CoolHeatDC

Two-Phase Immersion Cooling with Integrated Heat Upgrade in Data Centers

Programm / Ausschreibung	FTI Initiative für die Transformation der Industrie 2024 inkl. CETP	**Status**	laufend
Projektstart	01.12.2025	**Projektende**	30.11.2028
Zeitraum	2025 - 2028	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Data Centers, Immersion Cooling, Heat Pump, Waste Heat Utilization		

Projektbeschreibung

Rechenzentren sind wesentliche Bestandteile der digitalen Infrastruktur und verursachen einen erheblichen Energieverbrauch. In der EU-27 machen Rechenzentren etwa 3 % des Gesamtstromverbrauchs aus, wobei ein erheblicher Teil davon auf die Kühlung entfällt. Der steigende Bedarf an Rechenkapazitäten - Prognosen für 2030 gehen von bis zu 150 TWh aus, insbesondere durch Technologien wie Künstliche Intelligenz und Hochleistungsrechnen- führt zu einem wachsenden Kühlbedarf und höheren Leistungsdichten. Aktuelle Kühlsysteme sind jedoch energieintensiv und erschweren die effiziente Nutzung der entstehenden Abwärme, wobei gleichzeitig die gesetzlichen Anforderungen (z.B. EED III) steigen. Angesichts dieser Herausforderungen und um Europa als Rechenzentrumsstandort langfristig zu sichern, zielt das Projekt CoolHeatDC darauf ab, eine nachhaltige, energieeffiziente Lösung zu entwickeln, die den Kühlbedarf von Rechenzentren deckt und gleichzeitig überschüssige Abwärme sinnvoll nutzt.

Das Hauptziel des Projekts ist die Entwicklung eines innovativen Zweiphasen-Immersionskühlsystems, das mit natürlichen Kältemitteln arbeitet und direkt mit einer Wärmepumpe gekoppelt ist. Dieses System bietet eine direkte Kühlung der Server durch Eintauchen in ein Kühlmittel, wodurch höhere Leistungsdichten möglich sind und der Energieverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Systemen deutlich reduziert wird bei gleichzeitiger Erhöhung der Abwärmetemperaturen. Die integrierte Wärmepumpe ermöglicht die Nutzung der erzeugten Abwärme für Anwendungen mit höheren Temperaturen wie Fernwärme oder industrielle Prozesse, was den Ersatz von fossilen Heizsystemen ermöglicht. Der Einsatz natürlicher Kältemittel sorgt zudem für eine geringere Umweltbelastung.
Ein weiterer innovativer Aspekt des Projekts ist die Entwicklung von Simulations- und Berechnungswerkzeugen, die Optimierung des Kühlsystems hinsichtlich Stoff- und Wärmetransport ermöglichen. Durch experimentelle Untersuchungen im Labormaßstab werden sowohl die Zweiphasen-Immersionskühlung mit natürlichen Kältemitteln als auch die Wärmepumpenintegration erforscht und darauf basierend verbessert, um den zukünftigen Einsatz in Rechenzentren mit ähnlichen Kühlanforderungen zu ermöglichen. Das Projekt untersucht überdies auch die Marktpotenziale der Technologie und ihre Übertragbarkeit auf andere Sektoren wie Kühlung von E-Ladestationen und Elektrolyseuren.

Die angestrebten Ergebnisse umfassen eine Steigerung der Energieeffizienz in der Kühlung von Servern, die Reduzierung

der Umweltauswirkungen von Kältemitteln durch den Einsatz von natürlichen Kältemitteln, sowie des Kältemittelverbrauchs selbst und die Optimierung der integrierten Abwärmenutzung durch höhere Temperaturniveaus und Gesamteffizienzen. Das Projekt wird in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern und Stakeholdern durchgeführt, um sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen den praktischen Anforderungen entsprechen und marktfähig sind.

Insgesamt leistet CoolHeatDC einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger Kühltechnologien für Rechenzentren, die nicht nur den Energieverbrauch senken, sondern auch zur Reduzierung der Umweltbelastung beitragen und auf andere Sektoren übertragbar sind.

Abstract

Data centers are an essential part of the digital infrastructure and consume a significant amount of energy. In the EU-27, data centres account for about 3% of total electricity consumption, with a significant share of this being used for cooling. The increasing demand for computing capacity - prognoses state electricity demand 2030 up to 150 TWh) - particularly from technologies such as artificial intelligence and high-performance computing, is leading to a growing need for cooling and higher power densities. However, current cooling systems are energy-intensive and make insufficient use of the waste heat generated, but simultaneously, legal obligations (e.g. EED III) are increasing. To adress these challenges and to secure Europe as feasible data center business location, the CoolHeatDC project aims to develop a sustainable, energy-efficient solution that meets the cooling needs of data centres while enabling the utilization of excess waste heat.

The main objective of the project is to develop an innovative two-phase immersion cooling system that works with natural refrigerants and is directly coupled to a heat pump. This system provides direct cooling of the servers by immersion in a coolant, which allows higher power densities and significantly reduces energy consumption compared to conventional systems while increasing waste heat temperatures. The integrated heat pump upgrades the heat temperature and enables the waste heat generated to be used for other applications with higher temperatures, such as district heating or industrial processes, which in turn enables the replacement of fossil fuel heating systems. The use of natural refrigerants also ensures a lower environmental impact.
Another innovative aspect of the project is the development of coputational tools that enable the optimization of the cooling system to be optimised in terms of mass and heat transfer. Experimental investigations on a laboratory scale are used to research both two-phase immersion cooling with natural refrigerants and heat pump integration under different aspects and to improve them based on this research, in order to enable future use in data centers and other industries with similar cooling requirements. The project also investigates the market potential of the technology and its transferability to other sectors such as e-vehicle charging stations or electrolyzers.

The targeted results include an increase in energy efficiency in server cooling, a reduction in the environmental impact of refrigerants through the usage of natural working fluids and in refrigerant consumption itself, and the optimisation of integrated waste heat utilisation through higher temperature levels and overall efficiencies. The project is being carried out in close collaboration with industry partners and stakeholders to ensure that the developed solutions meet practical requirements and are marketable.

Overall, CoolHeatDC is making an important contribution to the development of sustainable cooling technologies for data centres that not only reduce energy consumption but also help to reduce environmental pollution and can be transferred to

other sectors.

Projektpartner

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH