

Schwerpunkte und
Vertiefungsfächer am IEFE
Maschinentechnik



School of
Engineering

IEFE Institut für Energiesysteme
und Fluid-Engineering

Übersicht über alle Module

Modul	Kürzel	Schwerpunkt	Wahlpflichtmodul
<u>Computational Fluid Engineering 1 und 2</u>	CFE	MT-SP	
<u>Konventionelle Kraftwerkstechnik</u>	KKT		MT
<u>Verfahrenstechnik 1 und 2</u>	VT	MT-SP	
<u>Modellbildung und Simulation</u>	MBS		MT
<u>Windkraft, Wasserkraft, Sektorkopplung und synthetische Treibstoffe</u>	W2S2	MT-SP	
<u>Systems and Automation Technology 2</u>	SYAT	MT-SP	
<u>Kältemaschinen und Wärmepumpen</u>	KMWP	MT-SP	
<u>Projekt- und Bachelorarbeiten für MT-Studierende</u>			

Computational Fluid Engineering 1 und 2

«Numerische Strömungssimulationen geben spannende Einblicke in komplexe strömungstechnische Problemstellungen. 3D-Strömungen in Maschinen werden optimierbar.»

Marius Banica, marius.banica@zhaw.ch



Sie lernen die numerische Strömungsmechanik kennen und erfahren mehr zu Geometrieaufbereitung, Gittererstellung, Simulation und Postprocessing. Sie wenden das Gelernte auf Probleme der Fluidodynamik an, interpretieren und verifizieren Ihre Resultate.

Hier lernen Sie unter anderem

- × Erzeugen von geeigneten 3D-Modellen mit CATIA für die CFD-Analyse
- × Erzeugen von optimalen Berechnungsgittern mit ANSYS ICEM und ANSYS Meshing
- × Aufbau von Simulationsfällen in ANSYS CFX Pre
- × Simulieren der Beispiele mit ANSYS CFX Solver
- × Analyse und Interpretation der Resultate mit ANSYS CFX Post
- × Verifikation der Resultate

Praxisanwendungen

- × Stationäre und transiente Strömungen
- × Einphasen- und Mehrphasenströmungen
- × Simulation von Innen- und Aussenströmungen
- × Einsatz von Turbulenzmodellen je nach Anwendung
- × Anwendung und Vertiefung des angeeigneten Wissens im Rahmen von Kursarbeiten (eigene Problemstellung)

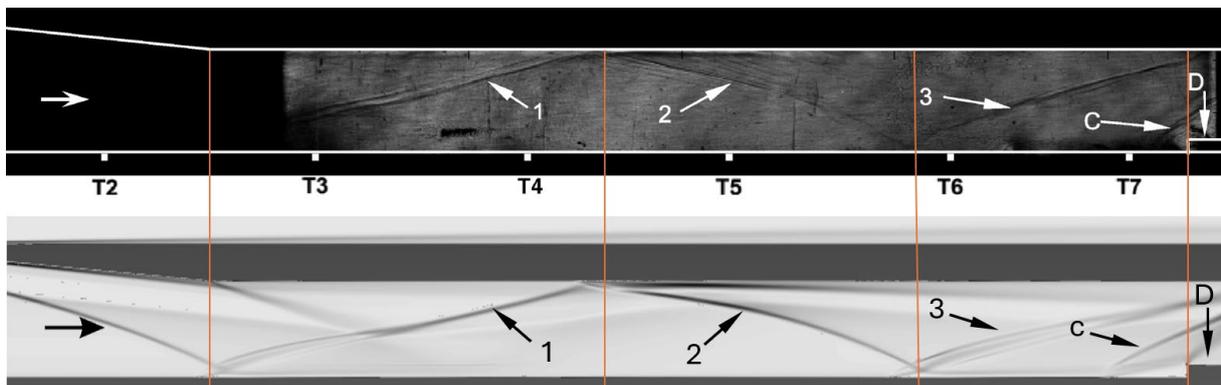
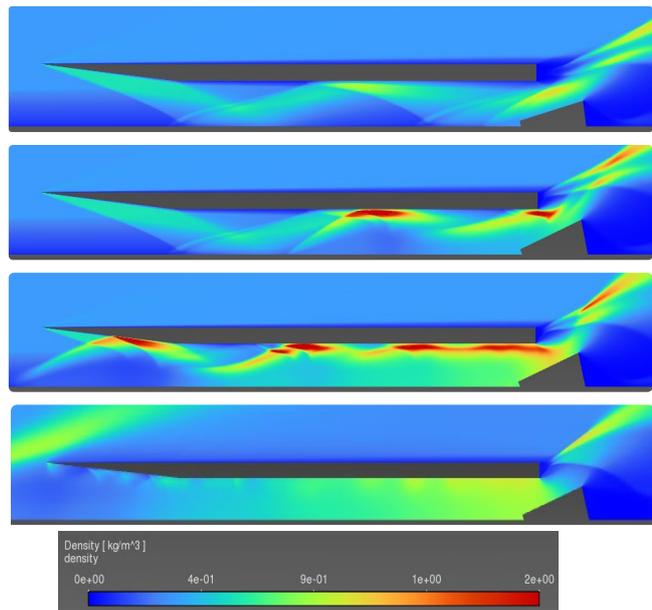
Projektbeispiel von Studierenden

CFD for RAMJET applications

- × Projektarbeit Aaron Hertach und Jason Witzig
- × Betreut durch Dr. Marius C. Banica
- × Partner: Destinus AG, Payerne (VD)

Projektbeschreibung

Bei hohen Fluggeschwindigkeiten (Machzahlen) lassen sich herkömmliche luftatmende Triebwerke (Turbofans, Turbojets) nicht mehr (effizient) betreiben. Stattdessen kommen sogenannte Ramjets zum Einsatz. Obwohl diese keine bewegten Teile haben, und damit konzeptionell einfach aufgebaut sind, entstehen komplexe Strömungsphänomene, die auch mit heutigen Simulationen nur schwer vorhersagbar sind. Diese Arbeit befasste sich speziell mit der Vorhersage des «Unstart»-Phänomens in einem Ramjet-Einlauf. Die Ergebnisse werden durch die Studierenden im May 2025 an der 3rd International Conference on Flight Vehicles, Aerothermodynamics, and Re-Entry in Arcahon, Frankreich, präsentiert.



Konventionelle Kraftwerkstechnik

«Lernen Sie, wie reale Kraftwerksprozesse ausgelegt und hinsichtlich ihrer Effizienz beurteilt werden. Erfahren Sie mehr zu Kernkraftwerken und zu Energiespeicherung und -transport.»

Thomas Bergmann, thomas.bergmann@zhaw.ch



Wenden Sie ihr Wissen aus den Grundlagenfächern Fluidodynamik, Thermodynamik und Wärmeübertragung praktisch an. Hier erhalten Sie Einblicke in die Probleme der Kernkraftnutzung, in die Funktionsweise thermischer Kraftwerke und in vieles mehr.

Hier lernen Sie unter anderem

- × Verbesserungsmöglichkeiten am Dampfkraftprozess
- × Optimierung von Gasturbinenanlagen
- × GuD-Kombiprozess von Gasturbine und Dampfkraftprozess
- × Kraftwerkskomponenten: Dampferzeuger, Kondensator, Kühlturm, Turbine, Abgasreinigung
- × Kernkraftwerke: physikalische Grundlagen, Aufbau von Reaktoren, Aufbereitung und Endlagerung, Radioaktivität
- × Energiespeicher: thermisch, chemisch, mechanisch

Praxisanwendungen

- × Qualitative Charakterisierung thermischer Energie anhand des Exergie- und Anergieanteiles
- × Quantitative Bewertung von Qualitätsverlusten bei Energiewandlungs- und -transportprozessen
- × Exkursion zur KVA Winterthur

Projektbeispiel von Studierenden

Energieversorgungskonzept Pfäffikon ZH

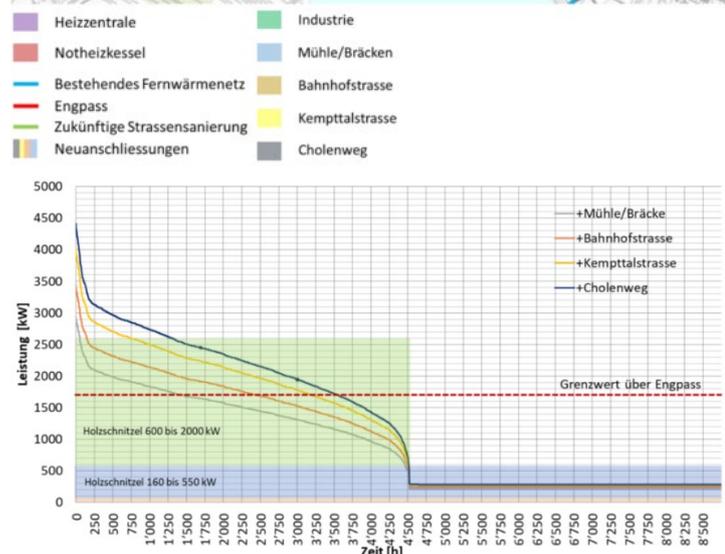
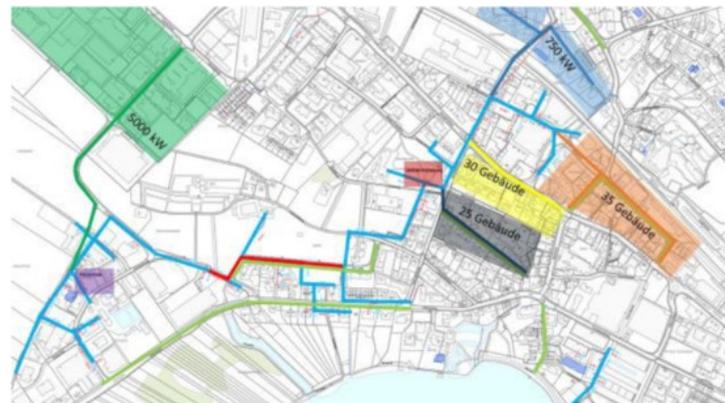
- × Bachelorarbeit
- × Betreut durch Dr. Thomas Bergmann
- × Industriepartner: Gemeindewerke Pfäffikon ZH

Projektbeschreibung

Fernwärmenetze stellen eine nachhaltige Lösung zur Wärmeversorgung dar. Die Gemeindewerke Pfäffikon im Kanton Zürich besitzen ebensolche Wärmeverbundnetze. Diese erzeugen Wärme mit Hilfe von Holzhackschnitzeln und Wärmepumpen und verteilen die Wärme unterirdisch an die Haushalte und Industrien in Pfäffikon.

Die Nachfrage zur Netzanschlissung ist enorm. Die Wärmeerzeuger sind noch nicht vollständig ausgelastet und haben freie Kapazitäten für weitere Neuanschlissungen. Jedoch stösst das Fernwärmenetz nach und nach an seine Grenzen und es entstehen Engpässe. Es braucht Massnahmen, um weitere Haushalte ans Fernwärmenetz anschliessen zu können.

Berechnungen ergeben, dass in einem der drei Fernwärmenetze ein Engpass besteht. Um die Wärmeerzeuger besser auszulasten, ohne den Engpass zu überlasten, wird der Notgasheizkessel miteinbezogen. Dieser befindet sich nach dem Engpass und soll die betroffene Stelle entlasten.



Verfahrenstechnik 1 und 2

«In der Stoffwandlung vom Rohstoff zum Endprodukt sind Ingenieurinnen und Ingenieure gefragt.»

Markus Weber Sutter, markus.weber@zhaw.ch

Reinhard Berger, reinhard.berger@zhaw.ch



Durch Verfahrenstechnik werden veredelte Massenprodukte einer Allgemeinheit zugänglich. Mit Verfahren und Prozessen erfolgen Verfeinerung und Wertsteigerung der Rohstoffe zum Endprodukt. Die nötigen Kenntnisse vorausgesetzt, können hier Ingenieurinnen und Ingenieure zum Erfolg von Verfahren und Produkten beitragen.

In Verfahrenstechnik 1 lernen Sie unter anderem

- × Grundlagen der Zerkleinerung und der Partikeltechnik
- × Mechanische Trennverfahren
- × Stofftransport und thermische Trennverfahren

In Verfahrenstechnik 2 lernen Sie unter anderem

- × Prozessmesstechnik
- × Sorptionsverfahren
- × Katalytische Prozesse

Praxisanwendungen

- × Auslegung von Anlagen verfahrenstechnischer Anwendungen
- × Überbrückung der Diskrepanz zwischen Labor-, Anwendungs- und Produktionstechnik
- × Überwachung von Verfahren während der Produktion
- × Erarbeiten, Interpretieren und Präsentieren von Forschungsergebnissen

Projektbeispiel von Studierenden

Dispergierprozess Druckfarbenherstellung

- × Projektarbeit
- × Betreut durch Prof. Dr. Markus Weber Sutter
- × Projektpartner: Arcolor AG

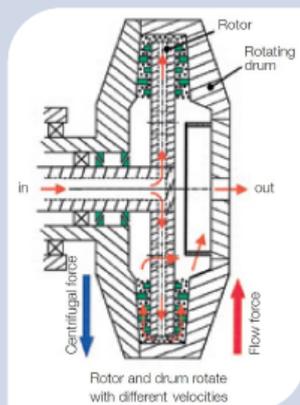
Projektbeschreibung

Der Einsatz von Druckfarben beim grossflächigen Bedrucken von Decor-Elementen, wie z.B. Laminatböden, setzt eine sehr geringe Teilchengrösse der in der Flüssigfarbe enthaltenen Pigmente voraus. Bedingt durch die Wahl des Druckprozesses oder im Zuge der Neuentwicklung einer solchen Technologie muss eine konstante Partikelgrössevenverteilung mit möglichst feinen Farbpigmenten erreicht werden.

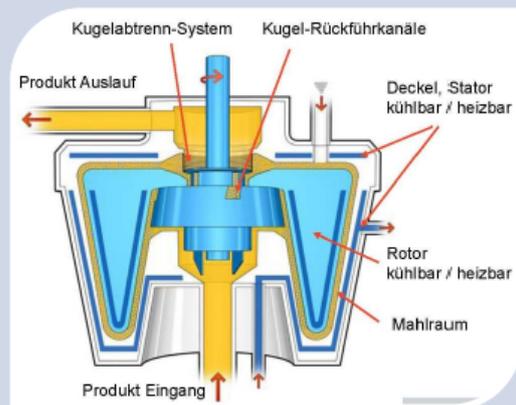
Für solche Zerkleinerungs- und Dispergiervorgänge wird vorwiegend die Kugelmühlentechnologie eingesetzt. Da eine Modifikation der Ausgangsmaterialien oder Farbrezepturen für eine Anpassung nicht in Frage kam, wurde in dieser Arbeit eine optimierte Mühlentechnologie angestrebt.

Mahlraumgeometrie

Ringraum-Mühle (bestehend Produktion)
Bühler ZR-Serie



Ringspalt-Mühle
FrymaKoruma CoBall-Mill (MS)



Modellbildung und Simulation

«Das Aufstellen eigener Modelle und die Durchführung der dazu generierten Rechenvorschriften schärfen das Verständnis dieser Techniken und den Blick auf die so erzielten Ergebnisse.»

Markus Weber Sutter, markus.weber@zhaw.ch



Wozu Modelle? Wie stellt man ein Modell zu einem Zusammenhang in Natur oder Technik auf? Wie weit kann ich mit «Bordmitteln» kommen? Ab wann bin ich mit professioneller Software besser beraten? Wie bewerte ich Simulationsergebnisse? Dies und mehr lernen Sie hier.

Hier lernen Sie unter anderem

- × Unterschiedliche Kategorien von Modellrechnungen
- × Vereinfachungen und deren Bedeutung
- × Regeln der Diskretisierung, Verfahren mit finiten Differenzen
- × Unterschiede zwischen gängigen Verfahren
- × Handhabung von Populationsbilanzen
- × Anknüpfungspunkte zur Biochemie oder Chaos- und Spieltheorie

Praxisanwendungen

- × Instationäre Wärmeleitung in einer oder mehreren Raumdimensionen
- × Statistische Betrachtung der Faltung einer Polymerkette
- × Wachstum von Aerosolpartikeln
- × Gekoppelte Vorgänge von Wärme- und Stoffübertragung
- × Ausbreitung von Detonationswellen
- × Kinematik von Ein- oder Mehrkörpersystemen

Projektbeispiel von Studierenden

Quantitative Beschreibung von durch Stosswellen hervorgerufenen Strukturbelastungen

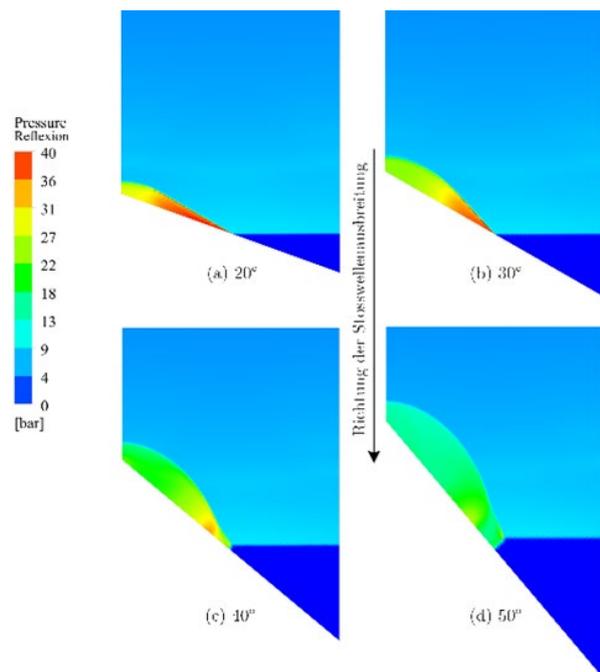
- × MSE Masterarbeit
- × Betreut durch Prof. Dr. Markus Weber Sutter
- × Industriepartner: Bang & Clean Technologies AG

Projektbeschreibung

Moderne Instandhaltungstechnik für Verbrennungskraftwerke umfasst selbstverständlich auch das Ablösen von Belägen und Verkrustungen von den Wärmetauscherrohren. Die Rohre zu diesem Zwecke in Schwingung zu versetzen, ist ein bestens etablierter Mechanismus dazu – if brute force does not do it, use a hammer 😊

Eine Möglichkeit zur Schwingungsanregung ist das gezielte Aussenden von Stosswellen, die zum Beispiel per Gasedetonation erzeugt werden.

Dass von heftigeren Schlägen eine umso grössere Wirkung ausgeht, ist unbestritten. Es gilt hier die Grenze zu ungewollter Strukturschädigung an den Kraftwerksinstallationen auszuloten. Deshalb befassten wir uns im Rahmen dieser Masterarbeit mit einer Möglichkeit zur Quantifizierung der in den unterschiedlichen Installationen hervorgerufenen Spannungen durch rechnergestützte Simulation (CFD) der Ausbreitung von Stosswellen im Raum und der von ihnen auf diese Installationen übertragenen Druckkräfte. Eine wichtige Rolle spielten dabei auch der Abgleich der Anfangs- und Randbedingungen solcher Simulationen mit theoretischen Grundlagenrechnungen und mit experimentellen Messwerten.



Studie zur Reflexion von Stosswellen bei schiefwinkligem Auftreffen auf Wänden.

Windkraft, Wasserkraft, Sektorkopplung und synthetische Treibstoffe

«Nur wenn der Anteil der Erneuerbaren im Energiemix signifikant steigt, sind die Pariser Klimaziele erreichbar. Wir behandeln die notwendigen Zusammenhänge und Technologien.»

Mirko Bothien, mirko.bothien@zhaw.ch



Wie wird aus erneuerbaren Energien Strom und Wärme? Wie werden Wind- und Wasserkraftanlagen geplant und betrieben? Was ist Sektorkopplung? Wie gelingt mit Erneuerbaren und Wasserstoff unsere zukünftige Stromversorgung CO₂-frei? Dieses Modul liefert Antworten.

Hier lernen Sie unter anderem

- × Übersicht über aktuelle und künftige Stromproduktion welt- und schweizweit, Relevanz der Erneuerbaren, CO₂ und Klimawandel
- × Nutzung der Windenergie: Bauformen von Windkraftanlagen und Anlagentypen, Aerodynamik von Rotoren, Auslegung und Anlagenbetrieb, Komponenten, Windentstehung
- × Nutzung der Wasserkraft: Wasserkreislauf und Wasserturbinen, Typen Wasserkraftanlagen, Auslegung und Betrieb
- × Synthetische Treibstoffe, Wasserstoffelektrolyse, Power-to-X
- × Sektorkopplung: Erzeugung, Umwandlung und Speicherung von Strom und Wärme, Kopplung mit Mobilität

Praxisanwendungen

- × Exkursionen, Laborpraktikum, Beispielaufgaben, Simulation

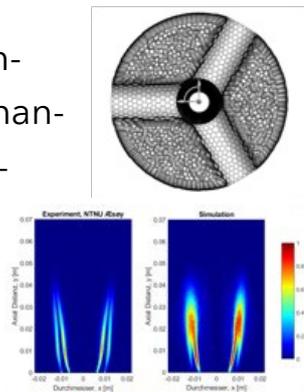
Projektbeispiele von Studierenden

Untersuchung von Wasserstoffverbrennung und Thermoakustik

- × Bachelorarbeiten
- × Betreut durch Dr.-Ing. Mirko Bothien
- × Verschiedene Industriepartner

Projektbeschreibung 1

In dieser Bachelorarbeit wurden in einem Laborbrennkammerprüfstand für Gasturbinen verschiedene Methan-Wasserstoffzusammensetzungen bei variierenden Betriebsparametern mittels CFD simuliert und mit vorhandenen experimentellen Daten verglichen. Zudem wurde untersucht, wie sich die Flamme auf verschiedene akustische Anregungen verhält.



Projektbeschreibung 2

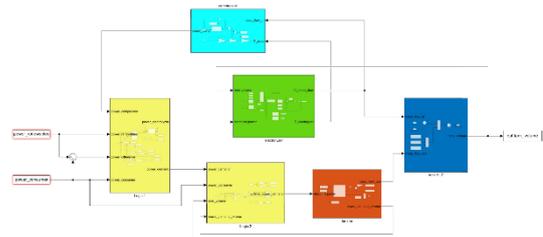


In dieser Bachelorarbeit wurde ein thermoakustisches Instrument entwickelt und gebaut, welches dabei hilft physikalische Phänomene zu erklären, die bei der Entwicklung neuer Systeme zur Verbrennung von Wasserstoff auftreten können.



Projektbeschreibung 3

In dieser Bachelorarbeit wurde ein Matlab/Simulink Model für ein Power-to-Gas-System (PtG) basierend auf den wichtigsten thermodynamischen und chemischen Grundgleichungen aufgestellt. Ein PtG-System ermöglicht das Umwandeln und die langfristige Speicherung erneuerbarer Energien in Form von energiedichtem Wasserstoff. Mit Hilfe des Modells konnten Aussagen über Effizienzen, Kosten und das dynamische Verhalten getroffen werden.



Systems and Automation Technology 2

«Automatisierung und Industrie 4.0 sind in aller Munde. Wir behandeln die Automatisierung und die Sensor- und Regelungstechnik anhand eines selbstfahrenden Fahrzeugs.»

Giovanni Beccuti, giovanni.beccuti@zhaw.ch



In diesem Modul erweitern Sie Ihre Kenntnisse aus den Modulen MRT1 und MRT2 mit den Nichtlinearen und totzeitbehafteten Systemen, digitaler Regelung und Zustandsregelung. Diese Themen werden mit einem Projekt zur Abstandsregelung eines Fahrzeugs begleitet.

Hier lernen Sie unter anderem

- × Systemmodellierung, Signalverarbeitung und Datenkommunikation
- × Dezentrale Automatisierungslösungen
- × Messtechnik, Sensoren, Aktoren
- × Modellbildung und Simulation von technischen Systemen mit MATLAB®/Simulink
- × Entwurf von Regelsystemen für höhere Anforderungen mit adaptiver, nichtlinearer sowie Zustandsregelung

Praxisanwendungen

- × Praktische Realisierung von elektronischen Regelgeräten in Analogtechnik
- × Entwurf und Echtzeitimplementierung von digitalen Regelsystemen
- × Ergänzung Theorieunterricht mit Praktika

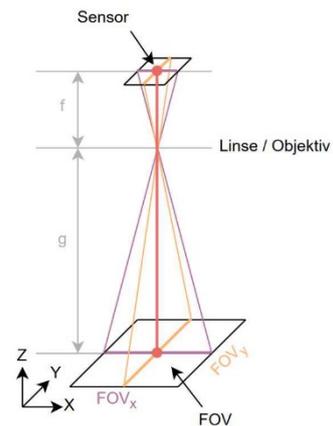
Projektbeispiel von Studierenden

Entwicklung einer Kartonage-Verpackungsanlage

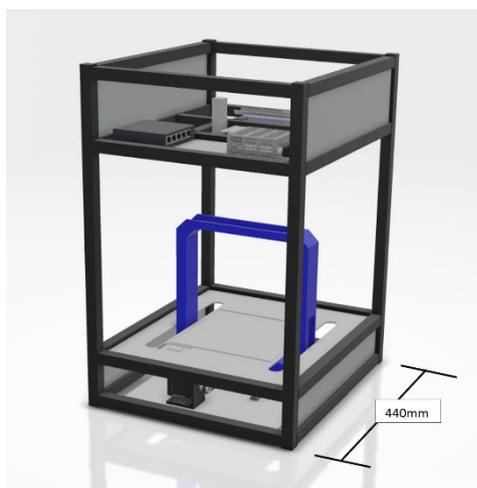
- × Projekt- und Bachelorarbeit
- × Betreut durch Dr. Giovanni Beccuti

Projektbeschreibung

Poststellen benutzen zum Versenden von Produkten oft Kartonage in standardisierten Größen. Dabei entstehen vermeidbare Freiräume zwischen dem Produkt und den Paketwänden, ein übermässiger Verbrauch von Verpackungsmaterial, und eine suboptimale Nutzung der Kapazität der Lieferfahrzeuge. Es besteht aus diesen Gründen ein Optimierungsbedarf zur Steigerung der Effizienz in der Ressourcennutzung. Diese Arbeit befasst sich mit dem Design und Bau eines Prototyps, welcher Kartonage passend auf die Produktgrösse zuschneidet. Um einen passenden Karton herzustellen, muss die Erfassung der Produktmasse mit einem Kamerasystem und Lasersensoren erfolgen. Die Kamera arbeitet mit einer Bilderkennungssoftware, welche ein kleinstes umgebendes Rechteck um die Objekte legt. Die Sensoren erfassen die Höhe des



Schematische Darstellung des Aufbaus des Teilsystems Kamera



Plattform für Objektdigitalisierung

Objekts und digitalisieren das einzupackende Objekt. Mit diesen Werten wird die Paketgrösse und der Ausschneidepfad berechnet. Um die Wellpappe dem Ausschneidepfad nach auszuschneiden, wird ein Kreuztisch verwendet. Die Steuerung ist mit einem Raspberry Pi umgesetzt. Eine Benutzeroberfläche wurde programmiert, um den Benutzer durch die Abläufe zu führen und sie zu kontrollieren.

Kältemaschinen und Wärmepumpen

«Kältemaschinen werden wichtiger, Wärmepumpen gehört die Zukunft – eine optimale Kombination für Maschinenbauerinnen und Energieingenieure.»

Frank Tillenkamp,
frank.tillenkamp@zhaw.ch



Die Themenbereiche Thermodynamik, Wärmeübertragungen, Kältekreislauf, Maschinenkomponenten und erdnahe Geothermie kommen mit allen Facetten zur Anwendung.

Hier lernen Sie unter anderem

- × Grundlagen der Kälte- und Wärmepumpentechnik
- × Planen und Dimensionieren von Wärmepumpen- und Kältemaschinensystemen
- × Kreisprozesse und Betriebsverhalten in komplexen Systemen
- × Beurteilen von Kältemitteln (Kältemittel im Kontext der Umwelt)
- × Grundkenntnisse zur oberflächennahen Geothermie und zur Tiefengeothermie

Praxisanwendungen

- × Anlagenplanung, Thermodynamik feuchter Luft, Systemeinbindung, Dimensionierung, Auslegung mit Berechnungstool
- × Planung einer Anlage mit oberflächennaher Geothermie als Wärmequelle und Energiespeicher
- × Praktische Übungen: Messungen an Maschinen des Kältemaschinenprüfstands

Projektbeispiel von Studierenden

Prüfstand zur Untersuchung von Kältemaschinen

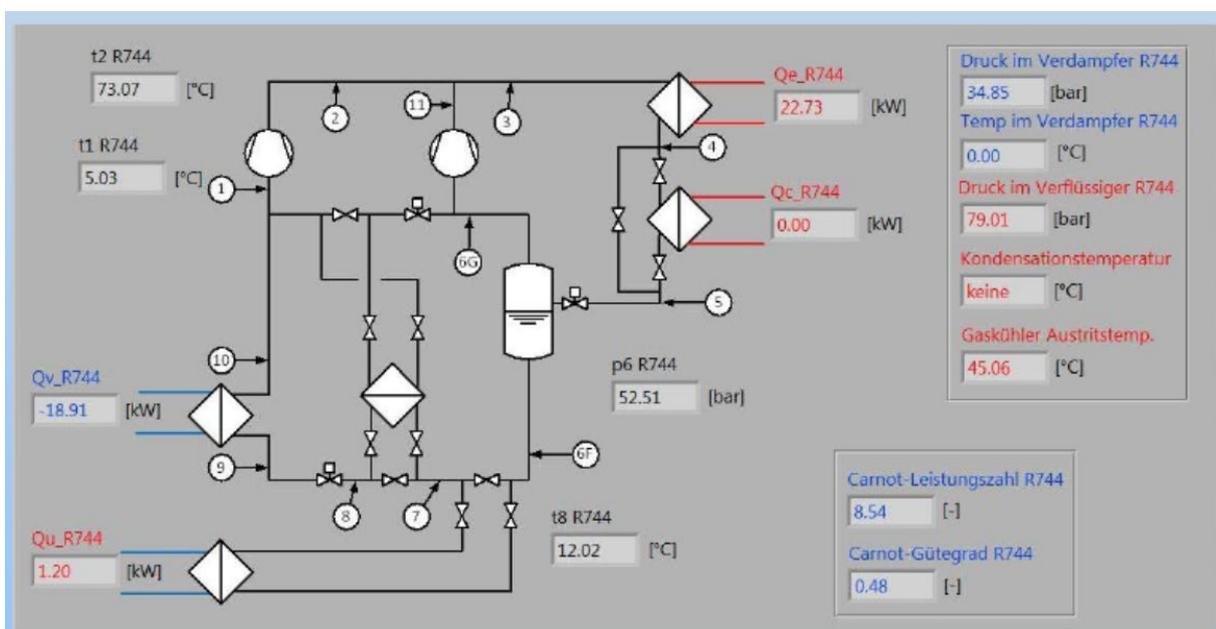
- × Projektarbeit
- × Betreut durch Prof. Dr. Frank Tillenkamp
- × Industriepartner: Scheco AG

Projektbeschreibung

Mit dem geplanten Prüfstand sollten drei Kältemaschinen mit den Kältemitteln Propan, CO₂ und R134a erforscht werden.

Dafür wurde ein Messkonzept zur Erfassung der Leistungszahl des Kälteprozesses und des Coefficient of Performance (COP) erarbeitet. Anhand von Parameteranalysen wurden der Einfluss auf die Leistungszahl und der COP ermittelt.

Die Performance der Kältemaschine konnte somit bereits während des Betriebs beurteilt werden. Mit Hilfe des Online-Performance-Darstellungsprogramms konnten die wichtigsten Werte wie die Kälteleistung, COP oder der Gütegrad dargestellt werden.



Projekt- und Bachelorarbeiten für MT-Studierende

Bei Marius Banica

- × **Auslegung einer Anlage zur Lagerung von flüssigem Wasser auf einer Mondbasis bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt**

Entwicklung von experimentellen Aufbauten zur Skalierung von Prozessen der Lipidanreicherung und Lipidtrennung, Entwicklung von möglichen Architekturen anhand eines numerischen Modells des Lebenserhaltungssystems

- × **Untersuchungen zum Mischverhalten in einem pharmazeutischen Mischer**

Experimentelle und numerische Untersuchung einer Anlage mit neuartigem Mischmechanismus, Anwendung von experimentellen Methoden wie LDA, PIV und PLIF sowie modernsten CFD-Simulationsverfahren

Bei Thomas Bergmann

- × **Thermochemische Netze in Verbindung mit unserem EU-Projekt**

Trocknung landwirtschaftlicher Güter, Gewächshausklimatisierung, Gebäudeklimatisierung

- × **Optimierung der thermischen Energieversorgung von Gebäuden und Stadtquartieren**

Energieversorgung von Wohngebäuden, Energieversorgung in Gewerbe und Industrie

Projekt- und Bachelorarbeiten für MT-Studierende

Bei Markus Weber Sutter

- × **Energieautarke Trocknung von Buchenholz**
- × **Bewertung der energetischen Effizienz von Dispergierprozessen bei der Herstellung von Druckfarben**
- × **Kraftstöße durch Druckwellen aus schnellen chemischen Reaktionen**

Bei Mirko Bothien

- × **Entwicklung eines Netzwerktools zur Berechnung von Strömungen und Wärmeaustausch**
Beschreibung von Netzwerkelementen basierend auf den Erhaltungsgleichungen,
Abbilden von komplexen Geometrien und Maschinen,
Implementieren der Gleichungen für Wärmeübertragungsmechanismen
- × **Untersuchung der Wärmeübertragungsmechanismen einer Heizwand mittels FEM-Simulation**
Nachbildung von Experimenten aus dem FTH3-Praktikum,
Programmieren eines Benutzer-Interfaces mit der ComsolApp
- × **Active Noise Cancellation: Entwicklung eines Reglers und Aufbau eines einfachen Experiments**
Aufbau und Durchführung eines Experiments mit Mikrofonen und Lautsprechern zur Minimierung der Schalldruckamplitude
- × **Implementierung von Brenner- und Flammentransferfunktionen in FEM-Lösern**
Erweiterung eines FEM-Tools zur Berücksichtigung von Druckverlusten

Projekt- und Bachelorarbeiten für MT-Studierende

Bei Giovanni Beccuti

- × **Modellierung und optimale Regelung eines PV-/Wärmepumpe-/Batterie-Systems**
- × **Optimaler Betrieb von Power-to-Gas-Einheiten in einem System mit hoher Durchdringung erneuerbarer Energien**

Bei Frank Tillenkamp

- × **Theoretische und experimentelle Untersuchung an einer CO₂-Kältemaschine - wo liegt der optimale Hochdruck?**
Recherche zum optimalen Hochdruck und zu Einflussfaktoren auf die Effizienz einer CO₂-Maschine,
Erarbeiten detaillierter Kenntnisse des CO₂-Prozesses,
Abgleich theoretischer Werte mit Empfehlungen des Herstellers und mit der Regelung im Kältelabor,
Abbildern der Regelkurve
- × **Programmieren eines Python-Tools für die energetische Gewichtung von Betriebspunkten**
Berechnen des energetischen Anteils verschiedener Betriebspunkte anhand von Lastprofilen und Stundenhäufigkeiten,
Entwickeln einer Nutzer-Oberfläche (GUI) in Python,
Erstellen einer kurzen Dokumentation
- × **Theoretische und experimentelle Untersuchung zum Einfluss externer Unterkühlung auf die Effizienz**
Überprüfen von Simulationen unterschiedlicher Kühlungsarten und deren Einfluss auf die Effizienz,
Definieren eines Experiments zur Überprüfung der Simulationen,
Bestimmen des Einflusses der Unterkühlung auf die Effizienz

Weitere Informationen zum Marktplatz

Klicken Sie [auf diesen Link](#)
oder scannen Sie den QR-Code!



School of
Engineering

IEFE Institut für Energiesysteme
und Fluid-Engineering