

SPIRIT

Sustainable Power Integration and Recovery of Industrial Thermal Waste

Programm / Ausschreibung	Klimaneutrale Industrie, FTI Initiative für die Transformation der Industrie 2024 inkl. CETP	Status	laufend
Projektstart	01.10.2025	Projektende	30.09.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 578.857		
Keywords	thermoelectricity; waste heat recovery; energy efficiency; green electricity;		

Projektbeschreibung

Das Projekt SPIRIT strebt eine verbesserte Energieeffizienz in der Industrie durch Umwandlung von Verlustwärme in elektrische Energie mit innovativen thermoelektrischen Generatoren (TEG) an. Viele industrielle Prozesse, insbesondere in Biomasse- und Müllverbrennungsanlagen, erzeugen große Mengen ungenutzter Wärme, was zu Energieverschwendung und unnötigen CO₂-Emissionen führt. Traditionelle Wärmerückgewinnungssysteme haben Schwierigkeiten mit Verlustwärme bei niedrigen Temperaturen (< 200°C), weshalb diese signifikante Energieressource unangetastet ist.

SPIRIT begegnet dieser Herausforderung mit Flex-TEG, einem fortschrittlichen und kosteneffektiven TEG, der Wärme effizient in Elektrizität umwandelt. Im Gegensatz zu traditionellen Wärmerückgewinnungssystemen ist Flex-TEG leicht, adaptierbar und kann einfach an existierende Komponenten wie Rohre, Kessel oder Auspuffe angebracht werden. Es verwendet neuentwickelte Materialien, die nicht auf Tellur basieren, was die Kosten um 95% reduziert und die Technologie günstiger und skalierbar für industrielle Anwendungen macht.

Das Projekt folgt einem umfassenden Entwicklungsplan beginnend mit Labortests um Materialien und Systemdesign zu verbessern. Anschließend führt SPIRIT Versuche im laufenden Betrieb eines Biomassekraftwerks des Industriepartners ACCIONA durch. Die Erprobung von Flex-TEG unter Arbeitsbedingungen stellt sicher, dass die Technologie effektiv, verlässlich und breit anwendbar ist.

Die erwarteten Auswirkungen von SPIRIT sind signifikant. Die Technologie könnte die Energierückgewinnung um 3% erhöhen und 400-4700 MWh elektrische Energie pro Kraftwerk generieren – genug für hunderte Haushalte – entsprechend einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 600 Tonnen pro Jahr. Abgesehen vom Beitrag zur Erreichung der EU 2050 Klimaziele reduziert das System die Abhängigkeit von Energieimporten und erhöht damit Europas Energiesicherheit.

Im Vergleich zu existierenden Wärmerückgewinnungssystemen weist Flex-TEG wesentliche Vorteile auf. Während Organic Rankine Cycle oder Wärmepumpen komplexe Aufbauten und Wartung erfordern, ist Flex-TEG ein festes System ohne bewegliche Teile, Emissionen oder Instandhaltung. Die modulare Bauweise erlaubt einfache Skalierbarkeit für verschiedenste Anwendungen, wie etwa Fernwärme, chemische Industrie oder Stahlproduktion.

SPIRIT ist eine europäische Kollaboration von TEGnology ApS (Dänemark, Project Leader), ACCIONA (Spanien, Industrie), TU Wien (Österreich, thermoelektrische Forschung) und DTU (Dänemark, ökonomische Analyse). Das Konsortium vereint

innovative Forschung auf dem neuesten Stand mit anwendungsbezogener Industrieexpertise und stellt damit den wissenschaftlichen und kommerziellen Fortschritt der Technologie sicher.

Hauptaugenmerk von SPIRIT ist Open Science und Wissenstransfer. Forschungsergebnisse, Innovationen und Marktanalysen werden für eine weiträumige Verbreitung frei zugänglich gemacht. Das Projekt unterstützt CETPartnership Knowledge Community Initiativen um Rechtsprechung, Industriestandards und Rahmenbedingungen für die Rückgewinnung von Verlustwärme anzupassen.

Durch die Kombination neuartiger Materialien, kostengünstiger Produktion und großflächiger Tests setzt SPIRIT neue Maßstäbe für Energieeffizienz in der Industrie. Das Projekt bietet eine praktikable, skalierbare Lösung zur Umwandlung von Verlustwärme in elektrische Energie, hilfreich für eine Reduktion von Kosten und Emissionen, und treibt damit Europas Übergang zu ‚grüner‘ Energie an.

Abstract

The SPIRIT project aims to improve energy efficiency in industries by converting waste heat into electricity using innovative thermoelectric generators (TEGs). Many industrial processes, especially in biomass and waste-to-energy (WtE) plants, generate large amounts of heat that go unused, leading to wasted energy and unnecessary carbon emissions. Traditional heat recovery systems struggle to capture low-temperature waste heat (< 200°C), leaving a significant energy resource untapped.

SPIRIT addresses this challenge with Flex-TEG, an advanced flexible and cost-effective TEG that efficiently converts lost heat into electricity. Unlike traditional bulky heat recovery systems, Flex-TEG is lightweight, adaptable, and can be easily installed on existing equipment such as pipes, boilers, and exhausts. It uses newly developed non-Tellurium-based materials, reducing costs by 95%, making the technology more affordable and scalable for industrial use.

The project follows a step-by-step development plan, starting with lab testing to refine materials and system design. Next, SPIRIT will conduct real-world trials in operational biomass plants, in collaboration with industry leader ACCIONA. By testing Flex-TEG under actual working conditions, the project ensures that the technology is effective, reliable, and ready for large-scale deployment.

SPIRIT's expected impact is significant. The technology could increase energy recovery by 3%, generating between 400 and 4.700 MWh of electricity per plant annually—enough to power hundreds of homes. This also means cutting CO2 emissions by up to 600 tons per plant per year, helping industries meet EU climate goals for 2050. Additionally, the system reduces dependence on imported energy, improving Europe's energy security.

Compared to existing waste heat recovery methods, Flex-TEG offers major advantages. Unlike Organic Rankine Cycle (ORC) or heat pumps, which require complex machinery and maintenance, Flex-TEG is solid-state, meaning no moving parts, no emissions, and minimal upkeep. Its modular design allows it to be easily scaled up for different industries, including district heating, chemical plants, and steel production.

SPIRIT is a collaborative European effort, bringing together TEGnology ApS (Denmark, project leader), ACCIONA (Spain, industrial testing), TU Wien (Austria, thermoelectric research), and DTU (Denmark, economic analysis). The consortium combines cutting-edge research with real-world industrial expertise, ensuring that the technology is both scientifically advanced and commercially viable.

A key focus of SPIRIT is open science and knowledge-sharing. Research findings, material innovations, and market insights will be freely accessible to accelerate adoption across industries. The project supports CETPartnership Knowledge Community initiatives, helping shape policies, standards, and industry best practices for waste heat recovery.

By combining next-generation materials, affordable manufacturing, and large-scale testing, SPIRIT sets a new benchmark for

industrial energy efficiency. It offers a practical, scalable solution for converting waste heat into electricity, helping industries cut costs, reduce emissions, and drive Europe's green transition.

Projektpartner

- Technische Universität Wien Institut für Festkörperphysik