

# smartE5 Energy Recovery System

## ERS-Cube 640

### Technisches Datenblatt

|              |                    |
|--------------|--------------------|
| Dokument-Nr. | ERS-C640-DS-001    |
| Version      | v1.0               |
| Datum        | 03/2026            |
| Freigabe     | Technische Leitung |

## 1. Systemübersicht

Der **smartE5 Energy Recovery System (ERS) Cube** ist ein modular aufgebautes Hochtemperatur-Wärmerückgewinnungssystem zur Nutzung von Abgaswärme aus industriellen Feuerungsanlagen.

Das System wird in den Abgasstrom einer Feuerungsanlage integriert und ermöglicht die Rückgewinnung thermischer Energie aus Hochtemperatur-Abgasen. Die gewonnene Energie wird über einen Hochtemperatur-Thermoölkreislauf abgeführt und kann anschließend für verschiedene energetische Anwendungen genutzt werden. In Verbindung mit thermoelektrischen Generatoren (TEG) kann ein Teil der zurückgewonnenen Wärmeenergie direkt in elektrische Energie umgewandelt werden.

Der ERS-Cube ist modular aufgebaut und besteht aus mehreren identischen Wärmetauschermodulen. Durch die modulare Bauweise kann das System flexibel an unterschiedliche Leistungsbereiche von Feuerungsanlagen angepasst werden.

### Prinzipdarstellung Temperatur- und Energieflüsse im ERS-System

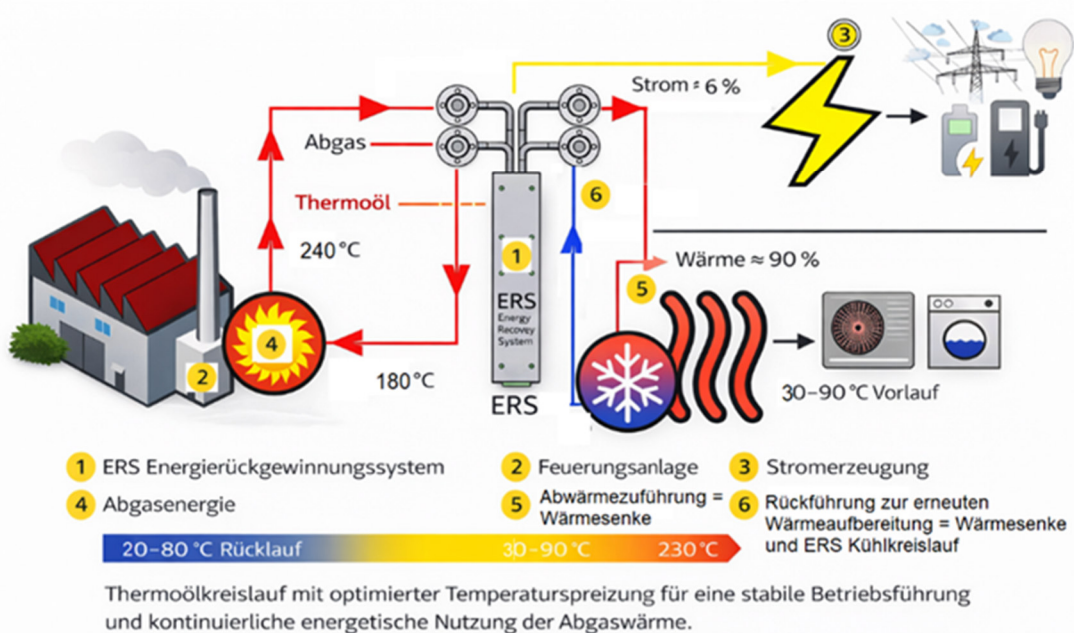


Abb. 1: Prinzipdarstellung des Temperatur- und Energieflusses im **smartE5** Energy Recovery System (ERS).

Die kleinste Systemeinheit besteht aus einem Wärmetauschermodul (WT) und benötigt eine minimale thermische Energiezufuhr aus dem Abgasstrom von etwa **16,75 kW**.

Durch die skalierbare Architektur des ERS Cube Systems sind nach oben praktisch keine Leistungsgrenzen gesetzt. Mehrere Module können zu größeren Systemen kombiniert werden und ermöglichen so eine Anpassung an unterschiedliche industrielle Anwendungen.

Das System eignet sich insbesondere für industrielle Feuerungsanlagen im Leistungsbereich von mehreren hundert Kilowatt bis in den Megawattbereich.

## 2. Technische Kenndaten – ERS Energy Cube 640

Der ERS Energy Cube 640 ist ein modulares Energie-Rückgewinnungssystem zur Umwandlung industrieller Abwärme in elektrische Energie. Das System basiert auf thermoelektrischen Generatoren (TEG) und nutzt Temperaturdifferenzen zwischen Heiß- und Kaltseite zur direkten Stromerzeugung.

### Systemaufbau

- 1 ERS Energy Cube 640 besteht aus 40 Wärmetauschermodulen.
- Jedes Modul enthält 2 Aluminium-Wärmetauscherbehälter und 144 thermoelektrische Module (TEG).
- Gesamtanzahl TEG-Module pro Cube: 5.760 Stück.

### Thermische Betriebsdaten

| Parameter                     | Wert                       |
|-------------------------------|----------------------------|
| Maximale Heißseitentemperatur | +240 °C                    |
| Minimale Kaltseitentemperatur | –80 °C                     |
| Maximaler Temperaturgradient  | bis zu 320 K               |
| Betriebsmedium Heißseite      | Thermoöl                   |
| Betriebsmedium Kaltseite      | Wasser oder Glykolegemisch |

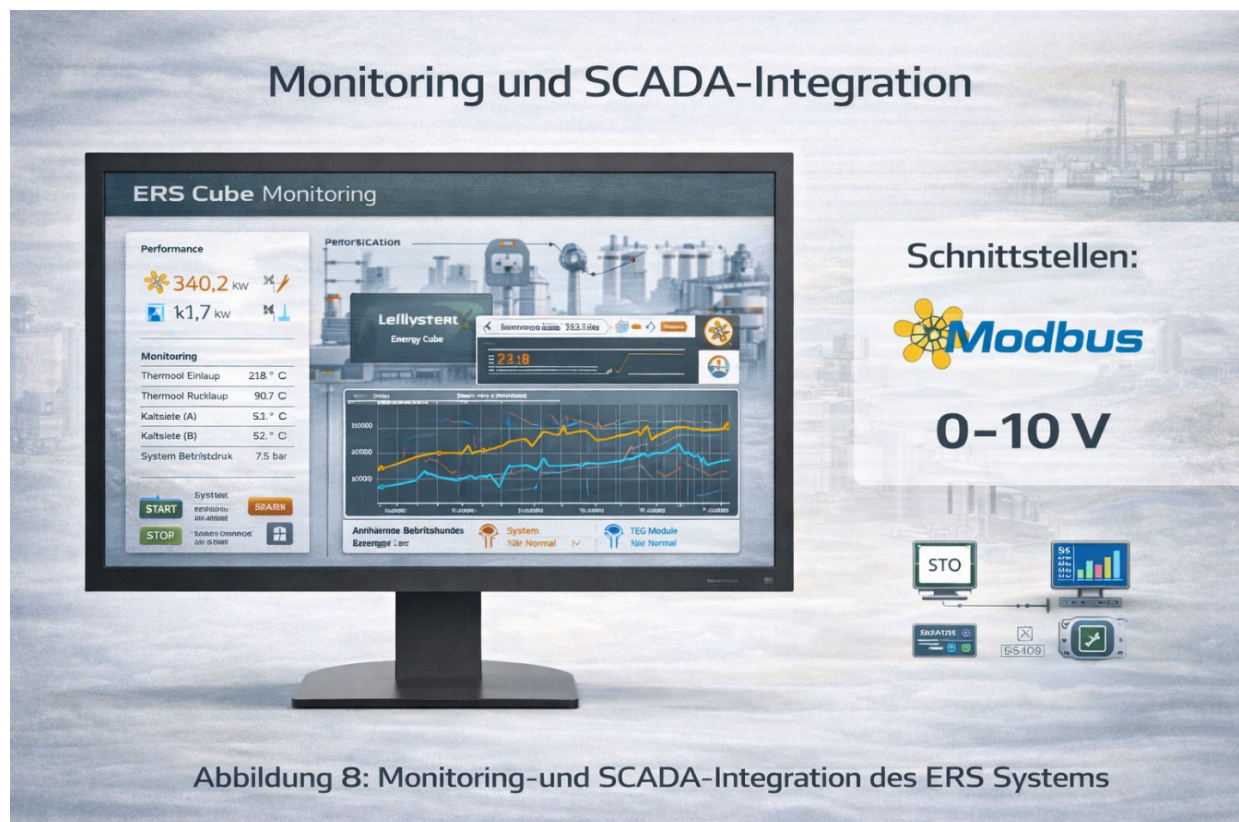
### Mechanische Kenndaten

| Parameter                     | Wert                                       |
|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Deckelplatte                  | 1.258 × 400 × 6 mm – Aluminium EN AW-1050A |
| Kontaktboden                  | 1.200 × 320 × 3 mm – Aluminium EN AW-1050A |
| Wabenplatte                   | 1.200 × 320 × 1,8 mm – Aluminium           |
| TEG-Modulgröße                | 40 × 40 mm                                 |
| Anpresskraft pro Modul        | ca. 3,2 kN                                 |
| Gesamtgewicht ohne Einhausung | ca. 2.800 kg                               |

## Hydrauliksystem

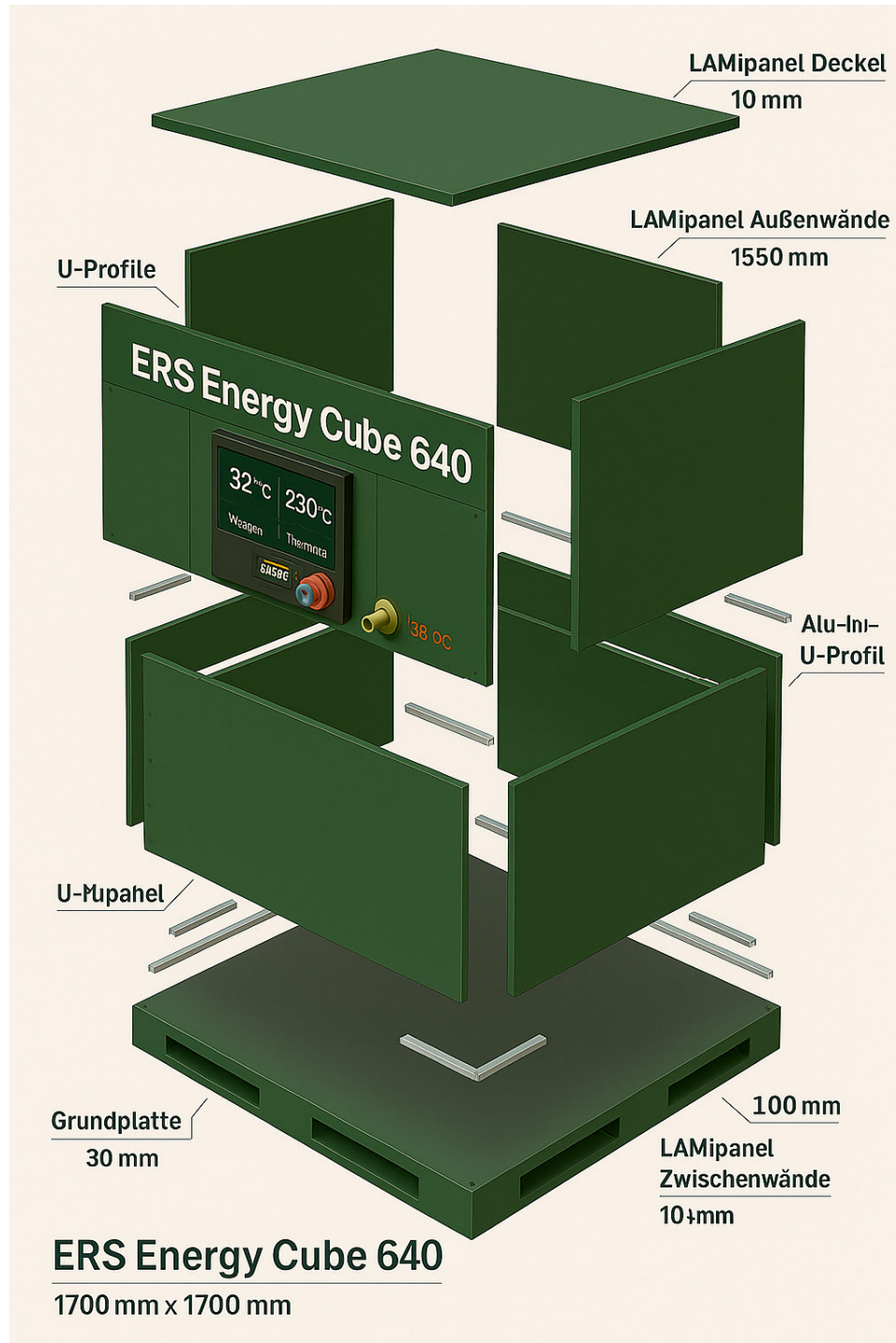
| Parameter                | Wert                                             |
|--------------------------|--------------------------------------------------|
| Hauptverteiler           | Edelstahlverteiler Ø150 mm                       |
| Modulanschlüsse          | 3/4 Zoll Schnellkupplungen                       |
| Kupplungssystem          | M22 × 1,5 Stecksystem                            |
| Zulässiger Betriebsdruck | ≥10 bar                                          |
| Pumpensystem             | Spezialpumpen (Netzsch) – ca. 12 Pumpen pro Cube |

## Elektrische Systemdaten



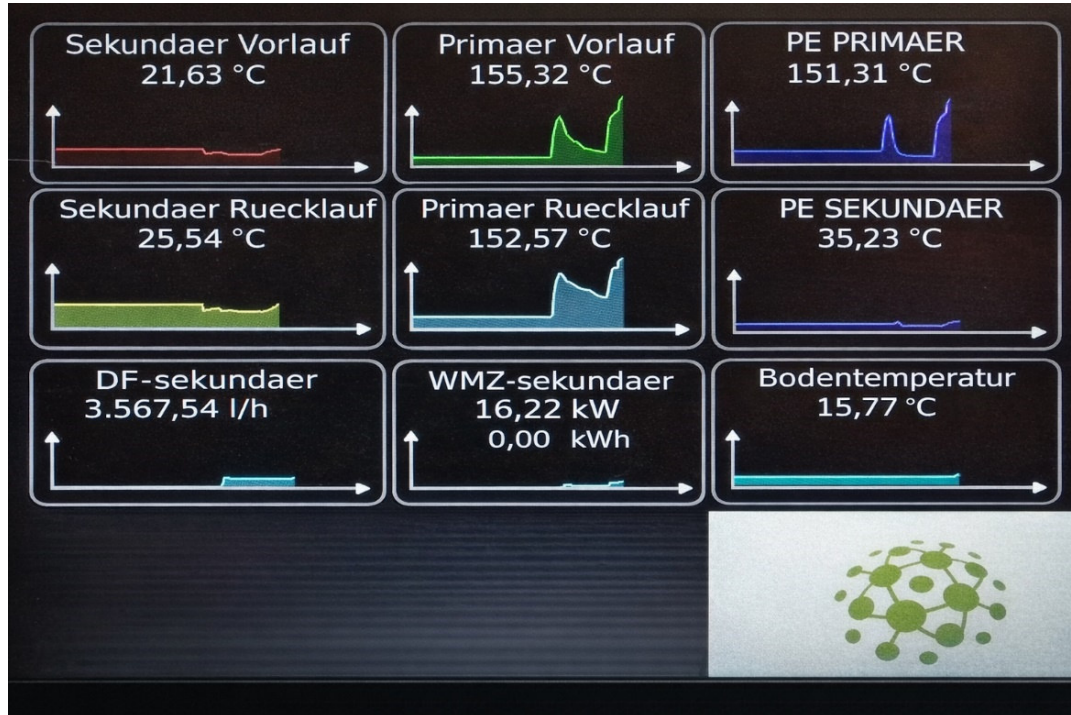
| Parameter        | Wert                                                            |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Generatorprinzip | Thermoelektrische Module (Seebeck-Effekt)                       |
| Wechselrichter   | FOX ESS oder Sungrow                                            |
| Netzanschluss    | 230 V / 50 Hz oder 400 V / 50 Hz                                |
| Schnittstellen   | Modbus, 0–10 V, Industrie-Monitoring                            |
| Monitoring       | Integration in bestehende Industrie- oder SCADA-Systeme möglich |

## Einhausung



Einhausung aus LAMISkin PP 2000. Die Konstruktion erlaubt Umgebungstemperaturen bis 100 °C und schützt die Komponenten vor industriellen Umwelteinflüssen.

## Sensorik



Temperaturüberwachung erfolgt über Pt100-Sensoren (Klasse A, M12-Anschluss). Typischer Einsatz: 4 Sensoren pro Modul zur Überwachung von Heiß- und Kaltseite.

## 3. Funktionsprinzip des ERS Energy Cube

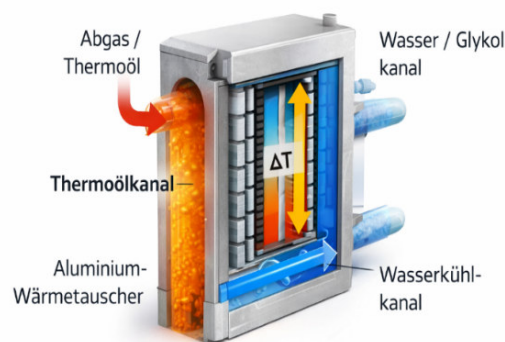
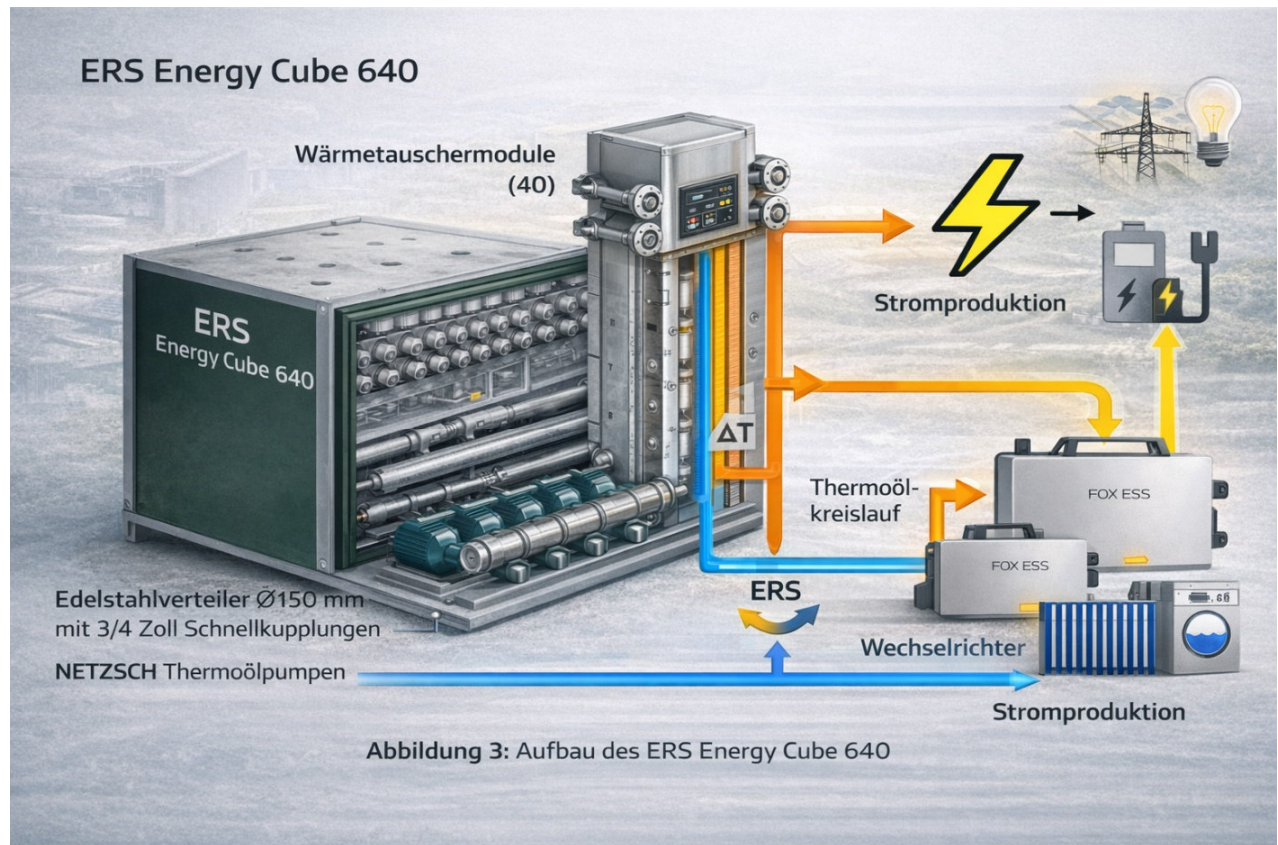


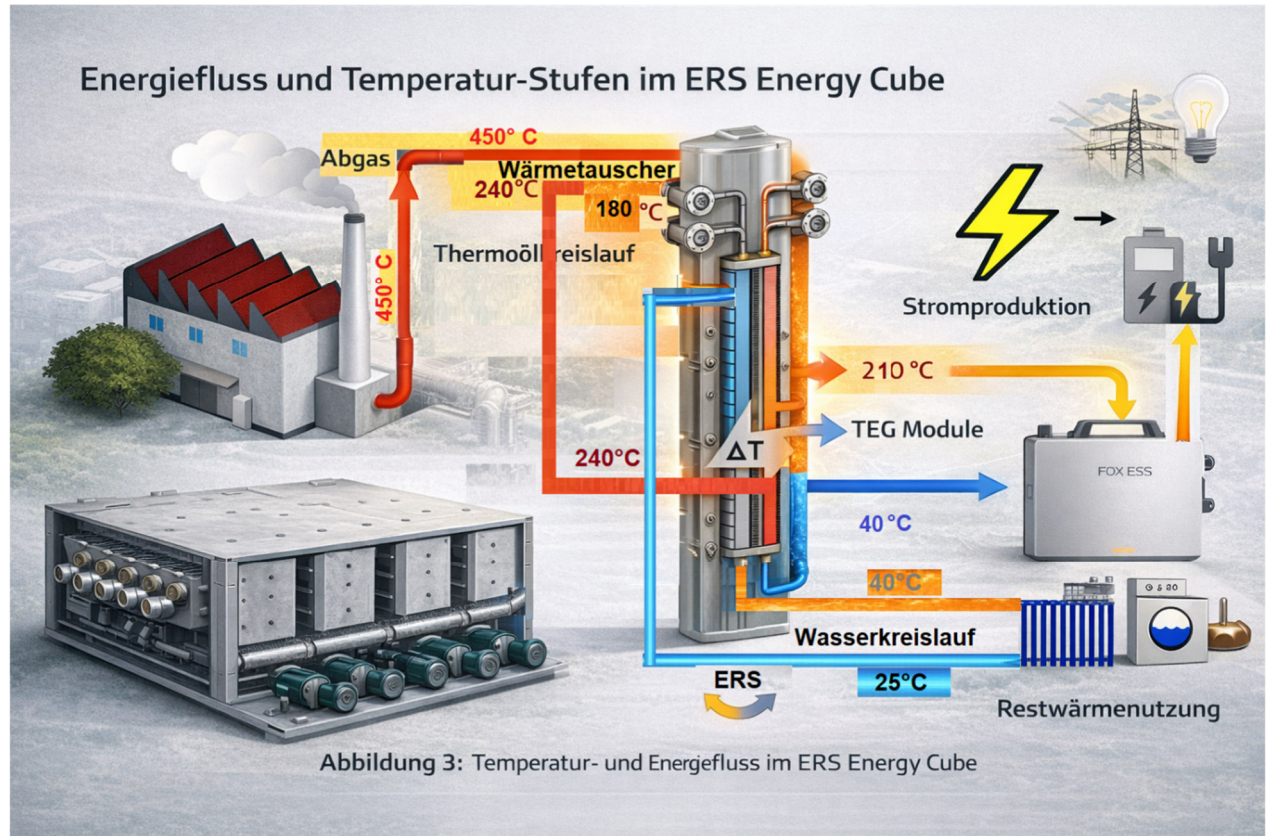
Abbildung 3: Aufbau des ERS Energy Cube 640

Der ERS Energy Cube ist ein modulares System zur Nutzung industrieller Abwärme. Die Anlage nutzt Temperaturunterschiede zwischen einem heißen Abgasstrom und einem kälteren Wärmeträgerkreislauf zur direkten Erzeugung elektrischer Energie. Die Energieübertragung erfolgt über speziell entwickelte Aluminium-Wärmetauscher. Zwischen Heiß- und Kaltseite sind thermoelektrische Generatoren (TEG) installiert. Diese wandeln den Temperaturgradienten direkt in elektrische Energie um (Seebeck-Effekt).



1. Abwärme aus industriellen Feuerungsanlagen oder Prozessabgasen wird über einen Wärmetauscher in den Thermoölkreislauf übertragen.
2. Das erwärmte Thermoöl wird über Edelstahlverteiler zu den einzelnen ERS-Wärmetauschermodulen geführt.
3. In den Modulen entsteht ein Temperaturunterschied zwischen der heißen Thermoölseite und der gekühlten Wasserseite.
4. Die thermoelektrischen Generatoren wandeln diesen Temperaturgradienten direkt in elektrische Energie um.
5. Der erzeugte Gleichstrom wird über Wechselrichter in netzkonformen Wechselstrom umgewandelt.
6. Die erzeugte elektrische Energie kann direkt im Betrieb genutzt oder in das Stromnetz eingespeist werden.
7. Die verbleibende Wärmeenergie wird über den Kühlkreislauf für Heizsysteme, Prozesswärme oder weitere industrielle Anwendungen genutzt.

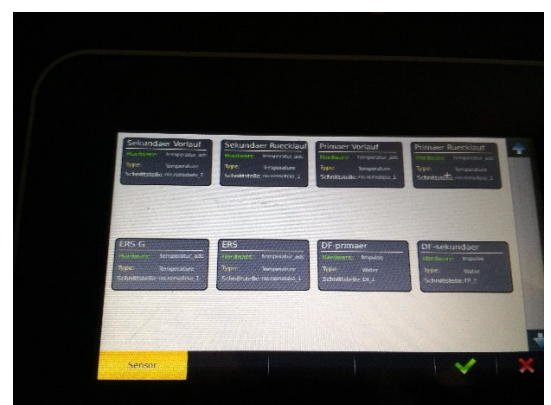
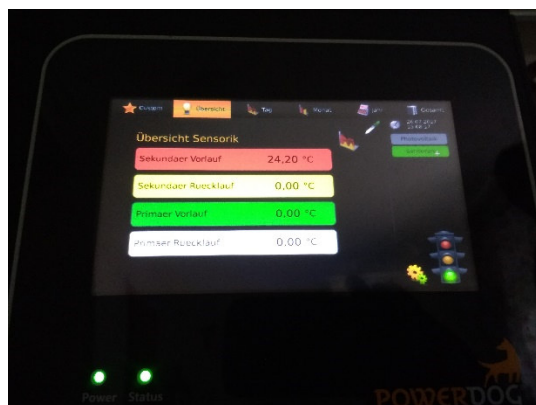
## Temperatur- und Energiefluss



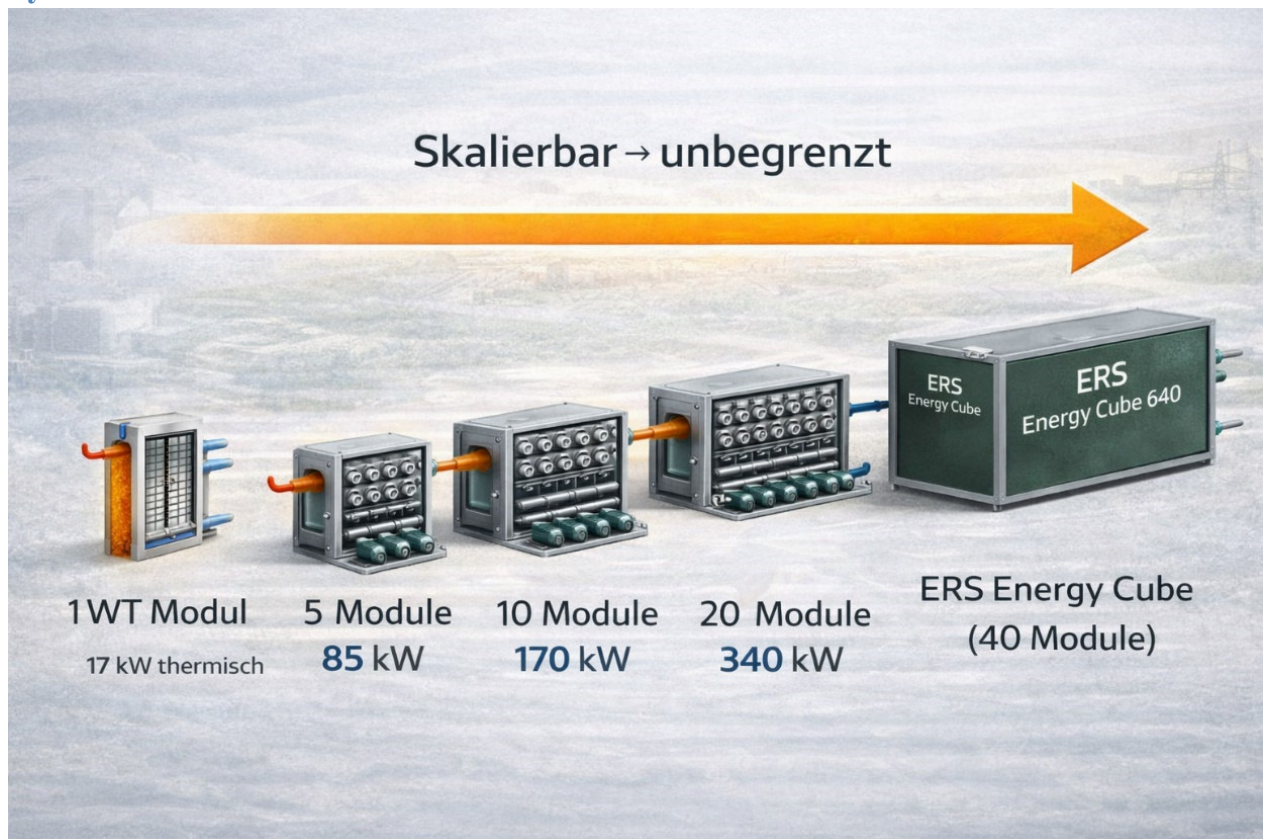
Der ERS Energy Cube arbeitet optimal bei hohen Temperaturdifferenzen zwischen Heiß- und Kaltseite. Typische industrielle Anwendungen ermöglichen Temperaturspannungen von 150 bis 190 Kelvin.

Ein Teil der thermischen Energie wird in elektrische Energie umgewandelt, während der überwiegende Anteil weiterhin als nutzbare Wärme im System verfügbar bleibt.

Die Kombination aus Strom- und Wärmenutzung ermöglicht eine besonders effiziente Nutzung industrieller Abwärmequellen.



## Systemvorteile

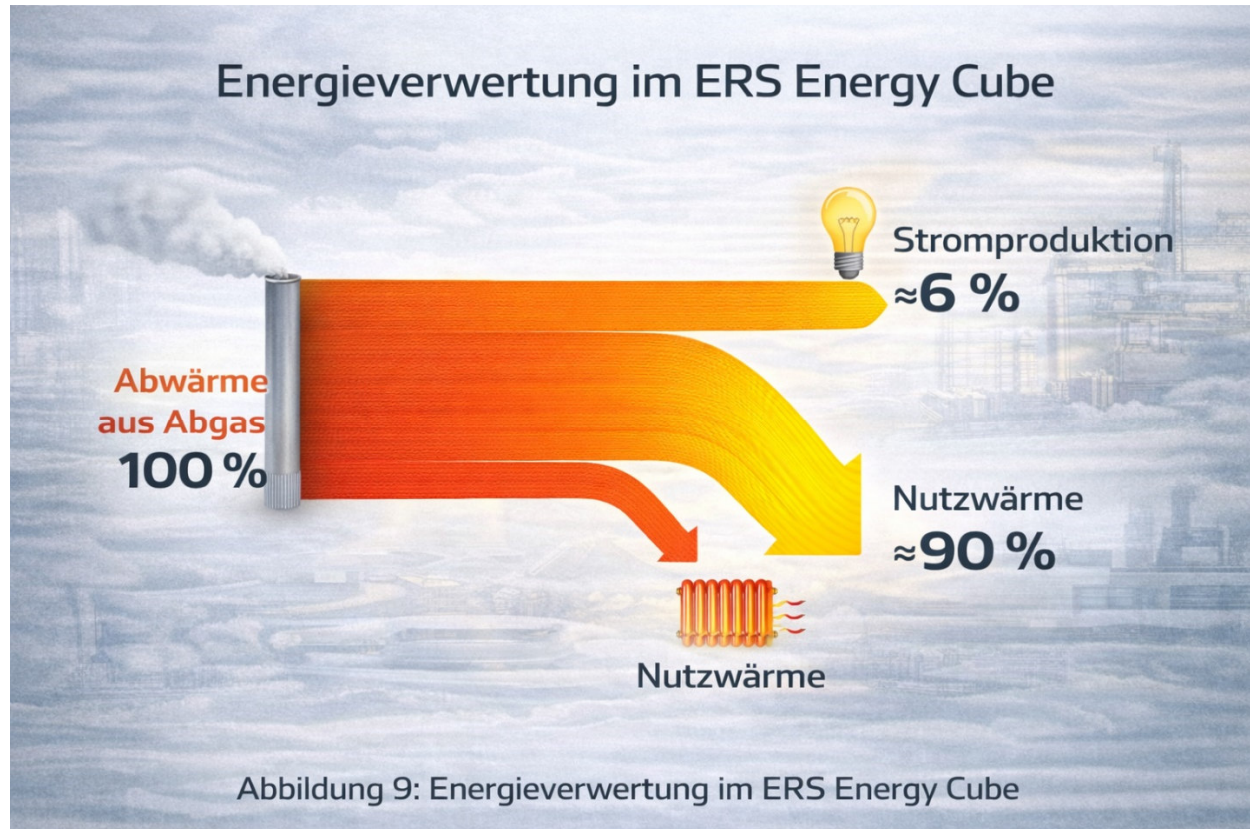


- Modulare Erweiterbarkeit ohne Leistungsbegrenzung nach oben
- Direkte Stromerzeugung ohne bewegliche mechanische Komponenten
- Hohe Betriebssicherheit durch statische Generatorstruktur
- Flexible Integration in bestehende industrielle Energie- und Abgassysteme
- Kontinuierliche Energiegewinnung während des Anlagenbetriebs

## 4. Energieverwertung und industrielle Anwendungen

Der smartE5 ERS Energy Cube ermöglicht die kombinierte Nutzung industrieller Abwärme zur gleichzeitigen Erzeugung von elektrischer Energie und nutzbarer Prozesswärme.

Ein Teil der aus dem Abgasstrom zurückgewonnenen thermischen Energie wird über thermoelektrische Generatoren direkt in elektrische Energie umgewandelt. Der überwiegende Anteil der Energie bleibt als nutzbare Wärme im System verfügbar und kann für industrielle Anwendungen eingesetzt werden.



Bezogen auf die dem ERS zugeführte Abwärme werden typischerweise rund 6 % in elektrische Energie umgewandelt, während rund 90 % als nutzbare Wärmeenergie im System verbleiben.

Diese Kombination ermöglicht eine besonders effiziente Nutzung industrieller Abwärmequellen und erhöht den Gesamtwirkungsgrad industrieller Energieanlagen deutlich.

Der ERS Energy Cube kann in unterschiedlichen industriellen Anwendungen eingesetzt werden, insbesondere in Anlagen mit kontinuierlichen Hochtemperatur-Abgasströmen.

## A. Typische Einsatzbereiche

Biomasse- und Industriefeuerungsanlagen  
Stahl- und Metallindustrie  
Glas- und Keramikproduktion  
Zement- und Baustoffindustrie  
Müllverbrennungs- und Abfallbehandlungsanlagen  
industrielle Prozesswärmeanlagen



Durch die modulare Bauweise kann das System flexibel an unterschiedliche Leistungsbereiche angepasst werden. Der ERS Energy Cube eignet sich insbesondere für industrielle Anwendungen mit Abgastemperaturen im Bereich von 40 °C bis über 450 °C.

## 5. Leistungscharakteristik und Systemskalierung

Der smartE5 ERS Energy Cube ist als modular aufgebautes System konzipiert. Durch die Kombination mehrerer Wärmetauschermodule kann die thermische und elektrische Leistung flexibel an unterschiedliche industrielle Anwendungen angepasst werden.

Die Leistungsfähigkeit des Systems hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab:

- der Anzahl der installierten Wärmetauschermodule
- der verfügbaren Temperaturdifferenz zwischen Heiß- und Kaltseite

Mit zunehmender Modulanzahl steigt die insgesamt nutzbare thermische Leistung nahezu proportional an. Gleichzeitig erhöht sich die über die thermoelektrischen Generatoren erzeugte elektrische Leistung.

Bei der maximalen Ausbaustufe des ERS Energy Cube 640 mit 40 Wärmetauschermodulen ergeben sich folgende typische Leistungswerte:

- Thermische Gesamtleistung: ca. 670 kW (40 Module  $\times$  16,75 kW)
- Elektrische Leistung: ca. 41,16 kW (40 Module  $\times$  1,029 kW)
- Nutzbare Wärmeleistung: ca. 600 kW (40 Module  $\times$  15 kW) – bei  $\Delta T \approx 190$  K

Die wirtschaftliche Hauptenergie des Systems besteht aus der zurückgewonnenen Nutzwärme. Zusätzlich wird ein Teil der Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt.

## 6. Technische Systemgrenzen und Integrationsbedingungen

Der smartE5 ERS Energy Cube ist ein modular aufgebautes Abwärmenutzungssystem, das nicht ausschließlich auf hohe absolute Abgastemperaturen angewiesen ist. Entscheidend für den Betrieb des Systems ist die verfügbare **Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ )** zwischen der Wärmequelle und der Wärmesenke.

Durch das thermoelektrische Generatorprinzip kann das System in einem breiten Temperaturbereich eingesetzt werden. Bereits bei vergleichsweise niedrigen Abwärmemperaturen kann eine Energieumwandlung erfolgen, sofern eine ausreichende Temperaturdifferenz zur Wärmesenke vorhanden ist.

Der ERS Energy Cube verfügt über drei typische Betriebsbereiche.

### A. Optimalbereich – Hochtemperaturanwendungen

Temperaturdifferenz  $\Delta T$ : **150–190 K**

Typische Anwendungen:

- industrielle Feuerungsanlagen
- Biomassekessel
- Müllverbrennungsanlagen
- Glas-, Stahl- und Zementindustrie

In diesem Bereich wird die maximale elektrische Leistung der thermoelektrischen Generatoren erreicht. Gleichzeitig steht eine hohe rückgewonnene Wärmeleistung zur Verfügung.

### B. Wirtschaftlicher Betriebsbereich

Temperaturdifferenz  $\Delta T$ : 70–150 K

Typische Anwendungen:

- industrielle Prozesswärme
- Kraftwerksabwärme
- Blockheizkraftwerke
- industrielle Abgasströme mittlerer Temperatur

In diesem Bereich bleibt die Wärmerückgewinnung weiterhin hoch, während die elektrische Leistung proportional zur verfügbaren Temperaturdifferenz abnimmt.

## C. Niedrigtemperaturbereich

Temperaturdifferenz  $\Delta T$ : 40–70 K Dieser Betriebsbereich ermöglicht Anwendungen, die von klassischen Abwärmenutzungssystemen häufig nicht erschlossen werden können.

Typische Anwendungen:

- Rechenzentren
- industrielle Kühlkreisläufe
- Fernwärmenetze
- Niedertemperatur-Prozesswärme
- industrielle Abwärmeströme niedriger Temperatur

Der ERS Energy Cube aktiviert sich automatisch, sobald eine Temperaturdifferenz von etwa  $\Delta T \geq 40$  K erreicht wird. Sinkt die Temperaturdifferenz unter diesen Wert, wird das System automatisch deaktiviert.

## D. Betriebsparameter

| Parameter                      | Bereich          |
|--------------------------------|------------------|
| Temperaturdifferenz $\Delta T$ | ab ca. 40 K      |
| Optimalbereich                 | 150–190 K        |
| Modulanzahl pro System         | 1–40             |
| thermische Gesamtleistung      | bis ca. 670 kW   |
| elektrische Leistung           | bis ca. 41,16 kW |

Die absolute Temperatur der Abwärmequelle kann je nach Anwendung variieren. Entscheidend für die Energieumwandlung ist stets die vorhandene Temperaturdifferenz zwischen Heißseite und Wärmesenke.

## E. Wartung und Lebensdauer

Die Energieumwandlung im ERS Energy Cube erfolgt vollständig ohne bewegliche mechanische Komponenten.

Das System basiert auf einem **Solid-State-Generatorprinzip**, bei dem thermoelektrische Module die Temperaturdifferenz direkt in elektrische Energie umwandeln.

Daraus ergeben sich folgende Eigenschaften:

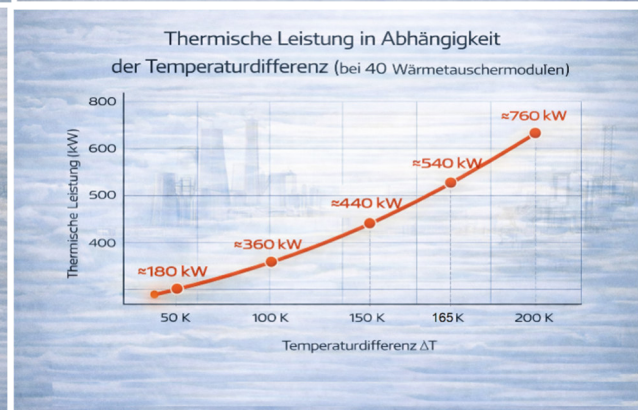
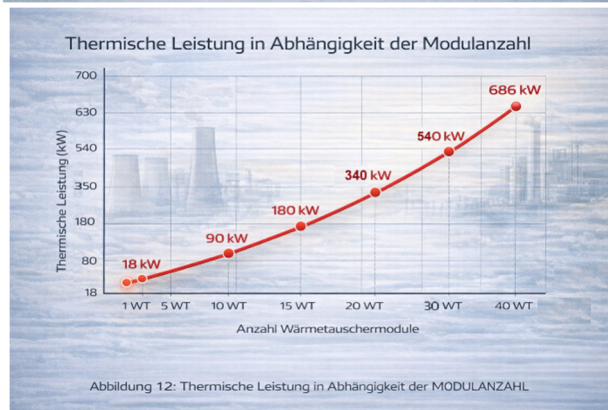
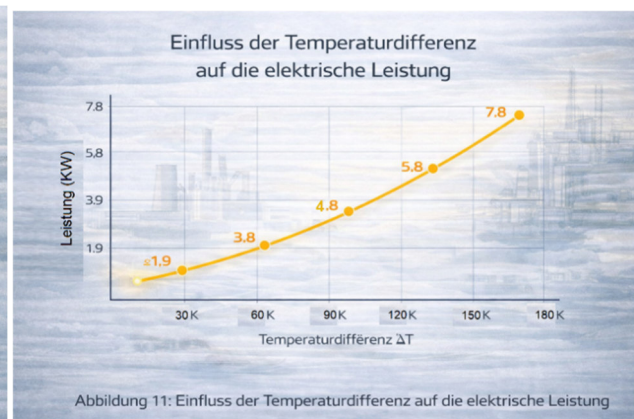
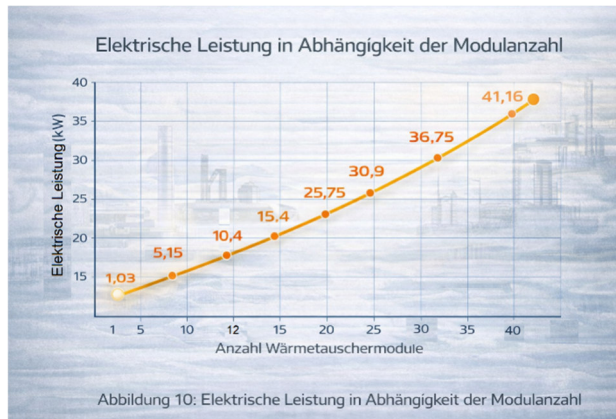
- keine Turbinen
- keine Lager
- keine mechanischen Verschleißteile im Wandlungstrakt

Die erwartete Lebensdauer der thermoelektrischen Module liegt bei  $\geq 80.000$  Betriebsstunden.

Die einzigen beweglichen Komponenten des Gesamtsystems befinden sich außerhalb des Wandlungstrakts (z. B. Pumpen des Thermoölkreislaufs).

## 7. Leistungsdiagramme

Die folgenden Diagramme zeigen exemplarisch die Leistungsentwicklung des ERS-Systems in Abhängigkeit von der Modulanzahl sowie von der verfügbaren Temperaturdifferenz.



## 8. Weiterführende technische Informationen

Ausführliche technische Beschreibungen, Funktionsdarstellungen sowie Berechnungswerkzeuge zum smartE5 Energy Recovery System sind über die Herstellerplattform <https://www.smartE5.com/ers/> verfügbar.

Das vorliegende technische Datenblatt stellt eine kompakte Übersicht der wichtigsten Systemparameter und Leistungsdaten dar. Vertiefende Informationen zu Technologie, Anwendungen, Systemauslegung und Projektbewertung sind über die folgenden Informationsquellen verfügbar.

Weitere Informationen zu Medien, Partnern, Akkreditierungen sowie technischen Veröffentlichungen sind über die Unternehmenswebsite [www.smartE5.com](http://www.smartE5.com) verfügbar.

## 9. Technische Hinweise

Die in diesem Dokument angegebenen technischen Daten und Leistungswerte basieren auf typischen Betriebsbedingungen industrieller Abwärmequellen. Die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines ERS-Systems hängt von verschiedenen projektspezifischen Parametern ab, insbesondere von:

- verfügbarer Abwärmtemperatur
- Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke
- Volumenstrom der Abwärmequelle
- Anzahl der eingesetzten Wärmetauschermodule
- Betriebsbedingungen der angeschlossenen Systeme

Für eine projektspezifische Auslegung des ERS Energy Cube wird empfohlen, eine detaillierte Systemanalyse unter Berücksichtigung der jeweiligen Prozessbedingungen durchzuführen. Hierfür kann unter anderem der **ERS-Leistungsrechner** auf der Herstellerplattform verwendet werden.

## 10. Technische Anhänge

### Weiterführende technische Dokumentation

**Projektspezifische Auslegungsunterlagen, Integrationsschemata, OEM-Dokumentationen und detaillierte Leistungsberechnungen stellen wir Anlagenbetreibern, Planern und Projektpartnern im Rahmen einer konkreten Projektprüfung zur Verfügung.**

**Technische Änderungen im Zuge der Weiterentwicklung vorbehalten.**

**Alle Leistungsangaben beziehen sich auf typische Betriebsbedingungen und können abhängig von den jeweiligen Prozessparametern variieren.**