Waschull, J.	„Some technical aspects of solar supplied off-grid cooling applications“ contribution to the training „Financing Renewable Energy Application“ as part of the „Southern African Renewable Energy Investment and Growth Programme“,	online, 2. und 9.12.2021

ANGEWANDTE ENERGIETECHNIK

Steffan, Ch.	„Siebenten Info-Veranstaltung zum Klimaschutz im Landkreis Elbe-Elster mit dem Schwerpunkt Erschließung ungenutzter Potenziale zur Erreichung der Klimaschutzziele“	Siebente Info-Veranstaltung zum Klimaschutz im Landkreis Elbe-Elster Herzberg, 30.6.2021
Safarik, M.	„Eisspeicher und Gewässer als Wärmequelle für Wärmepumpen“ – Vorstellung Seethermiestudie Zwenkau	21. Dresdner Kolloquium der Kältetechnik Dresden, 13. bis 14.10.2021
Safarik, M.	„Flüssigeis zur Kältespeicherung (Power-to-Cold) und als leistungsfähige Quelle für nachhaltige Wärmepumpenlösungen“	31. Erfurter Kolloquium – Förderverein Gebäude- u. Energietechnik an der FH Erfurt e.V., Erfurt, 05.11.2021
Safarik, M.	„Vacuum ice slurry technology for harnessing water bodies as an efficient and powerful heat source for large heat pumps“	European Heat Pump Summit 2021 Berlin, 25.10.2021
Steffan, Ch.; Safarik, M.; Hesse, U.	„Effects of particle evolution in ice slurry based cooling networks“	IIR PCM-Conference Vincenza, 2021
Tillmann, Ch.; Richter, L.	„Ein Baustein der Energiewende: Neue Entwicklungen der Thermischen Kälteerzeugung“	21. Dresdner Kolloquium der Kältetechnik Dresden, 24.9.2021
Safarik, M.	„Eisspeicher und Gewässer als Wärmequelle für Wärmepumpen“	21. Dresdner Kolloquium der Kältetechnik Dresden, 24.9.2021
Richter, L.; Tillmann, Ch.; Safarik, M. (ILK Dresden) <i>Kemmerzehl, Ch. (EAW Westenfeld)</i>	„Asymmetric Plate Heat Exchanger for Absorption Refrigerating Plants“	ISHPC – International Sorption Heat Pump Conference 2021, TU Berlin Berlin, 22. bis 25.8.2021
Safarik, M.	„Aquathermie - Gewässer als leistungsfähige Wärmequellen für Wärmewende“ SIG Science Talk	Sächsische Industrie- Forschungsgemeinschaft e.V. Dresden, 27.5.2021
Safarik, M.	Wärmeerzeugung und Verteilung: „Kraft-Wärme-Kältekopplung mit Wärmepumpen (und Eisspeicher)“	Volkswagen Workshop CO ₂ -neutrale Wärme und Brennstoffe Dresden, 2.12.2021
Safarik, M.	„Sector Coupling in Action: The Potential of Power-to-Cold for the Grid Integration of Renewable Power“	20th Wind Integration Workshop, Berlin, 29.9.2021

WISSENSTRANSFER

PUBLIKATIONEN

KRYOTECHNIK- UND TIEFTEMPERATURPHYSIK

- Klupsch, M.; Zerweck, U.; Wesenbeck, A.; Hempel, S.; Schottenhamel, W.; Jande, T.; Boog, M.; Prospero, A.; Stecher, D.; Staudt, M.; Gerbeth, R.; Gemhardt, A.; Venter, J.; Krolla, S.; Aliakar, S. 2021. Development and test results of a cryogenic high-pressure fuel gas system. Proceedings of the 16th Cryogenics IIR Conference, online, IIR, 243-247
- Trommler, G.; Schoepe, F.; Schroeder, G.; Kade, A.; Haider, D.; Sieber, T. CRYOSTAT FOR THE CRYOGENIC CURRENT COMPARATOR 16th CRYOGENICS 2021 IIR International Conference, PAPER ID: 0031, DOI: 10.18462/iir.cryo.2021.0031
- Gust, N.; Kade, A.; Hempel S.; Efficient recuperative 4-Quadrant power supply for superconducting solenoids 16th CRYOGENICS 2021 IIR International Conference, PAPER ID: 0028, DOI: 10.18462/iir.cryo.2021.0028
- Trommler, G.; Kade, A.; Böhm, U.; Schoepe, F.; Mrowietz, C.; Scholl, J. New type of magnetic low-noise glass fiber reinforced plastic cryostats for magnetocardiography of the human heart The 16th Cryogenics 2021, IIR International Conference, online, October 5-7, 2021, PROCEEDINGS PAPER ID: 0030; DOI: 10.18462/iir.cryo.2021.0030; page: 119
- Kretschmer, R.; Reinsch, H.; Kade, A. INSIGHTS ON THE TIGHTNESS AND LONG-TERM STORAGE SUITABILITY OF CRYOVIALS AND STRAWS IN BIOBANKING 16th CRYOGENICS 2021 IIR International Conference

LUFT- UND KLIMATECHNIK

- Friebe, Ch. Expertenforum Klimatechnik: Schadstoffübertragung in WRG KI Kälte – Luft – Klimatechnik, 26.5.2021
- Cobanoglu, N.; Genc, A.M.; Korkut, S.O.; Karadeniz, Z.H.; Buschmann, M.H. Volume-independent contact angle prediction High Temperatures-High Pressures, Vol. 50, pp. 437-450 DOI: 10.32908/hthp.v50.1021
- Kujawska, A.; Mulka, R.; Hamze, S.; Zyla, G.; Zajackowski, B.; Buschmann, M.H.; Estellé, P. The effect of boiling in a thermosyphon on surface tension and contact angle of silica and graphene oxide nanofluids Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 627 (2021) 127082 <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127082>
- Mulka, R.; Kujawska, A.; Zajackowski, B.; Mancin, S.; Buschmann, M.H. Drying silica-nanofluid droplets Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 623 (2021) 126730 <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126730>

Rudl, J.; Hanzelmann, C.; Feja, S.; Meyer, A.; Potthoff, A.; Buschmann, M.H.	Laminar Pipe Flow with Mixed Convection under the Influence of Magnetic Field Nanomaterials 2021, 11, 824 https://doi.org/10.3390/nano11030824
Calviño, U.; Vallejo, J.P.; Buschmann, M.H.; Fernández-Seara, J.; Lugo, L.	Analysis of Heat Transfer Characteristics of a GnP Aqueous Nanofluid through a Double-Tube Heat Exchanger Nanomaterials 2021, 11, 844 https://doi.org/10.3390/nano11040844
Lopatka, A.; Mulka, R.; Buschmann, M.H.	Dynamics of drying Physics Today 74, 8, 64 (2021) https://doi.org/10.1063/PT.3.4823
Rogge, R.; Trogisch, A. (HTW Dresden)	„Sollte der absoluten Feuchte der Luft bei der Regelung mehr Beachtung geschenkt werden?“ RESTAURO, Georg Verlag, München 2021, Heft 02 – Museen der Zukunft, S. 34 ff.
Rogge, R.; Trogisch, A. (HTW Dresden)	„Klimaregelung nach der absoluten Feuchte“ TGA-Fachplaner, Alfons W. Gentner Verlag, Stuttgart 2021, Heft 05 – Museumsklimatisierung, S. 16 ff.
Rogge, R.; Trogisch, A. (HTW Dresden)	„Absolute Feuchte der Luft – Darauf sollte bei der Regelung geachtet werden“ TAB Technik am Bau, Bauverlag, Gütersloh 2021, Heft 06 – Technik / Klima, S. 43 ff.
Tschisgale, S.; Kempe, T.	„Deterioration of heat transfer in turbulent channel flows due to nanoparticles“ International Journal of Heat and Mass Transfer (2021), vol. 175, 121392, https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121392
Jain, R. (TU Dresden); Tschisgale, S.; Fröhlich, J. (TU Dresden)	„Impact of shape: DNS of sediment transport with non-spherical particles“ Journal of Fluid Mechanics (2021), vol. 916, A38, https://doi.org/10.1017/jfm.2021.214
Graetz, C.; Düffert, P.; Heidenreich, R.; Seidel, M.; Dörfer, C.	The efficacy of an extraoral scavenging device on reducing aerosol particles $\leq 5 \mu\text{m}$ during dental aerosol-generating procedures: an exploratory pilot study in an university setting, BDJOpen (2021) 7:19; (Springer Nature) https://doi.org/10.1038/s41405-021-00074-5

ANGEWANDTE WERKSTOFFTECHNIK

Rudl, J.; Hanzelmann, C.; Feja, S.; Meyer, A.; Potthoff, A.; Buschmann, M.H.	Laminar Pipe Flow with Mixed Convection under the Influence of Magnetic Field. Nanomaterials 2021, 11, 824. https://doi.org/10.3390/nano11030824
--	--

ANGEWANDTE ENERGIETECHNIK

Steffan, Ch.	Interview – „Flüsse und Seen sind Wärmespeicher, auch im Winter“ Wasserwirtschaft 5/2021, S. 68 - 70, SpringerVieweg-Verlag
--------------	--

FESTAKT FÜR PROF. DR.-ING. GÜNTER HEINRICH – GRÜNDUNGSDIREKTOR UND VISIONÄR DES ILK DRESDEN

2. November 2021 //

Anlässlich des 90. Geburtstages von Prof. Dr.-Ing. Günter Heinrich fand die Ehrung im Beisein von ihm, seiner Ehefrau sowie geladenen Gästen und allen Mitarbeitern des ILK Dresden statt.

Mit einem Zitat von Hundertwasser: »Wer die Vergangenheit nicht ehrt, verliert die Zukunft, wer seine Wurzeln vernichtet, kann nicht wachsen.« beginnt Prof. Uwe Franzke – Geschäftsführer des ILK Dresden – seine Laudatio. Mit persönlicher Hochachtung erkennt Franzke das Lebenswerk von Visionär Heinrich für das ILK Dresden an und überbringt ihm im Namen des gesamten Instituts herzliche Glückwünsche verbunden mit der Übergabe der Ehrenmedaille des ILK Dresden – entworfen und gefertigt vom eigenen Prototypenbau des Instituts.

Heinrich, der 1964 zum Institutsdirektor des ILK Dresden berufen wurde, war schon damals Vordenker für die Nutzung regenerativer Energien. Mit der Folge, dass bereits Anfang der 70er Jahre die Nutzung von regenerativen Energien durch Wärmepumpen in die Realität umgesetzt wurde. So konzipierte das ILK Dresden energieoptimierte Klima- und Kältetechnik für bedeutende öffentliche Bauten, wie die Semperoper Dresden, das Gewandhaus Leipzig oder das Schauspielhaus Berlin.

Darüber hinaus vertrat Prof. Günter Heinrich das Kredo »Wissen muss der Wirtschaft nützen!«. Um den Wissenstransfer zu beschleunigen, gründete er 1964 die Fachzeitschrift *Luft- und Kältetechnik*, die nach 30 erfolgreichen Jahrgängen im Jahr 1994 mit der bundesdeutschen Zeitschrift *ki – Klima, Kälte, Heizung* zur heutigen *KI – Kälte · Luft · Klimatechnik* zusammengelegt wurde.

Heinrich war nicht nur Visionär und Motivator, sondern vor allem ein umtriebiger Netzwerker und Ideengeber. Gemeinsam mit Prof. Steimle begründete er 1990 die Idee eines Kuratoriums, um die wissenschaftliche Exzellenz des ILK Dresden in den wirtschaftlichen Kontext der deutschen Kälte- und Klimabranche zu stellen. In der Folge dieser engen Verzahnung wurde das ILK Dresden in die bundesdeutsche Forschungslandschaft überführt.

Seine Philosophie – »Jeder einzelne Mitarbeiter und alle gemeinsam stehen für das ILK Dresden, keiner vertritt nur seine Arbeit.« – ist noch heute in den Unternehmenswerten manifestiert. »Dieses Grundverständnis hat uns stark gemacht und unterscheidet uns von vielen anderen Unternehmen.« so Professor Franzke.

Wissen muss der Wirtschaft nützen!

Jeder einzelne Mitarbeiter und alle gemeinsam stehen für das ILK Dresden, keiner vertritt nur seine Arbeit.



CHRONIK

DAS JAHR 2021

EINBLICKE UND EINDRÜCKE





ILK DRESDEN ERHÄLT FÖRDERZUSCHLAG FÜR KETEC

11. März 2021

Mit der geplanten Forschungsplattform Kälte- und Energietechnik (KETEC) in Reichenbach im Voigtland soll eine innovative Plattform für Forschung und Entwicklung sowie Bildung entstehen, die das Potenzial hat, für die aktuellen Herausforderungen der Energiewende neue Lösungen zu finden und damit die Innovationskraft Sachsens und Deutschlands in der Branche weiter zu stärken. Das ILK Dresden ist mit 3 von 13 Teilprojekten beteiligt und erhielt dafür den Förderzuschlag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Die weiteren Projektpartner sind die Professur Technische Thermodynamik an der TU Chemnitz und Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg.



ILK DRESDEN GEWINNT: EKV-INNOVATIV-ZUKUNFTSPREIS

29. Mai 2021

Dieser Preis, der *eku-innovativ-Zukunftspreis für Energie, Klima & Umwelt in Sachsen*, wird erstmalig vom Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft verliehen. Das ILK Dresden ist mit dem Thema AQVA-HEAT einer der ersten Preisträger, der mit 20.000 Euro dotierten Auszeichnung. Professor Uwe Franzke nahm im Carlowitz Congresscenter in Chemnitz den Preis von Staatsminister Wolfram Günther entgegen.



NEUER VORSTANDSVORSITZENDER GEWÄHLT

2. Juli 2021

Der Verein zur Förderung der Luft- und Kältetechnik e.V. hat in seiner Mitgliederversammlung am 2. Juli 2021 einen neuen Vorstandsvorsitzenden gewählt: Professor Dr.-Ing. Mario Reichel tritt die Nachfolge von Professor Dr.-Ing. Achim Trogisch an, der nach 16 Jahren nicht mehr als Vorstandsvorsitzender kandidiert. Die bisherigen stellvertretenden Vorsitzenden Prof. Eberhard Wobst und Dr.-Ing. Gerd Bannasch wurden erneut gewählt.

SOMMERFEST

2. Juli 2021 //

Endlich ... nach langen Homeoffice-Tagen gab es ein erstes gemeinsames Treffen aller MitarbeiterInnen des ILK Dresden! Bis zum letzten Tag bangten die Organisatoren, ob das Sommerfest stattfinden kann bzw. darf. Allgemeine gesetzliche Lockerungen, ein Festzelt im Freien und natürlich der notwendige Hygieneplan mit Abstandsregeln sowie die Hust- und Niesetikette machten es dann schließlich möglich. Fotos aus den privaten Homeoffice-Zeiten sorgten für anregende Unterhaltungen, waren die ungewöhnlichen Erlebnisse doch in jeder Familie ähnlich. Einmal mehr mit dem neuen Bewusstsein, dass Online-Konferenzen nicht immer ein gleichwertiger Ersatz für persönliche Treffen sind.



LNDW DD

9. Juli 2021 //

Das ILK Dresden nahm erstmalig an der Langen Nacht der Wissenschaften in Dresden teil. Diese fand Corona-bedingt ausschließlich virtuell statt. Sechs ILK Dresden-Beiträge gingen kurzfristig dafür online. Darunter ein virtueller Rundgang durch unser Wasserstoff-Labor und Einblicke in das Projekt WindNode. Die meisten Klicks – aller Dresdner Institute – sammelte jedoch der Clip von Dr. Waschull – Wissenschaftl.-Techn. Mitarbeiter am ILK Dresden. In einem persönlichen Video »Eine Minute im Geschirrspüler« machte er uns bewusst, dass der allgemeine Geschirrspüler noch kein Fenster besitzt und zeigte dem Dresdner Publikum die Vorgänge des Waschprogramms aus den unterschiedlichsten Perspektiven.

Die LNDW DD ist ein gemeinsames Projekt des Netzwerks „Dresden – Stadt der Wissenschaften“, Dresdner Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen und wird unterstützt durch die Landeshauptstadt Dresden.

CHEMIE ROCKT - SCHULKLASSE BESUCHT ILK DRESDEN

21. Juli 2021 //

Die Begeisterung für technische und naturwissenschaftliche Berufe kann nicht früh genug geweckt werden. Frei nach dem Motto „Chemie rockt“ begeisterte Dr. Franziska Krahl die Teens der 8. Schulklasse der Oberschule in Räckelwitz im Chemielabor mit einem optischen Highlight und demonstrierte den Schülern, wie man aus zwei farblosen Flüssigkeiten innerhalb von nur 10 Sekunden eine farbige Flüssigkeit durch chemische Reaktion herstellt. Der Optik wegen wird diese Flüssigkeit umgangssprachlich als sogenanntes Schnellbier bezeichnet und erzeugte den gewünschten Eindruck bei den Schülern. Außerdem erfuhr die Klasse von den aktuellen Forschungen des ILK Dresden, die sie selbst in der Schule hautnah betreffen, wie beispielsweise die Luftqualität in Schulräumen.





GEDANKENAUSTAUSCH ZWISCHEN HANDWERK UND FORSCHUNG

19. August 2021 //

Ist Wissenschaft ein Elfenbeinturm? Wie können Wirtschaft und Wissenschaft schneller voneinander profitieren? Wie kann die Energiewende selbst effizienter werden? Zu diesen Fragen trafen sich, Uwe Kluge von der Sächsischen Energieagentur SAENA GmbH – Bereich Energieeffizienz – Gebäude, die Beauftragte für Innovationen und Technologie Frau Steffi Schönherr von der Handwerkskammer Chemnitz, Klaus Büttner – Geschäftsführer der ISOTECH Gebäudetechnik, Dipl.-Ing. Christoph Steffan und Professor Uwe Franzke vom Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden. Ziel des Treffens war ein gemeinsames Ausloten der notwendigen Schritte, um neuste Erkenntnisse aus der Forschung für die praktische Umsetzung im Handwerk anzubieten, als auch andersherum Rückschlüsse aus der Praxis für die Wissenschaft zu nutzen.

v.l.n.r.: Christoph Steffan (ILK Dresden), Steffi Schönherr (HK Chemnitz), Klaus Büttner (Isotech), Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke

BUNDESTAGSKANDIDATEN AM ILK DRESDEN

20. August 2021 //

Bundestagsmitglied und erneuter MdB-Kandidat Torsten Herbst (FDP) folgt der Einladung des ILK Dresden. Er kennt das Institut seit einigen Jahren. Es ist die Fortsetzung eines regen Gedankenaustausches über , Wirtschaft, Infrastruktur und Gesundheit. In der Wahl im September 2021 wird er erneut Mitglied des Deutschen Bundestages. Doch auch ein anderer Gast des ILK Dresden schafft es in das Parlament: Dr. Markus Reichel (CDU). In seinem Wahlkampf setzte er sich deutlich für die Vereinbarkeit von Nachhaltigkeit und Wirtschaft ein. Ein weiteres herzliches Gespräch fand mit Annett Jagiela (Bündnis 90 | DIE GRÜNEN) statt, die für den Wahlkreis Görlitz kandidierte.



OBERBÜRGERMEISTER ZU GAST IM ILK DRESDEN

30. August 2021 //

Oberbürgermeister Dirk Hilbert und der Leiter des Amtes für Wirtschaftsförderung Dresden Dr. Robert Franke informierten sich über Forschungsaktivitäten am ILK Dresden. Ein wichtiger Hintergrund: Die sehr gute Anbindung des Instituts an die städtische Infrastruktur. Kurze möglichst zentrumsnahe Wege sind wichtig für den wissenschaftlichen Nachwuchs und für die Exzellenz des Wissenschafts-Standortes Dresden.

v.l.n.r.: Dirk Hilbert, Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke, Dr. Robert Franke



DIE KAMPAGNE „LEBENSMITTEL LUFT“ STARTET – INITIIERT DURCH DEN FGK

31. August 2021 //

»Luft ist unser wichtigstes Lebensmittel! Wir – das ILK Dresden – unterstützen die Kampagne "Lebensmittel Luft", weil wir ohne eine gesunde Luft nicht leben können.«, so Prof. Franzke. Rund 80 Prozent unserer Zeit verbringen wir in Innenräumen. Doch was bedeutet „gute Luft“? Warum sind gute Luft und Raumluftqualität nicht nur in Pandemie-Zeiten von höchster Bedeutung? Welche Kriterien spielen eine Rolle und wie schaffe ich gute Luft – egal, ob in der Wohnung, im Büro, in der Gastronomie, im Einzelhandel oder sonst irgendwo, wo sich Menschen aufhalten? —> www.lebensmittel-luft.info



DABEI SEIN IST ALLES: VOLLEYBALL TURNIER „FIRMEN BEACHCUP FREITAL“

3. September 2021 //

Gleich zwei gemischte Freizeit-Mannschaften des ILK Dresden sind zum „Freitaler Firmen-Beachcup 2021“ angetreten und konnten Platz 14 und 19 belegen. „Daumen hoch“ für die beiden Teams!

ENRIQUE JULIA PRIZE VERGABE – ERSTMALIG MIT 600 EURO DURCH DEN VEREIN ZUR FÖRDERUNG DER LUFT- UND KÄLTETECHNIK e.V. UNTERSTÜTZT

10. September 2021 //

Ms Uxia Calvina ist die Preisträgerin des noch jungen *Nanouptake-Awards*. In Andenken an den Gründer dieses europäischen Netzwerkes – Enrique Julia –, der leider 2018 völlig unerwartet nach einem Netzwerktreffen auf dem Weg zwischen Dresden und Berlin verstarb, wird seither jährlich der *Enrique Julia Prize* an junge Wissenschaftler verliehen. Schwerpunkt sind hervorragende Arbeiten im Bereich Wärmeübertragung mit Nanofluiden. 2021 war die Preisverleihung erstmalig mit 600 Euro dotiert. Matthias H. Buschmann, Chair NANOCOnVEX COST CIG Project und Mitarbeiter des ILK Dresden übergab während der Online-Konferenz symbolisch die Urkunde an Ms Uxia Calvina (Universität de Vigo, Grupo GAME, Departamento de Fisica Aplicada, 36310 Spain) für das Projekt *Heat transfer performance of ZrO2 nanofluids in a gasketed plate heat exchanger*.





13. DRESDNER KOLLOQUIUM DER LUFTREINHALTUNG

14. September 2021 //

Achtzig Teilnehmer – so viele wie noch nie – besuchten diese Veranstaltung des ILK Dresden mit dem *Brennpunkt Luftqualität*. Es fand Corona-konform im großen Saal des Deutschen Hygiene-Museums in Dresden statt. Sein Inhalt war zeitgemäß Covid19-beeinflusst und so wurden neuste wissenschaftliche Erkenntnisse zum *Brennpunkt Luftqualität* präsentiert und diskutiert, wie beispielsweise das jahrelange Versäumnis der Installation von modernen Lüftungssystemen in öffentlichen Gebäuden, Schulen, Büroräumen oder Restaurants.

TREFFEN DER SENIOREN: UNGEBROCHENES INTERESSE AM INSTITUT

15. September 2021 //

Ein fröhliches Stimmengewirr schwirrt durch das Institutsgebäude, wenn sich die SeniorInnen des ILK Dresden einmal im Jahr treffen. Man hat sich viel zu erzählen. Das Interesse an der Weiterentwicklung des Instituts ist ungebrochen. Dr. Peter Albring bedankte sich nach der ausführlichen Rede von Prof. Franke mit den Worten: *»... das war wirklich ein eindrucksvoller Nachmittag, vielen Dank dafür. Ich glaube, ihr seid auf einem guten Weg.«* Auch wenn der Senioren-Verein sich im Nachgang, aufgrund seiner hohen Altersstruktur, als Institution aufgelöst hat, bleibt das Angebot von Professor Franke bestehen, dass die SeniorInnen sich als Freundeskreis weiterhin unter dem Dach des ILK Dresden treffen können.



JOBMESSE

16. September 2021 //

Das ILK Dresden präsentierte sich erstmalig auf der 22. Jobmesse. Interessierte erhielten die Möglichkeit, sich über aktuelle Stellenausschreibungen, Aus- und Weiterbildungs- sowie Studienangebote auf dem regionalen Arbeitsmarkt schlau zu machen und sich gegebenenfalls gleich zu bewerben!

Da sich das ILK Dresden als wissenschaftlicher Partner der Industrie versteht und konkrete technische Lösungen die Wirtschaft entwickelt, fördern wir sowohl den naturwissenschaftlichen als auch den handwerklichen Nachwuchs.

SPORTLICH UNTERWEGS: ILK DRESDEN-HERBSTLAUF

23. September 2021 //

Das ILK Dresden organisiert seit diesem Jahr für seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unterschiedliche Freizeitsport-Events, wie Volleyball, Tennis, Tischtennis, Badminton und Bowling. Alle Aktivitäten sind natürlich freiwillig, dennoch sind die angebotenen Termine stets gut ausgebucht, hat man doch so die Chance der bereichsübergreifenden Kommunikation. Ein bisschen Wettbewerb darf natürlich nicht fehlen – wie beim 1. ILK Dresden-Herbstlauf im Großen Garten in Dresden.



KOLLOQUIUM KÄLTETECHNIK – »MACHEN WIR DAS HEIZEN BEZAHLBAR!«

24. September 2021 //

Mit diesen Worten eröffnete Professor Franzke das 21. Kolloquium der Kältetechnik in Dresden. Wie kann die Waage zwischen ambitionierten Klimazielen und unserem täglichen Leben ausbalanciert werden? Technischer Fortschritt, Sektorenkopplung, intelligente Wärmepumpentechnik? Mehr als 80 Teilnehmer folgten in der Hybridveranstaltung den geballten Informationen der Referenten aus Wirtschaft und Wissenschaft. Darunter: Markus Graebig von 50Hertz, Michael Wördemann von Viessmann, Dr. R. Kretschmer von Sachsenenergie, Prof. Thorsten Urbaneck von der TU Chemnitz, Prof. R. Streblov von E.ON Energy Research Center sowie Prof. Uwe Franzke, Christine Tillmann, Dr. Peter Röllig, Ralf Noack und Dr. Mathias Safarik vom ILK Dresden.

INDOOR-AIR

5. bis 7. Oktober 2021 //

Schlechte Luft an Deutschlands Schulen ist das Auftaktthema der Indoor Air in Frankfurt am Main.

Der Geschäftsführer des ILK Dresden, Prof. Franzke nahm neben Prof. Joachim Curtius, Universität Frankfurt; Prof. Christoph Kaup, Vorsitzender des FGK, Prof. Dirk Müller, Institute for Efficient Buildings an Indoor Climate of RWTH Aachen University an der Podiumsdiskussion teil. Moderiert wurde die Runde von Prof. Hans Fleisch, Stiftungsratsvorsitzender der Heinz-Trox-Stiftung.





CRYOGENICS

5. bis 7. Oktober 2021

Die 16. CRYOGENICS 2021 vom 5. bis 7. Oktober setzte weiterhin die Reihe der alle zwei Jahre stattfindenden Konferenzen fort. Sie war eine gemeinsame Konferenz der IIR-Kommissionen: Cryophysics, Cryoengineering, Liquefaction and Separation of Gases, Cryobiology and Cryomedicine.

Die Veranstaltung befasste sich mit Technologien im Temperaturbereich unter 120 K (-153 °C). Das ILK Dresden war mit mehreren Referenten und Themen Mitveranstalter der Konferenz.

DKV TAGUNG

17. November 2021

Dank der strengen 2G-Regelung konnte die DKV-Tagung in Dresden vom 17. bis 19.11.2021 im Internationalen Kongress Center stattfinden. Eine kleine Delegation der Gäste erhielt als Begleitprogramm der Tagung Einblicke in das ILK Dresden, seine chemisch-physikalischen Labore und in die Experimentierhallen. Vom ILK Dresden referierten außerdem mehrere WissenschaftlerInnen und IngenieurInnen auf der Tagung im Maritim.



VERGABE STUDIENPREIS

10. Dezember 2021

Sechs herausragende studentische Arbeiten wurden 2021 vom Verein für Luft- und Kältetechnik e.V. honoriert. Den 1. Platz belegte Conrad Richter, Student an der TU Dresden. Bereits zum 18. Mal lobte der Verein den jährlichen Studienpreis für herausragende Diplom-, Bachelor- und Praktikumsarbeiten aus, die am ILK Dresden erarbeitet und betreut wurden.

**WEIHNACHTSFEIER – NEIN.
WEIHNACHTEN – JA.**

10. Dezember 2021 //

»Liebe Kolleginnen und Kollegen, aufgrund der aktuellen Corona-Verordnung, können wir die Weihnachtsfeier des ILK Dresden am 10. Dezember nicht durchführen. Wir bedauern das sehr und hoffen auf eine Besserung der Situation, um wieder gemeinsamen Aktivitäten nachgehen zu können.« Eine kleine Überraschung gab es dennoch für alle ILK Dresden Mitarbeiter. Ganz persönlich überreichten die Hauptbereichsleiter und Professor Franzke (als Weihnachtsmänner) im offenen Foyer des Instituts jedem Mitarbeiter ein Weihnachtsgeschenk.



WIR MACHEN KINDER STARK!

22. Dezember 2021 //

Unserem Forschungsinstitut liegen Bildung und Nachwuchsförderung sehr am Herzen. Mit einem kreativen Foto-Kalender-Projekt sammelten unsere Mitarbeiter Spenden und Professor Franzke konnte kurz vor Weihnachten 760 Euro an den Kinder- und Jugendfond Dresden e.V. *Aufwind* überreichen. Die Organisation ermöglicht Dresdner Kindern faire Bildungschancen. Beispielsweise indem sie den Jugendlichen hilft, ihren Schulabschluss zu erreichen. —> www.aufwind-dresden.de

ORGANISATION AM ILK DRESDEN



INSTITUT FÜR
LUFT- UND KÄLTETECHNIK gGMBH

GESCHÄFTSFÜHRER

PROF. DR.-ING. UWE FRANZKE

REFERENTIN DES GESCHÄFTSFÜHRERS //////////////////////////////////////

/// **DIPL. WIRTSCHAFTSJURISTIN (FH) KATHRIN TAUBERT**

HR ////////////////////////////////////// **M. SC. JANINE BEESE**

IT ////////////////////////////////////// **DIPL. INFORMATIKER DIRK SCHUSTER**

PR ////////////////////////////////////// **DIPL. MARKETINGWIRT DANIELA KOCH**

BEAUFTRAGTE

ARBEITSSICHERHEIT ////////////////////////////////////// **DIPL.-ING. THOMAS SCHILDBACH**

BRANDSCHUTZ ////////////////////////////////////// **JOST THIEME**

DATENSCHUTZ ////////////////////////////////////// **DIPL.-ING. FRANK PRASTKA**

EXPORTKONTROLLE ///// **M. SC. / DIPL.-WI.-ING. (FH) ANDREAS PRAX**

GEFAHRENSTOFFE | STRAHLENSCHUTZ ////////////////////////////////////// **THOMAS WAGNER**

LASERSCHUTZ ////////////////////////////////////// **CHRISTIAN FRIEBE**

QUALITÄTSMANAGEMENT ////////////////////////////////////// **DIPL.-ING. (FH) ENRICO ROSE**

STRAHLENSCHUTZ ////////////////////////////////////// **B. SC. (BA) CHRISTINA MANN**

VA ELEKTROFACHKRAFT ////////////////////////////////////// **JENS HÄNSEL**

VA SCHWEISSFACHAUFSICHT ////////////////////////////////////// **M. ENG. SEBASTIAN HEMPEL**

KRYOTECHNIK UND TIEFTEMPERATURPHYSIK

DR. RER. NAT. ANDREAS KADE
HAUPTBEREICHSLER

LUFT- UND KLIMATECHNIK

DR.-ING. RALPH KRAUSE
HAUPTBEREICHSLER FÜR
LUFT- UND KLIMATECHNIK

DIPL.-ING. RALF HEIDENREICH
BEREICHSLER FÜR LUFTREINHALTUNG

KÄLTE- UND WÄRMEPUMPENTECHNIK

PPA. DR.-ING. OLAF HEMPEL
HAUPTBEREICHSLER

ANGEWANDTE WERKSTOFFTECHNIK

PPA. DR. RER. NAT. MICHAEL GOLDBERG
HAUPTBEREICHSLER

ANGEWANDTE ENERGIETECHNIK

DR.-ING. MATHIAS SAFARIK
HAUPTBEREICHSLER

FINANZEN | CONTROLLING /////////// **M. SC. / DIPL.-WI.-ING. (FH) ANDREAS PRAX**
TECHNIK // **DIPL.-ING. STEPHAN SCHULZ**
OBJEKT | ALLGEMEINE DIENSTE // **RALF KNÖRNSCHILD**

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Institut für Luft- und Kältetechnik
gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20 | 01309 Dresden
+49 351 408 150 00
info@ilkdresden.de | www.ilkdresden.de

DANK

Das ILK Dresden bedankt sich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, welche die Produktion und Distribution dieses Buches unterstützt haben.

Wir danken für die professionelle fotografische Unterstützung durch den WERBEFOTOGRAFEN JAN GUTZEIT
www.jan-gutzeit.de

KONZEPT UND GESTALTUNG

Designbüro Ajete Elezaj
www.ajeteelezaj.de

Download-Möglichkeit:



Urheberrechte für Konzept und gestalterische Umsetzung dieses Buches liegen beim ILK Dresden. Die Vergabe der zeitlich und räumlich unbegrenzten Nutzungsrechte obliegt dem o.g. Urheber. Die ganze oder teilweise Adaption des Konzepts und damit die Gestaltung durch unberechtigte Dritte ist untersagt.

2022 | Alle Rechte vorbehalten

BILDNACHWEIS

Titel, S. 2, 2/3, 4, 5, 12, 26, 38/39, 52, 72/73, 83, 86 - 95:
ILK Dresden, Fotograf Jan Gutzeit
S. 2: pixabay.com/qimono
S. 2/3: pixabay.com/torstensimon
S. 6, 8: ILK Dresden, Fotografin Anna Werner
S. 12: stock.adobe.com/Jaralol
S. 12/13: stock.adobe.com/sg
S. 12/13: stock.adobe.com/EV_Korobov
S. 17: stock.adobe.com/anttoniart
S. 19: stock.adobe.com/aerial-dron
S. 26: pixabay.com/qimono
S. 26/27: stock.adobe.com/Ramona Helm
S. 26/27: stock.adobe.com/PIR04D
S. 31: stock.adobe.com/tadamichi
S. 33: Grafik Ketec, Jacob Müller
S. 35: stock.adobe.com/Female photographer
S. 35: stock.adobe.com/Felix Jork
S. 37: stock.adobe.com/VectorMine
S. 38: stock.adobe.com/StraifordProductions
S. 38: pixabay.com/Alexandra_Koch
S. 38/39: stock.adobe.com/connie.guanziroli.ph
S. 47: pixabay.com/wir_pixs
S. 51: Stiftung Humboldt Forum im Berliner Schloss / Architekt: Franco Stella mit FS HUF PG
S. 51: stock.adobe.com/ClHuetter
S. 52: istockphoto.com/Jay Yuno
S. 52/53: stock.adobe.com/pressmaster
S. 52/53: stock.adobe.com/Anna
S. 57: stock.adobe.com/V&P Photo Studio
S. 63: stock.adobe.com/HAMERCAT
S. 71: stock.adobe.com/kittisak
S. 72: stock.adobe.com/lvan Kruk
S. 72: pixabay.com/pixel2013
S. 72/73: pixabay.com/torstensimon
S. 90: stock.adobe.com/ryanking999
S. 101: SILV Halle, DECHEMA e.V., Grafik: Zuse-Gemeinschaft
S. 115: pixabay.com/PIX1861

Alle weiteren Bilder aus dem Archiv des ILK Dresden

Wir danken unseren langjährigen Partnern im Forschungsnetzwerk für die Zurverfügungstellung Ihrer Logos.



Miteinander forschen

Wirtschaft stärken

Perspektiven schaffen





www.ilkdresden.de