Energy
Experts
Environment
Economy
Ethics

smartE5 GmbH

# 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.

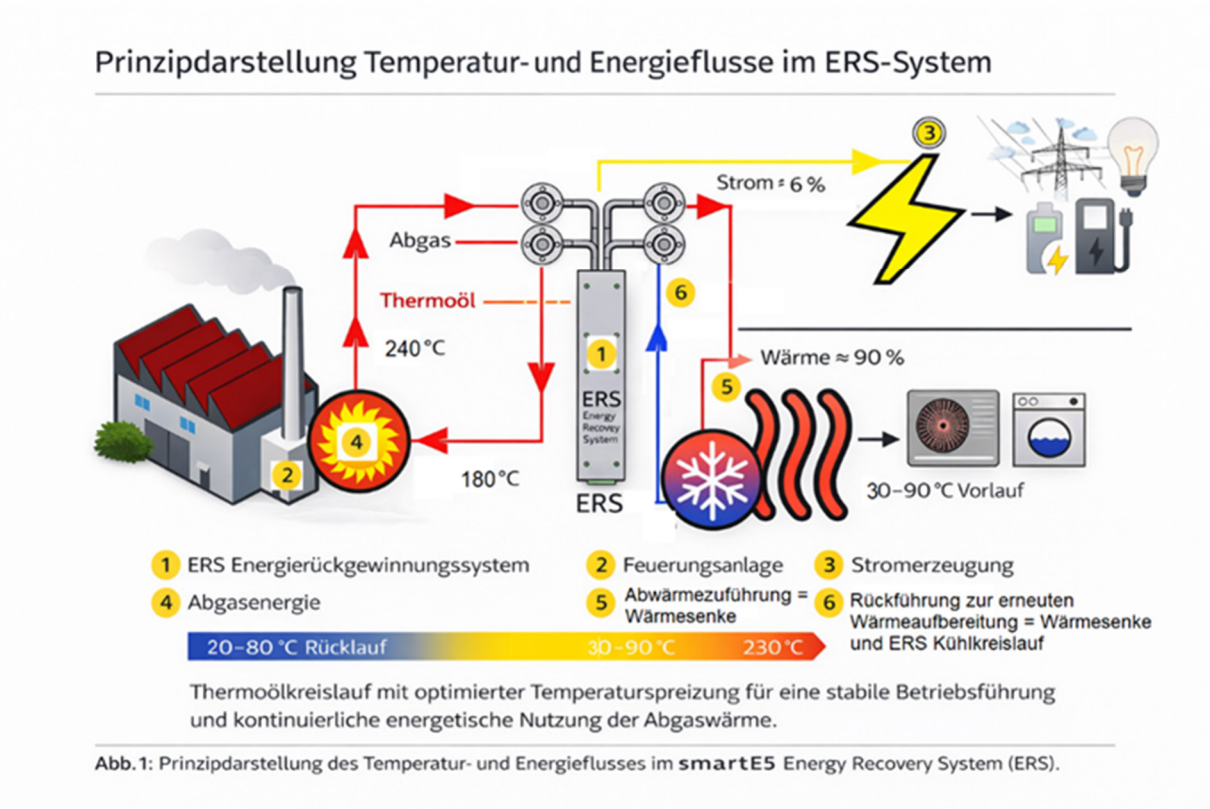



Abb. 1: Prinzipdarstellung des Temperatur- und Energieflusses im smartE5 Energy Recovery System (ERS).



**smartE5 GmbH – Vilsanger 23 – 92245 Kümmersbruck - Tel.: +49 (0)9621-9640993**

Die kleinste Systemeinheit besteht aus einem Wärmetauschermodul (WT) und benötigt eine minimale thermische Energiezufuhr aus dem Abgasstrom von etwa **18 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 Glykolgemisch |

### 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

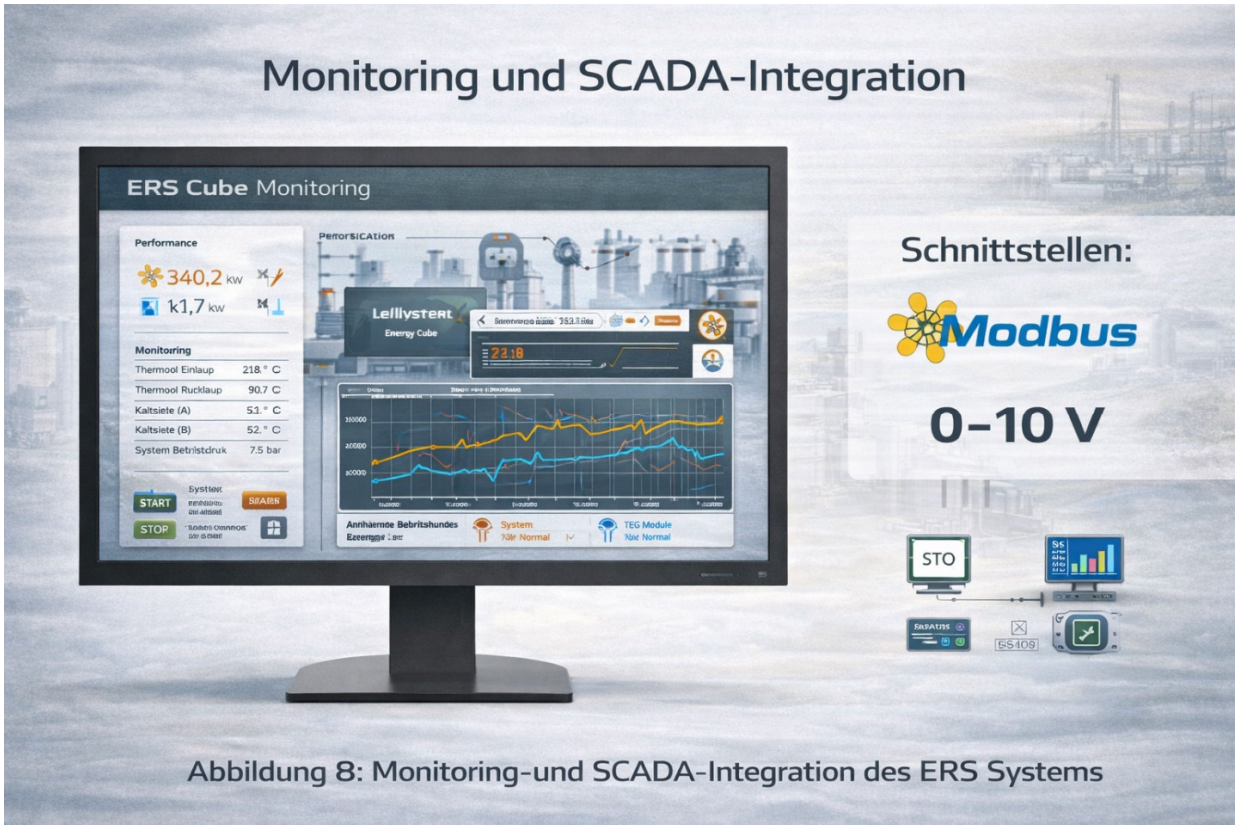
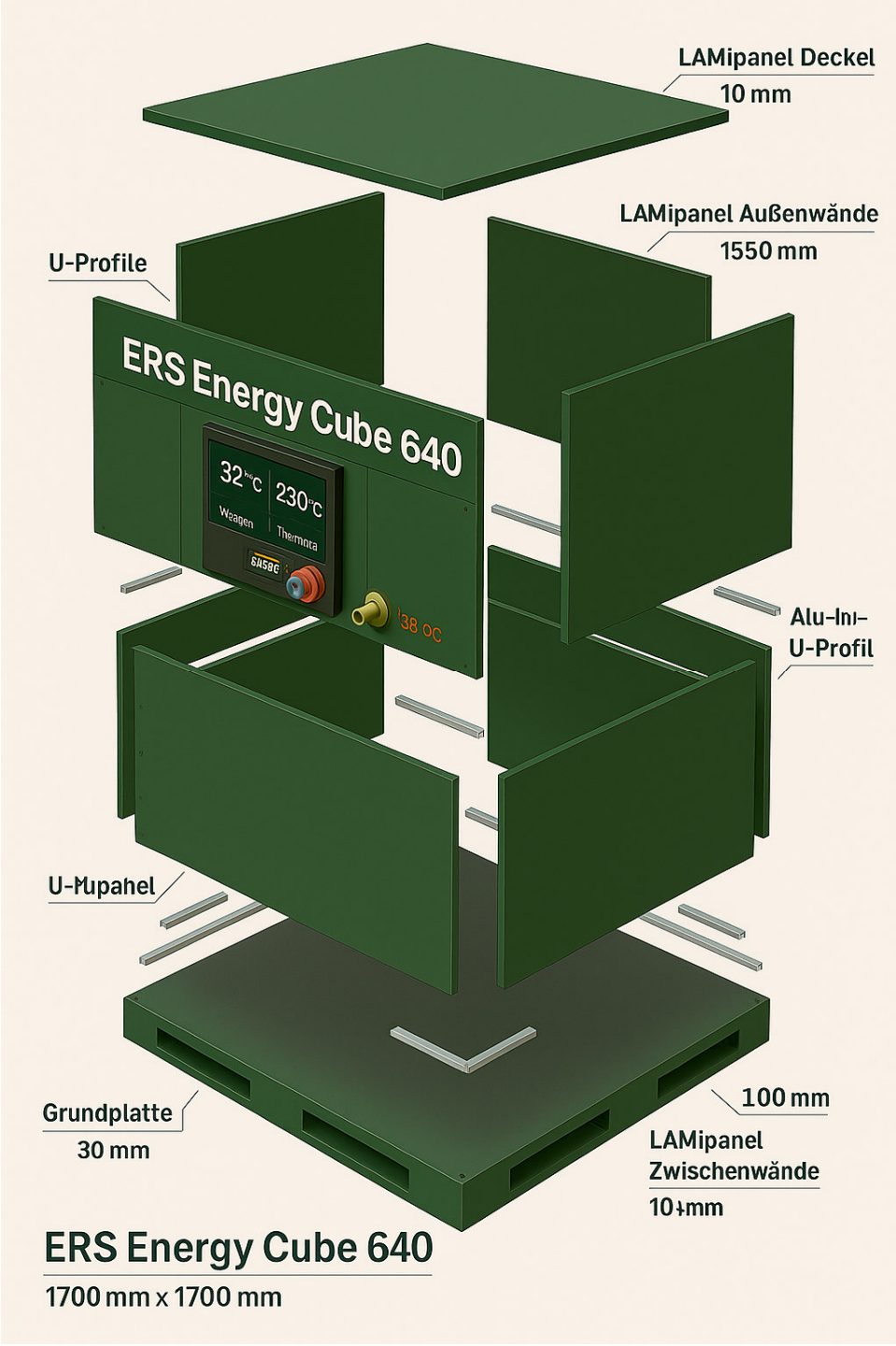


Abbildung 8: Monitoring-und SCADA-Integration des ERS Systems

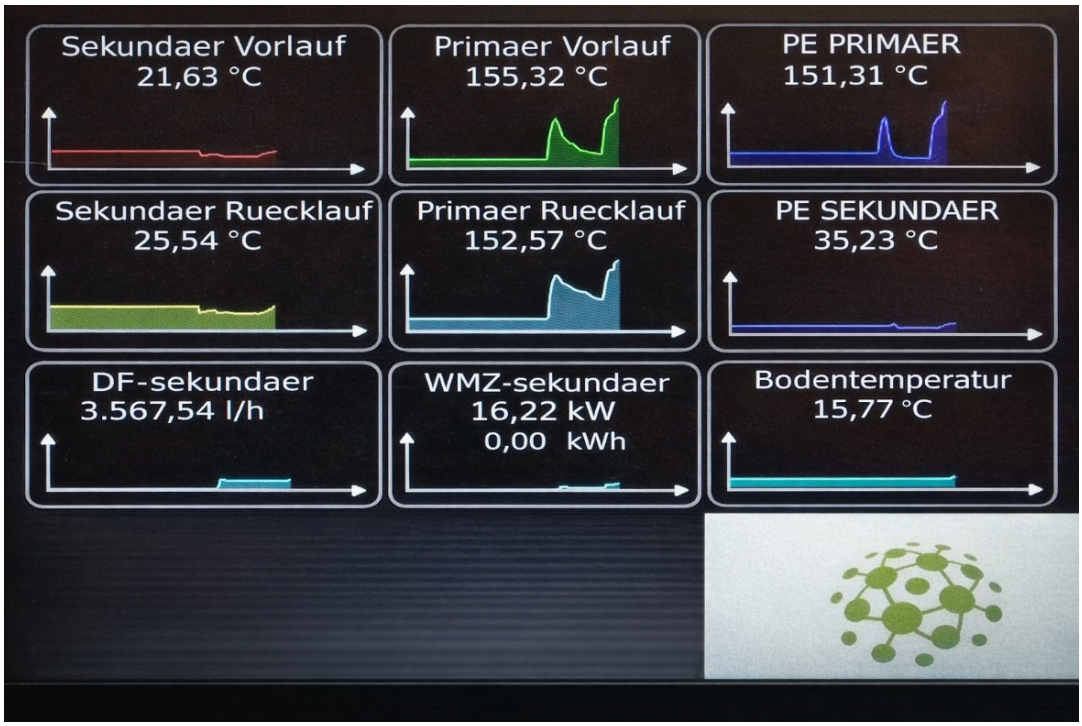
| Parameter | Wert |
|---|---|
| Generatorprinzip | Thermoelektrische Module (Seebeck-Effekt) |
| Wechselrichter | FOX ESS oder Sungrow |
| Netzanschluss | 230 V / 50 Hz oder 400 V / 50 Hz |
| Schnittstellen | Modbus, 0–10 V, Industrie-Monitoring |
| Monitoring | Integration in bestehende Industrie-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



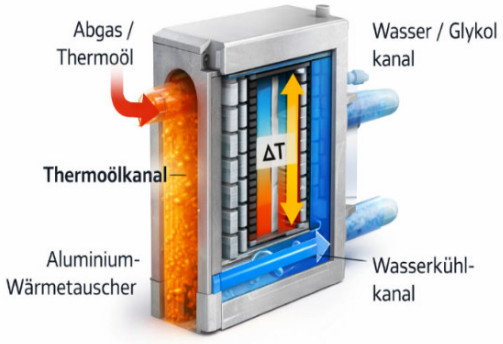




**Abbildung 3:** Aufbau des ERS Energy Cube 640

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).

## Prozessablauf

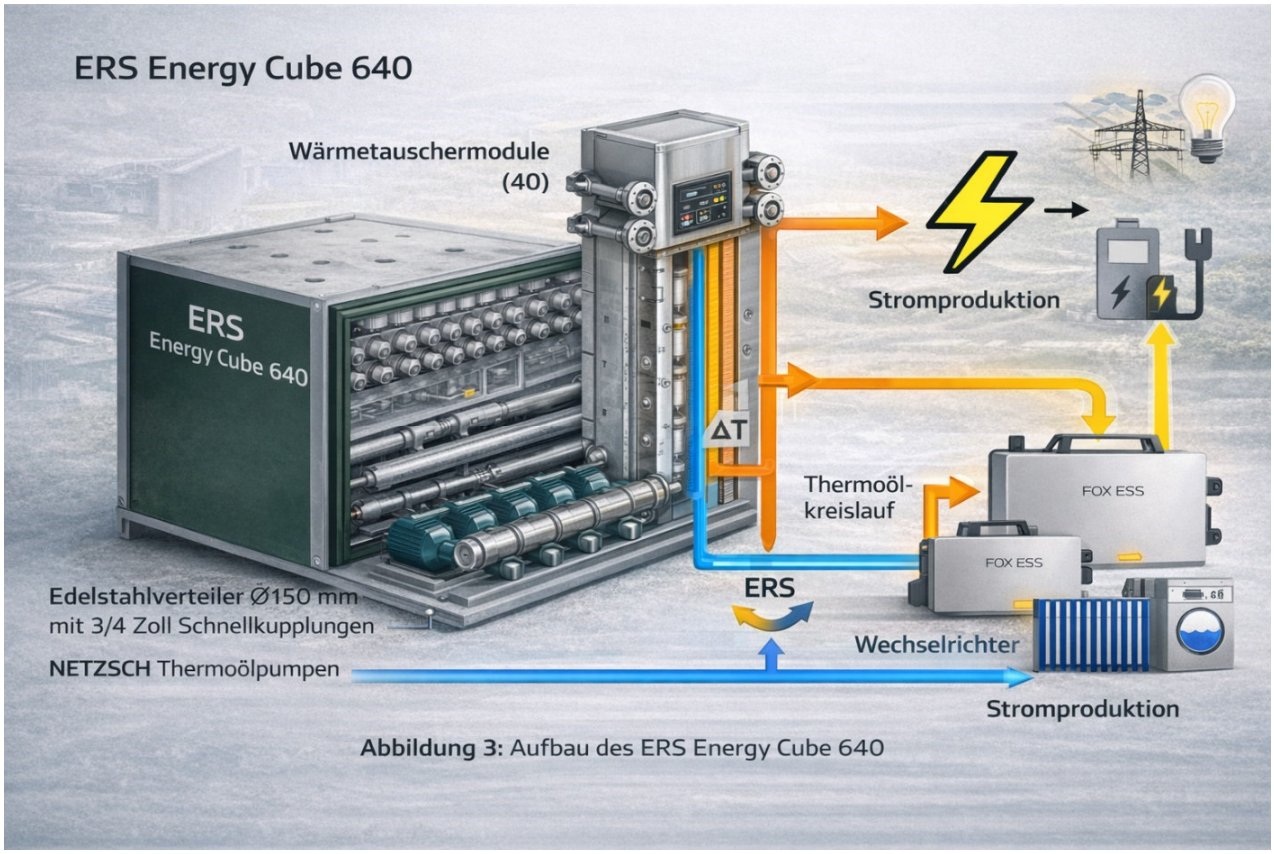



**Abbildung 3:** Aufbau des ERS Energy Cube 640

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

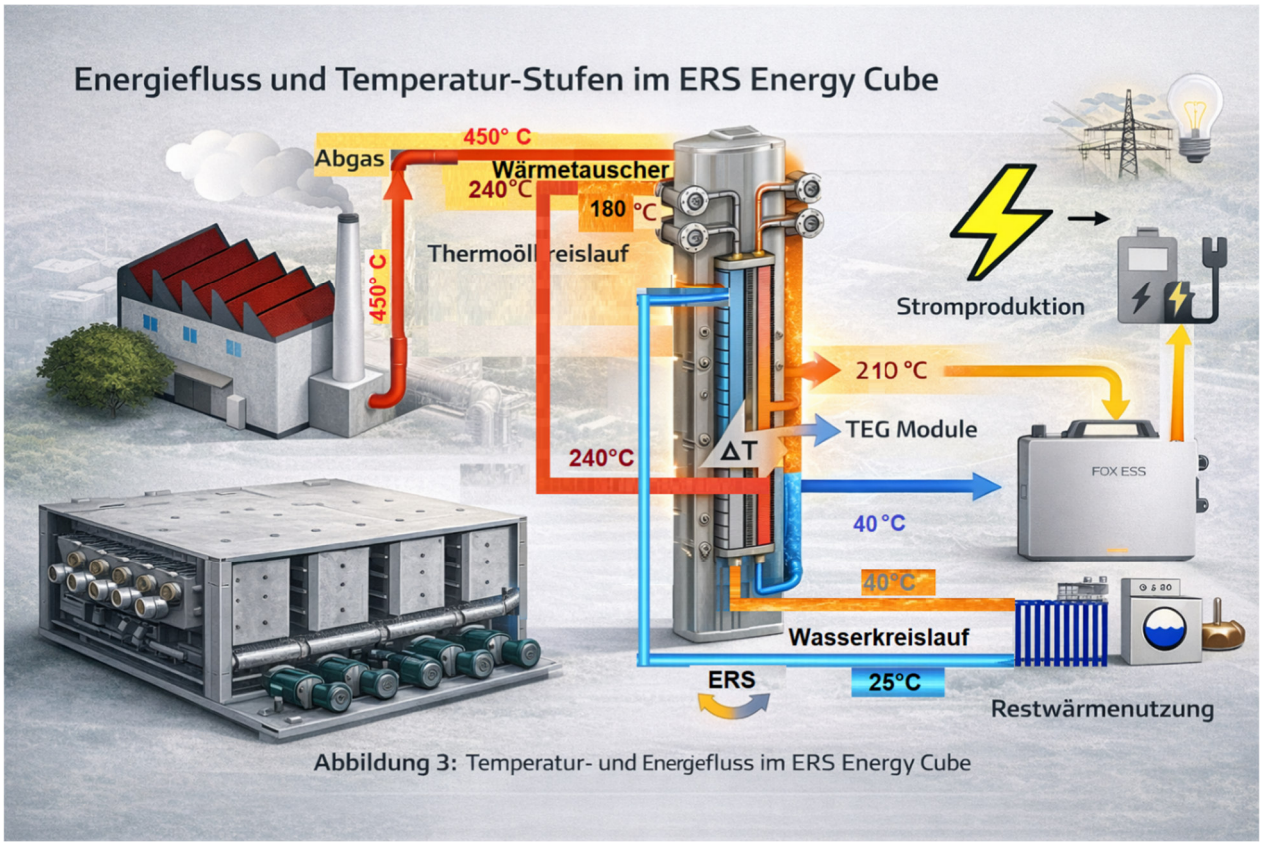
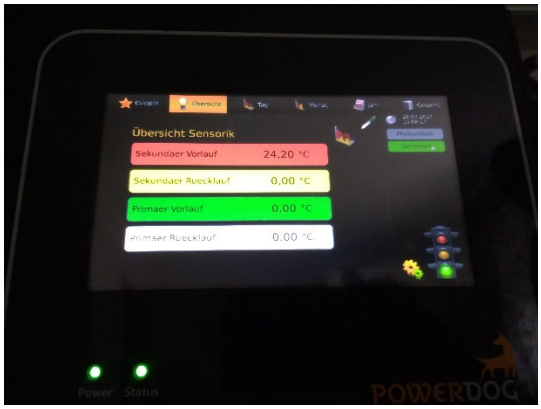


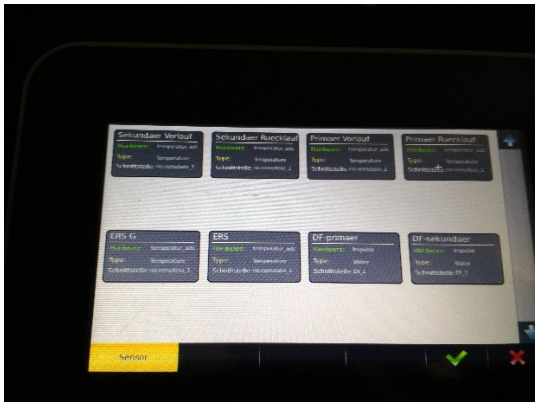

Abbildung 3: Temperatur- und Energefluss im ERS Energy Cube

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

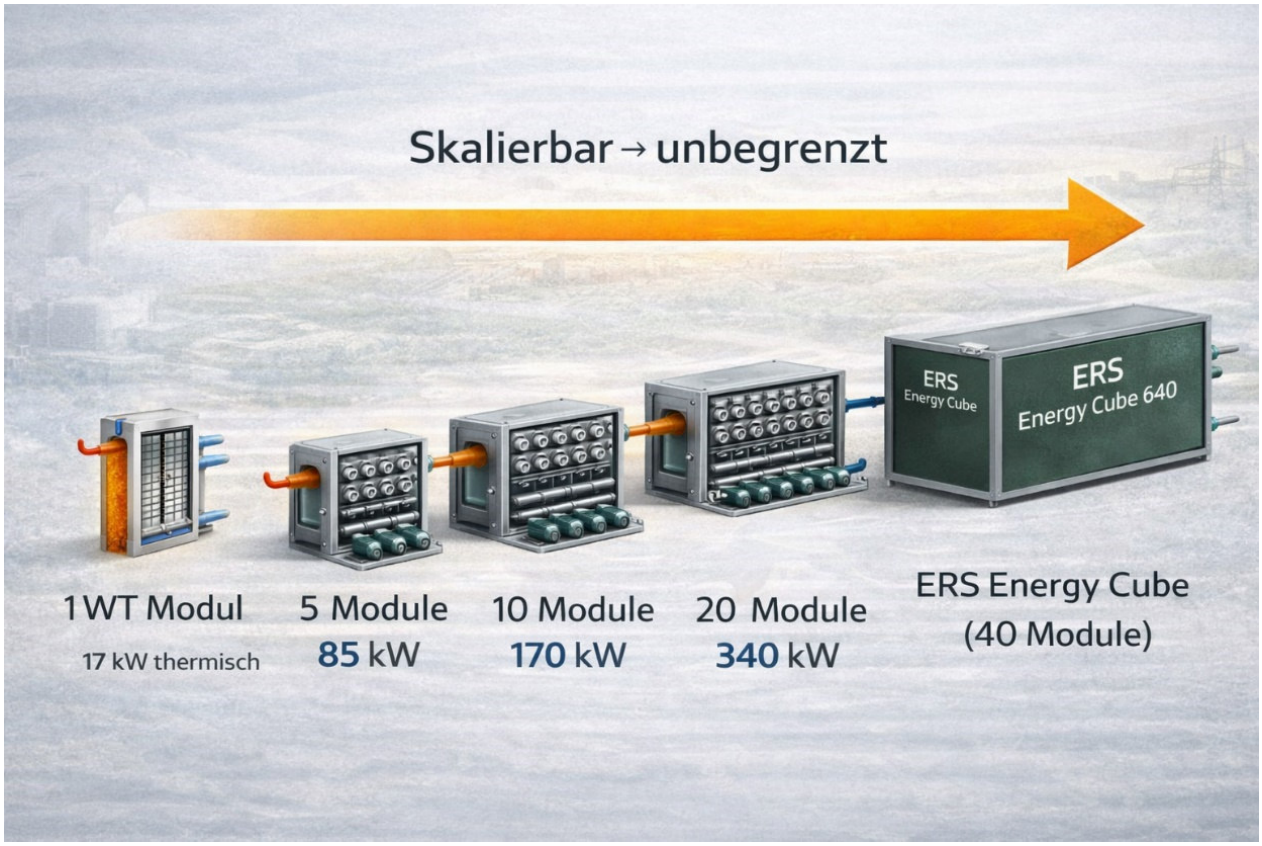
Ein Teil der thermischen Energie wird in elektrische Energie umgewandelt, während der überwiegende Anteil weiterhin als nutzbare Wärme im System verfügbar bleibt.

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.

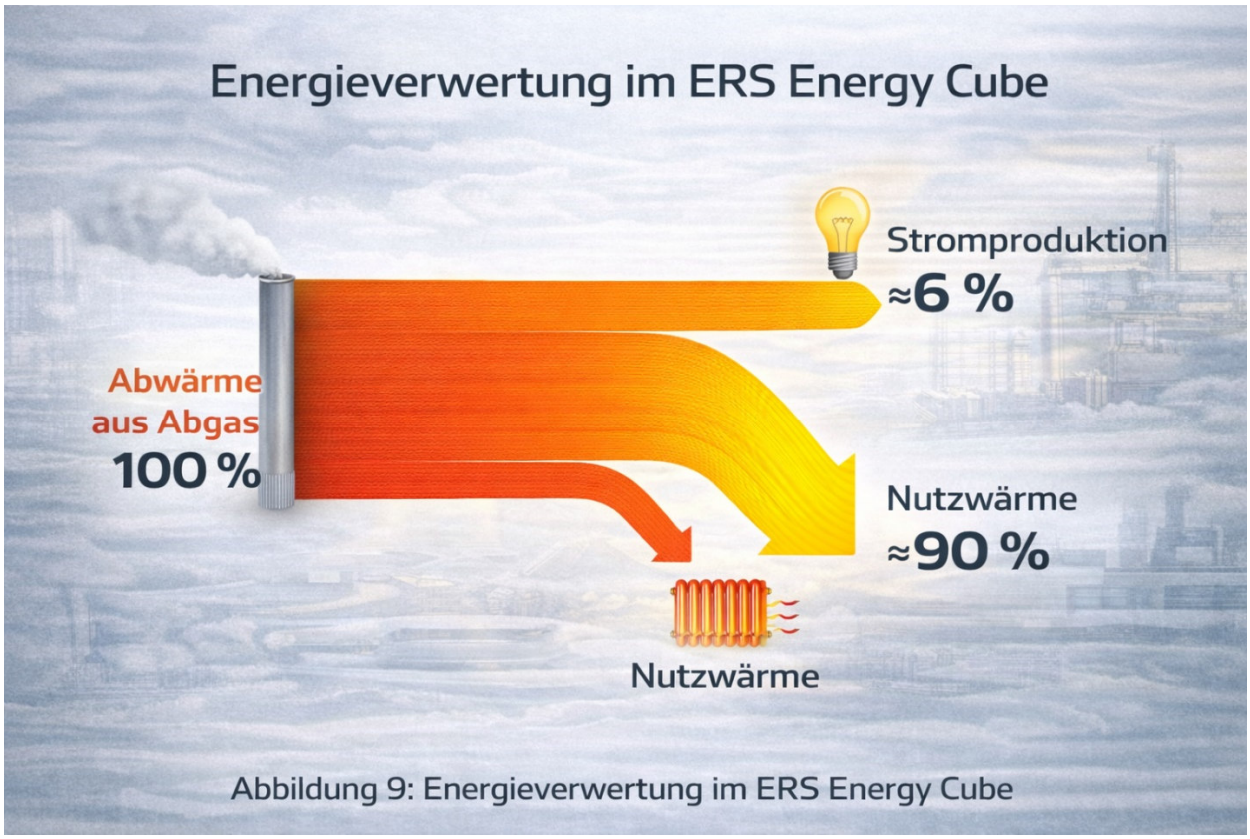



Abbildung 9: Energieverwertung im ERS Energy Cube

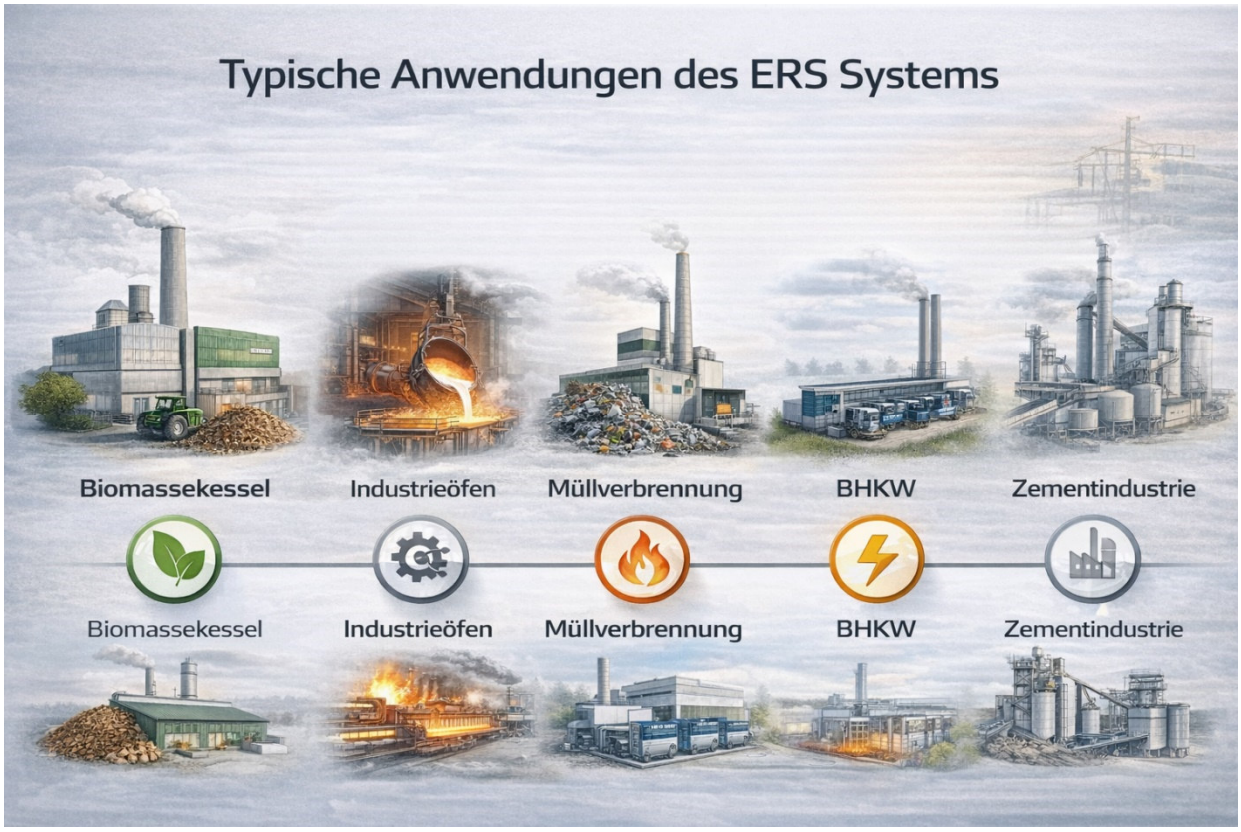
Typischerweise werden etwa 6 % der rückgewonnenen Energie in elektrische Energie umgewandelt, während bis zu 90 % als nutzbare Wärmeenergie im System verbleiben.

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. 686 kW
• Elektrische Leistung: ca. 41 kW
• Nutzbare Wärmeleistung: ca. 617 kW - „bei ΔT ≈ 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 (ΔT)** zwischen der Wärmequelle und der Wärmesenke.

Durch das thermoelektrische Generatorprinzip kann das System in einem breiten Temperaturbereich eingesetzt werden. Bereits bei vergleichsweise niedrigen Abwärmetemperaturen 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 ΔT: **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 ΔT: 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 ΔT: 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 ΔT | ab ca. 40 K |
| Optimalbereich | 150–190 K |
| Modulanzahl pro System | 1–40 |
| thermische Gesamtleistung | bis ca. 686 kW |
| elektrische Leistung | bis ca. 41 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 **≥ 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.

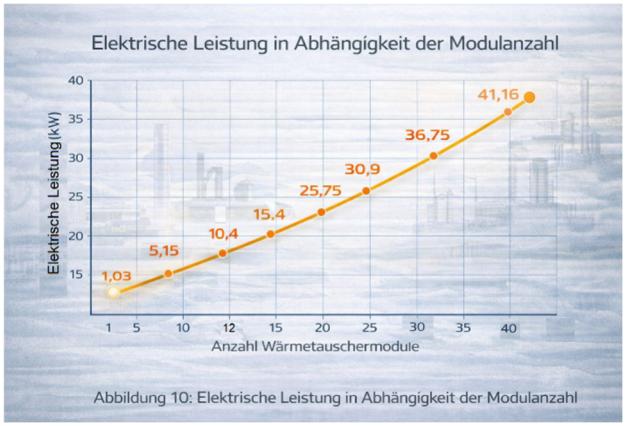



Abbildung 10: Elektrische Leistung in Abhängigkeit der Modulanzahl

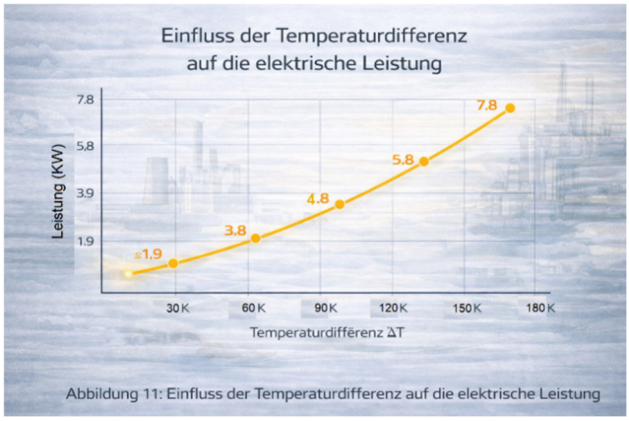



Abbildung 11: Einfluss der Temperaturdifferenz auf die elektrische Leistung

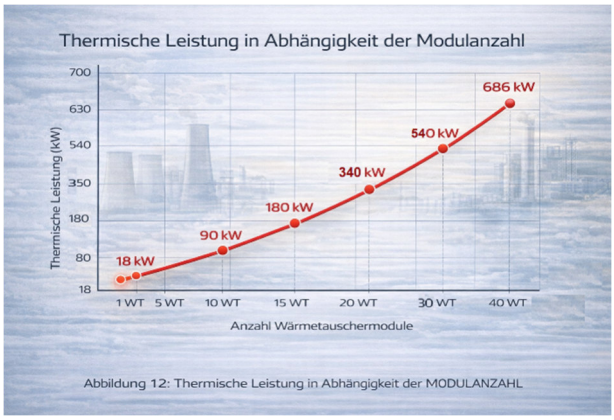
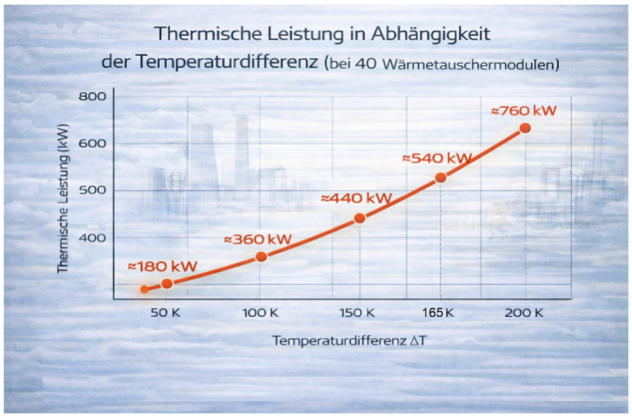



Abbildung 12: Thermische Leistung in Abhängigkeit der MODULANZAHL




## 8. Weiterführende technische Informationen

Ausführliche technische Beschreibungen, Funktionsdarstellungen sowie Berechnungswerkzeuge zum smartE5 Energy Recovery System sind über die Herstellerplattform 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.

## A. Technologie und Funktionsprinzip

Detaillierte Beschreibungen des thermoelektrischen Generatorprinzips, des Systemaufbaus sowie eine animierte Darstellung des Energieflusses im ERS-System sind unter folgendem Link verfügbar:
https://www.smarte5.com/technologie/

## B. ERS-Leistungsrechner

Zur Abschätzung der möglichen Energieerträge sowie zur projektspezifischen Bewertung von Abwärmequellen steht ein Online-Berechnungstool zur Verfügung. Mit diesem Werkzeug können unter anderem folgende Parameter bewertet werden:

- verfügbare Abwärmetemperatur
- Temperaturdifferenz zur Wärmesenke
- mögliche Modulanzahl
- elektrische Leistung
- thermische Rückgewinnungsleistung

Der Rechner ist unter folgendem Link erreichbar:
https://www.smarte5.com/rechner/

## C. Produktplattform ERS Energy Cube

Weitere Informationen zur Produktplattform, zu möglichen Anlagenkonfigurationen sowie zu typischen industriellen Einsatzbereichen sind auf der Produktseite des ERS Energy Cube verfügbar.
https://www.smarte5.com/ers-energy-cube/

## D. Produktplattform ERS 300

Die Produktlinie ERS 300 stellt eine kompakte Systemlösung zur Nutzung industrieller Abwärme mit elektrischen Leistungen bis zu etwa 600 W und einer thermischen Rückgewinnungsleistung von bis zu etwa 9 kW dar. Das System dient unter anderem als Demonstrationsplattform für den Einsatz der Technologie in kleineren industriellen Anwendungen. Weitere Informationen sind unter folgendem Link verfügbar:
https://www.smarte5.com/ers300/

Weitere Informationen zu Medien, Partnern, Akkreditierungen sowie technischen Veröffentlichungen sind über die Unternehmenswebsite 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 Abwärmetemperatur
- 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

Anhang A – OEM Referenzdatenblatt ERS Cube 640

Anhang B – Integrationsprinzip ERS-Bypass-System

Anhang C – Leistungsdaten Wärmetauschermodule (1–40 WT)

Anhang D – Szenarioanalyse Wärmerückgewinnung (8 %)

Anhang E – Szenarioanalyse Wärmerückgewinnung (15 %)

Anhang F – Szenarioanalyse Wärmerückgewinnung (20 %)

Anhang G – Technische Systembeschreibung und Integrationshinweise

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

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

| Version | Datum | Änderung | Freigabe |
|---|---|---|---|
| v1.0 | 03/2026 | Erstveröffentlichung | i. O. |

Energy
Experts
Environment
Economy
Ethics

smartE5 GmbH

# smartE5 ERS – Cube 640

*OEM-Datenblatt – White Engineering Edition*

Integration: Heizomat RHK-AK (1000 kW Referenzkessel)

## 1. Systemübersicht

Der smartE5 ERS-Cube 640 ist ein modularer Hochtemperatur-Bypass-Wärmetauscher zur Integration zwischen Zug 1 und Zug 2 eines Biomassekessels. Das System arbeitet als thermische Vorschaltstufe bei Erhalt des internen Kesselregisters.




## 2. Technische Kenndaten

| | |
|---|---|
| Anzahl Wärmetauschermodule | 40 WT |
| Thermische Gesamtleistung | 686 kW |
| Elektrische Gesamtleistung | 41,16 kW |
| Thermoöl Vorlauf | 240 °C |
| Thermoöl Rücklauf | 180 °C |
| Temperaturdifferenz ΔT | 60 K |
| Abgasmassenstrom (Referenz) | 603 g/s |
| Kaminunterdruck erforderlich | 10 Pa |



**smartE5 GmbH – Vilsanger 23 – 92245 Kümmersbruck - Tel.: +49 (0)9621-9640993**

## 3. Abgasparameter (Referenz 1000 kW)

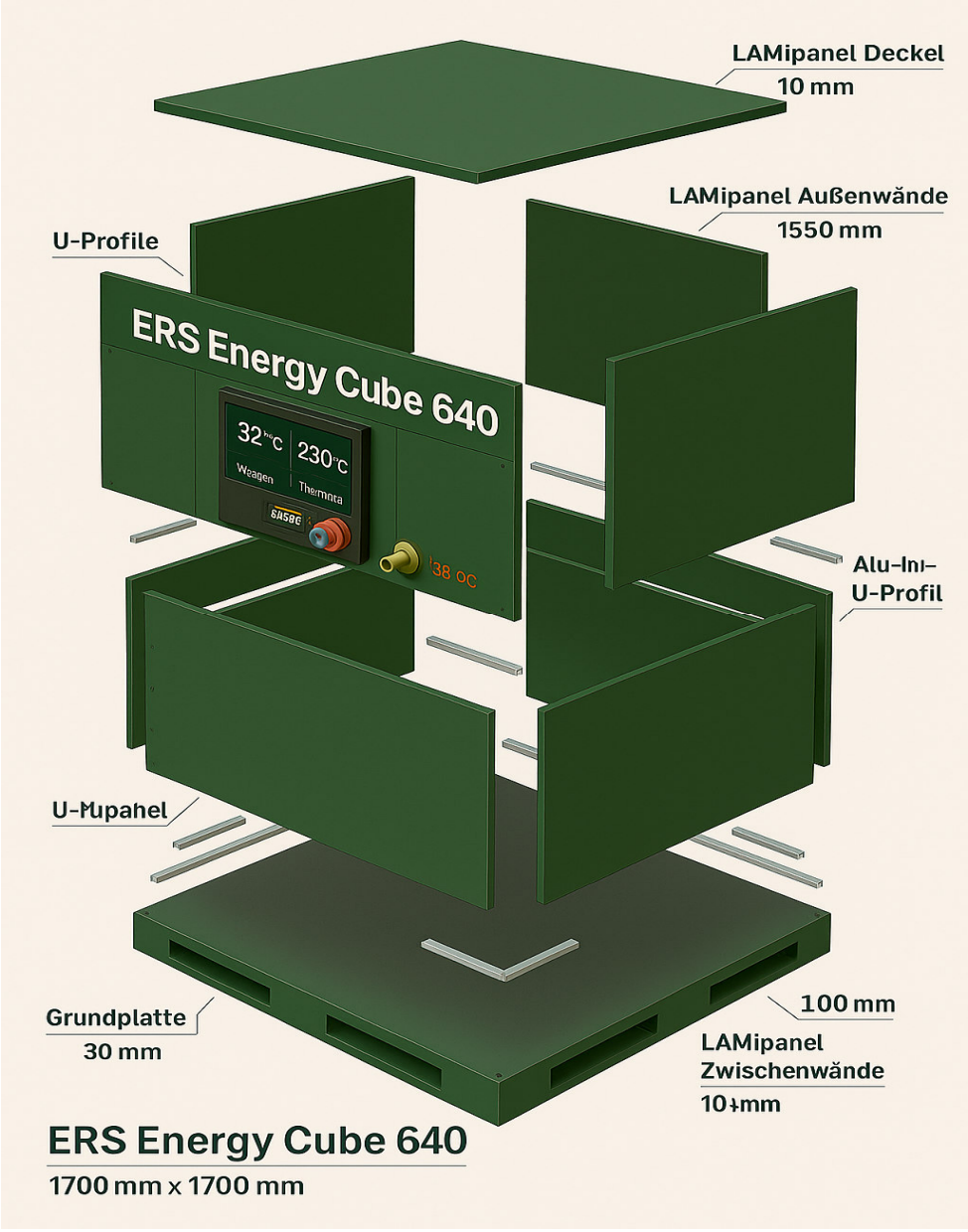
Abgastemperatur vor ERS: ~450 °C

Abgastemperatur nach ERS: ~250–300 °C

Abgastemperatur nach internem Register: ~120 °C

Mindest-Schornsteintemperatur: ≥ 60 °C

## 4. Modulaufbau ERS Cube



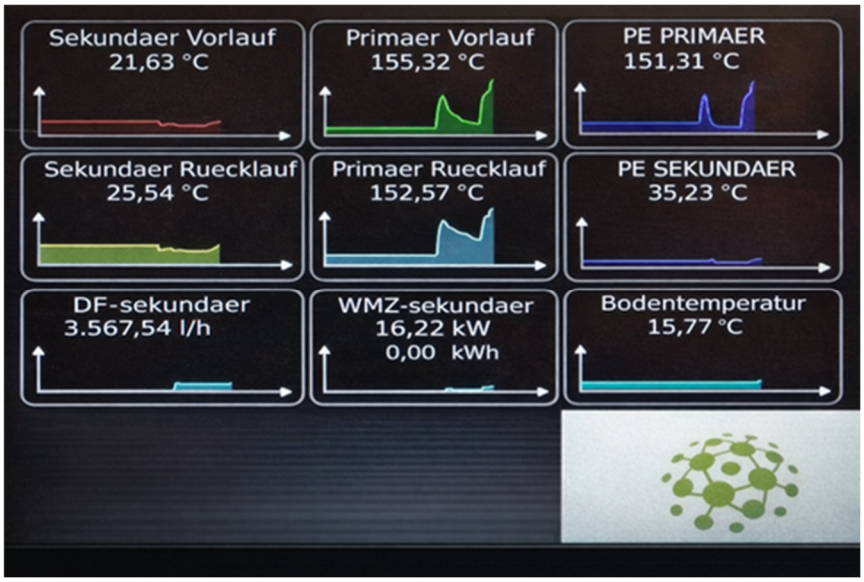
## 5. Hydraulische Einbindung

Thermoölkreis mit Hochtemperatur-Vorlauf 240 °C und Rücklauf 180 °C. Leistungsregelung über modulare Bypass-Strategie.




## 6. Steuerung & Sensorik

Visualisierung von Primär- und Sekundärtemperaturen, Durchflusswerten sowie Leistungsüberwachung über integrierte HMI-Steuerung.
Primär- und Sekundärtemperaturüberwachung, Durchflussmessung (primär / sekundär)
WMZ-Integration, 0–10V Pumpenansteuerung

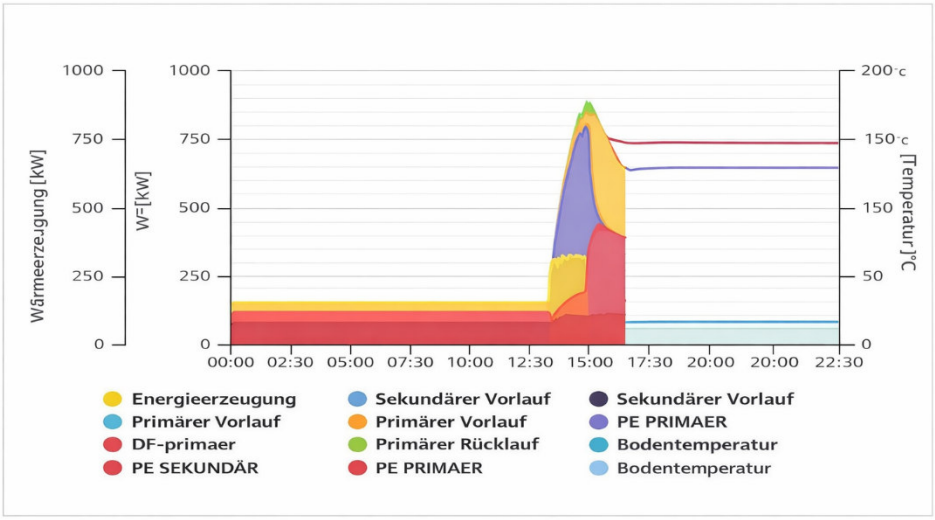


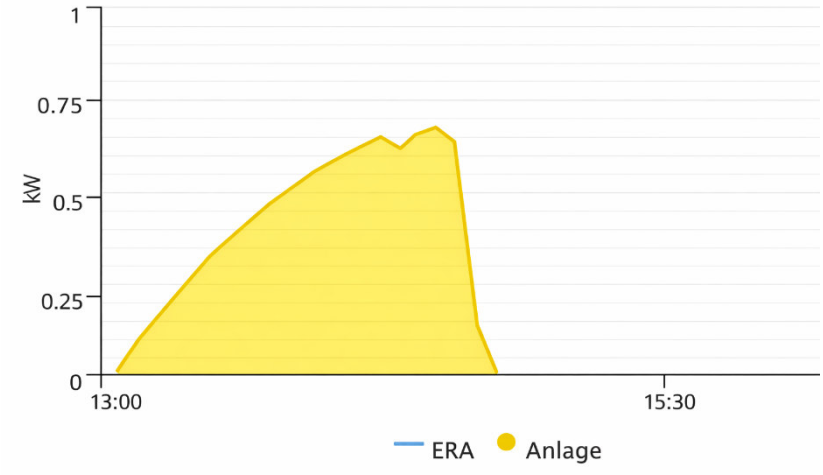



**smartE5 GmbH – Vilsanger 23 – 92245 Kümmersbruck - Tel.: +49 (0)9621-9640993**

## 6.1 Betriebsanalyse / Monitoring

Tagesauswertung, Beschreibung:
Tagesprofil Energieerzeugung
Temperaturverlauf
Leistungspeak
Systemstabilität




## 7. Sicherheit & Betrieb

Die Systemauslegung stellt sicher, dass die Mindest-Schornsteintemperatur von ≥ 60 °C unter allen Betriebsbedingungen eingehalten wird. Die Druckverlustberechnung erfolgt projektspezifisch.

Interner Kesselwärmetauscher bleibt vollständig erhalten.

Energy
Experts
Environment
Economy
Ethics

smartE5 GmbH

# Technische Szenariodarstellung – smartE5 ERS

System: Heizomat Biomassekessel + smartE5 ERS Energy Cube

Variante: HT-Vorschaltstufe (interner WT bleibt erhalten)

Thermoöl: 240°C Vorlauf / 180°C Rücklauf (ΔT = 60 K)

## 1. Grundlagen

1 Wärmetauscher (WT) benötigt 17,15 kW thermische Abwärme.

Elektrische Leistung pro WT: 1.029 KWel.

Elektrischer Wirkanteil: 6,0 %.

Nutzwärmeanteil: 90,0 %.

## 2. Baukasten (1–40 WT)

1 WT → 17,15 kWth | 1,03 KWel | 15,43 kW Nutzwärme

5 WT → 85,75 kWth | 5,14 kWel | 77,17 kW Nutzwärme

10 WT → 171,5 kWth | 10,29 kWel | 154,35 kW Nutzwärme

20 WT → 343,0 kWth | 20,58 kWel | 308,7 kW Nutzwärme

40 WT → 686,0 kWth | 41,16 kWel | 617,4 kW Nutzwärme

## 3. Thermoöl-Berechnung

Formeln:

$\dot{m} = Q / (cp \times \Delta T)$

$\dot{V} = (\dot{m} / \rho) \times 3600$

Beispiel 40 WT (Q = 686.0 kWth):

$\dot{m} = 5.72$ kg/s

$\dot{V} = 24.21$ m³/h

## 4. Integrationsprinzip

Abgas-Abgriff erfolgt nach Brennkammer und vor internen Registerzügen. Teilstrom-Bypass mit Regelklappe. Rückführung vor Ventilator. Mindest-Kamin-Temperatur ≥ 60°C.



**smartE5 GmbH – Vilsanger 23 – 92245 Kümmersbruck - Tel.: +49 (0)9621-9640993**

smartE5 GmbH

# smartE5 Energy Recovery System
# ERS Cube 640
# Technisches Datenblatt

**Leistungsgrößen abhängig von der Energiemengenzufuhr**

| Anzahl WT | Thermische Leistung (kWth) | Elektrische Leistung (kWel) | Nutzwärme (kWth) | Öl-Massenstrom (kg/s) | Öl-Volumenstrom (m3/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| 1,00 | 17,15 | 1,03 | 15,44 | 0,14 | 0,61 |
| 2,00 | 34,30 | 2,06 | 30,87 | 0,29 | 1,21 |
| 3,00 | 51,45 | 3,09 | 46,31 | 0,43 | 1,82 |
| 4,00 | 68,60 | 4,12 | 61,74 | 0,57 | 2,42 |
| 5,00 | 85,75 | 5,15 | 77,18 | 0,71 | 3,03 |
| 6,00 | 102,90 | 6,17 | 92,61 | 0,86 | 3,63 |
| 7,00 | 120,05 | 7,20 | 108,05 | 1,00 | 4,24 |
| 8,00 | 137,20 | 8,23 | 123,48 | 1,14 | 4,84 |
| 9,00 | 154,35 | 9,26 | 138,92 | 1,29 | 5,45 |
| 10,00 | 171,50 | 10,29 | 154,35 | 1,43 | 6,05 |
| 11,00 | 188,65 | 11,32 | 169,79 | 1,57 | 6,66 |
| 12,00 | 205,80 | 12,35 | 185,22 | 1,72 | 7,26 |
| 13,00 | 222,95 | 13,38 | 200,66 | 1,86 | 7,87 |
| 14,00 | 240,10 | 14,41 | 216,09 | 2,00 | 8,47 |
| 15,00 | 257,25 | 15,44 | 231,53 | 2,14 | 9,08 |
| 16,00 | 274,40 | 16,46 | 246,96 | 2,29 | 9,68 |
| 17,00 | 291,55 | 17,49 | 262,40 | 2,43 | 10,29 |
| 18,00 | 308,70 | 18,52 | 277,83 | 2,57 | 10,90 |
| 19,00 | 325,85 | 19,55 | 293,27 | 2,72 | 11,50 |
| 20,00 | 343,00 | 20,58 | 308,70 | 2,86 | 12,11 |
| 21,00 | 360,15 | 21,61 | 324,14 | 3,00 | 12,71 |
| 22,00 | 377,30 | 22,64 | 339,57 | 3,14 | 13,32 |
| 23,00 | 394,45 | 23,67 | 355,01 | 3,29 | 13,92 |
| 24,00 | 411,60 | 24,70 | 370,44 | 3,43 | 14,53 |
| 25,00 | 428,75 | 25,73 | 385,88 | 3,57 | 15,13 |
| 26,00 | 445,90 | 26,75 | 401,31 | 3,72 | 15,74 |
| 27,00 | 463,05 | 27,78 | 416,75 | 3,86 | 16,34 |
| 28,00 | 480,20 | 28,81 | 432,18 | 4,00 | 16,95 |
| 29,00 | 497,35 | 29,84 | 447,62 | 4,14 | 17,55 |
| 30,00 | 514,50 | 30,87 | 463,05 | 4,29 | 18,16 |
| 31,00 | 531,65 | 31,90 | 478,49 | 4,43 | 18,76 |
| 32,00 | 548,80 | 32,93 | 493,92 | 4,57 | 19,37 |
| 33,00 | 565,95 | 33,96 | 509,36 | 4,72 | 19,97 |
| 34,00 | 583,10 | 34,99 | 524,79 | 4,86 | 20,58 |
| 35,00 | 600,25 | 36,02 | 540,23 | 5,00 | 21,19 |
| 36,00 | 617,40 | 37,04 | 555,66 | 5,15 | 21,79 |
| 37,00 | 634,55 | 38,07 | 571,10 | 5,29 | 22,40 |
| 38,00 | 651,70 | 39,10 | 586,53 | 5,43 | 23,00 |
| 39,00 | 668,85 | 40,13 | 601,97 | 5,57 | 23,61 |
| 40,00 | 686,00 | 41,16 | 617,40 | 5,72 | 24,21 |

## ERS-Leistung aus Abgas-/Bypass-Wärmerückgewinnung – Szenariotabelle (8%) systemische Abwärmeverluste

| | |
|---|---|
| **Praxis-Parameter (editierbar)** | |
| **Betriebsstunden pro Jahr (h/a)** | 8.000 |
| **Mindest-Schornsteintemperatur nach ERS (°C) – zur** | 150 |
| **Thermoöl-Temperaturhub ΔT für Stromerzeugung (W) –** | 10 |
| **Wasser-Temperaturhub ΔT für Wärmenutzung (K) – z.B.** | 10 |
| **Aufteilung rückgewinnbare Wärme: Stromanteil** | 6% |
| **Aufteilung rückgewinnbare Wärme: nutzbare Wärme** | 90% |



smartE5 GmbH

| Modell | Nennwärme-leistung kW_th | Rückgewinnbar 8% (konservativ) kW_th | ERS Strom 6% von Rückgew. kW_el | ERS Wärme nutzbar 90% von Rückgew. kW_th | Volumenstrom Wasser ($m^3$/h) bei ΔT=Parameter | ERS Strom MWh_el/a | ERS Wärme MWh_th/a | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C0 | 49,00 | 3,92 | 0,24 | 3,53 | 0,30 | 1,88 | 28,22 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C1 | 88,00 | 7,04 | 0,42 | 6,34 | 0,54 | 3,38 | 50,69 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C1L | 120,00 | 9,60 | 0,58 | 8,64 | 0,74 | 4,61 | 69,12 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C2 | 180,00 | 14,40 | 0,86 | 12,96 | 1,11 | 6,91 | 103,68 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C3 | 275,00 | 22,00 | 1,32 | 19,80 | 1,70 | 10,56 | 158,40 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C4 | 450,00 | 36,00 | 2,16 | 32,40 | 2,79 | 17,28 | 259,20 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C5 | 600,00 | 48,00 | 2,88 | 43,20 | 3,72 | 23,04 | 345,60 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C6 | 800,00 | 64,00 | 3,84 | 57,60 | 4,95 | 30,72 | 460,80 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C6L | 950,00 | 76,00 | 4,56 | 68,40 | 5,88 | 36,48 | 547,20 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |

Hinweis: Prozentwerte (8/15/20%) sind konservative Szenarien für das rückgewinnbare Abgas-/Bypass-Wärmepotenzial bezogen auf die Nennwärmeleistung. Reale Werte hängen u.a. von Abgasmassenstrom, Abgastemperaturen, λ, Brennstofffeuchte, Teillast und Kesselauslegung ab. Die Mindest-Schornsteintemperatur ist ein Richtwert und muss mit dem Kesselhersteller abgestimmt werden.

**Prüfpunkt für Kesselhersteller (für Abstimmung / Datenblattanfrage)**

**1) Mindest-Schornsteintemperatur nach zusätzlichem ERS-Abgaswärmetauscher:** Abgas nach ERS darf die Schornstein-Temperatur nicht unter den vom Hersteller vorgegebenen Mindestwert absenken (Richtwert hier: 150°C; abhängig von Brennstoff, Taupunkt, Werkstoff, Auslegung, Teillast). **2) Benötigte Herstellerdaten für Dimensionierung / Integration:** Abgastemperaturen je Zug / Abgasstutzen, Abgasmassenstrom ($Nm^3$/h oder kg/h), λ (Luftüberschuss), zulässige Druckverluste, Material/ Korrosionsschutz.

## ERS-Leistung aus Abgas-/Bypass-Wärmerückgewinnung – Szenariotabelle (15%) systemische Abwärmeverluste

| | |
|---|---|
| **Praxis-Parameter (editierbar)** | |
| **Betriebsstunden pro Jahr (h/a)** | 8.000 |
| **Mindest-Schornsteintemperatur nach ERS (°C) – zur** | 150 |
| **Thermoöl-Temperaturhub ΔT für Stromerzeugung (W) –** | 10 |
| **Wasser-Temperaturhub ΔT für Wärmenutzung (K) – z.B.** | 10 |
| **Aufteilung rückgewinnbare Wärme: Stromanteil** | 6% |
| **Aufteilung rückgewinnbare Wärme: nutzbare Wärme** | 90% |




| Modell | Nennwärme-leistung kW_th | Rückgewinnbar 15% (Basis) kW_th | ERS Strom 6% von Rückgew. kW_el | ERS Wärme nutzbar 90% von Rückgew. kW_th | Volumenstrom Wasser ($m^3$/h) bei ΔT=Parameter | ERS Strom MWh_el/a | ERS Wärme MWh_th/a | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C0 | 49,00 | 7,35 | 0,44 | 6,62 | 0,57 | 3,53 | 52,92 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C1 | 88,00 | 13,20 | 0,79 | 11,88 | 1,02 | 6,34 | 95,04 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C1L | 120,00 | 18,00 | 1,08 | 16,20 | 1,39 | 8,64 | 129,60 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C2 | 180,00 | 27,00 | 1,62 | 24,30 | 2,09 | 12,96 | 194,40 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C3 | 275,00 | 41,25 | 2,48 | 37,13 | 3,19 | 19,80 | 297,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C4 | 450,00 | 67,50 | 4,05 | 60,75 | 5,22 | 32,40 | 486,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C5 | 600,00 | 90,00 | 5,40 | 81,00 | 6,97 | 43,20 | 648,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C6 | 800,00 | 120,00 | 7,20 | 108,00 | 9,29 | 57,60 | 864,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C6L | 950,00 | 142,50 | 8,55 | 128,25 | 11,03 | 68,40 | 1.026,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |

Hinweis: Prozentwerte (8/15/20%) sind konservative Szenarien für das rückgewinnbare Abgas-/Bypass-Wärmepotenzial bezogen auf die Nennwärmeleistung. Reale Werte hängen u.a. von Abgasmassenstrom, Abgastemperaturen, λ, Brennstofffeuchte, Teillast und Kesselauslegung ab. Die Mindest-Schornsteintemperatur ist ein Richtwert und muss mit dem Kesselhersteller abgestimmt werden.

**Prüfpunkt für Kesselhersteller (für Abstimmung / Datenblattanfrage)**

**1) Mindest-Schornsteintemperatur nach zusätzlichem ERS-Abgaswärmetauscher:** Abgas nach ERS darf die Schornstein-Temperatur nicht unter den vom Hersteller vorgegebenen Mindestwert absenken (Richtwert hier: 150°C; abhängig von Brennstoff, Taupunkt, Werkstoff, Auslegung, Teillast). **2) Benötigte Herstellerdaten für Dimensionierung / Integration:** Abgastemperaturen je Zug / Abgasstutzen, Abgasmassenstrom ($Nm^3$/h oder kg/h), λ (Luftüberschuss), zulässige Druckverluste, Material/ Korrosionsschutz.

## ERS-Leistung aus Abgas-/Bypass-Wärmerückgewinnung – Szenariotabelle (20%) systemische Abwärmeverluste

| | |
|---|---|
| **Praxis-Parameter (editierbar)** | |
| **Betriebsstunden pro Jahr (h/a)** | 8.000 |
| **Mindest-Schornsteintemperatur nach ERS (°C) – zur** | 150 |
| **Thermoöl-Temperaturhub ΔT für Stromerzeugung (W) –** | 10 |
| **Wasser-Temperaturhub ΔT für Wärmenutzung (K) – z.B.** | 10 |
| **Aufteilung rückgewinnbare Wärme: Stromanteil** | 6% |
| **Aufteilung rückgewinnbare Wärme: nutzbare Wärme** | 90% |




| Modell | Nennwärme-leistung kW_th | Rückgewinnbar 20% (oberer Ansatz) kW_th | ERS Strom 6% von Rückgew. kW_el | ERS Wärme nutzbar 90% von Rückgew. kW_th | Volumenstrom Wasser ($m^3$/h) bei ΔT=Parameter | ERS Strom MWh_el/a | ERS Wärme MWh_th/a | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C0 | 49,00 | 9,80 | 0,59 | 8,82 | 0,76 | 4,70 | 70,56 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C1 | 88,00 | 17,60 | 1,06 | 15,84 | 1,36 | 8,45 | 126,72 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C1L | 120,00 | 24,00 | 1,44 | 21,60 | 1,86 | 11,52 | 172,80 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C2 | 180,00 | 36,00 | 2,16 | 32,40 | 2,79 | 17,28 | 259,20 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C3 | 275,00 | 55,00 | 3,30 | 49,50 | 4,26 | 26,40 | 396,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C4 | 450,00 | 90,00 | 5,40 | 81,00 | 6,97 | 43,20 | 648,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C5 | 600,00 | 120,00 | 7,20 | 108,00 | 9,29 | 57,60 | 864,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C6 | 800,00 | 160,00 | 9,60 | 144,00 | 12,38 | 76,80 | 1.152,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |
| C6L | 950,00 | 190,00 | 11,40 | 171,00 | 14,71 | 91,20 | 1.368,00 | Ökotherm Compactanlagen; Rückgewinnungsanteil als Szenario. Volumenstrom bei ΔT aus Parameterzelle. |

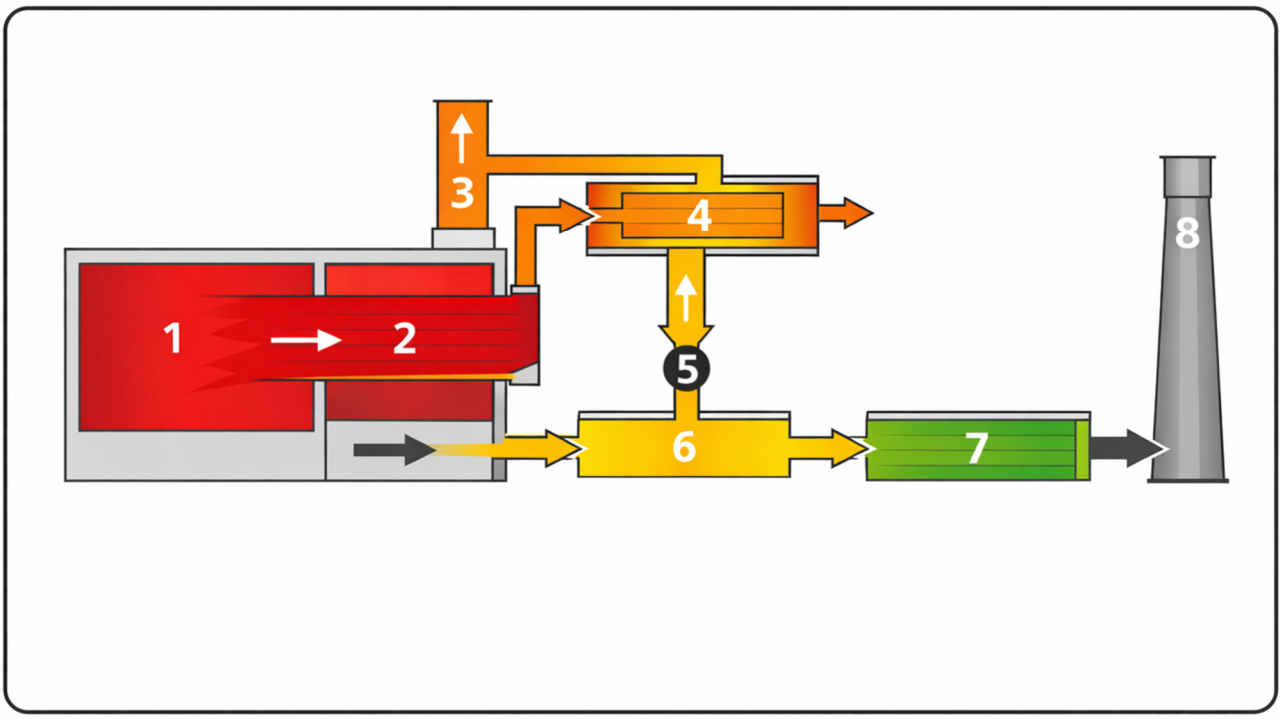
Hinweis: Prozentwerte (8/15/20%) sind konservative Szenarien für das rückgewinnbare Abgas-/Bypass-Wärmepotenzial bezogen auf die Nennwärmeleistung. Reale Werte hängen u.a. von Abgasmassenstrom, Abgastemperaturen, λ, Brennstofffeuchte, Teillast und Kesselauslegung ab. Die Mindest-Schornsteintemperatur ist ein Richtwert und muss mit dem Kesselhersteller abgestimmt werden.

**Prüfpunkt für Kesselhersteller (für Abstimmung / Datenblattanfrage)**

**1) Mindest-Schornsteintemperatur nach zusätzlichem ERS-Abgaswärmetauscher:** Abgas nach ERS darf die Schornstein-Temperatur nicht unter den vom Hersteller vorgegebenen Mindestwert absenken (Richtwert hier: 150°C; abhängig von Brennstoff, Taupunkt, Werkstoff, Auslegung, Teillast). **2) Benötigte Herstellerdaten für Dimensionierung / Integration:** Abgastemperaturen je Zug / Abgasstutzen, Abgasmassenstrom ($Nm^3$/h oder kg/h), λ (Luftüberschuss), zulässige Druckverluste, Material/ Korrosionsschutz.

# Projekt ERS OEM V2 – Legende & Technische Beschreibung

System: smartE5 ERS-Bypass-Wärmetauscher (HT-Vorschaltstufe)
Referenzkessel: Heizomat RHK-AK – 1000 kW
Thermoöl: 240°C / 180°C (ΔT = 60 K)




## 1. Legende (PNG-Referenz 1–8)

1 – Brennkammer / Feuerraum (Zug 1 Eintritt)

2 – Erster Rauchgaszug (Hochtemperaturbereich)

3 – Abzweig Bypass zum ERS-System

4 – smartE5 ERS-Bypass-Wärmetauscher (HT-Stufe)

5 – Rückführung in Hauptabgasstrom (vor Zug 2)

6 – Zweiter Rauchgaszug

7 – Interner Kesselwärmetauscher (Standardregister)

8 – Kamin / Schornstein



**smartE5 GmbH – Vilsanger 23 – 92245 Kümmersbruck - Tel.: +49 (0)9621-9640993**

## 2. Technische Systembeschreibung

Das smartE5 ERS-System wird als Hochtemperatur-Bypass-Wärmetauscher zwischen dem ersten und zweiten Rauchgaszug integriert. Ein definierter Teilstrom des Rauchgases wird nach dem ersten Zug abgezweigt, durch den ERS-Wärmetauscher geführt und anschließend vor Eintritt in den zweiten Zug wieder in den Hauptstrom zurückgeführt.

Der interne Wärmetauscher des Kessels bleibt vollständig erhalten. Das ERS-System arbeitet als thermische Vorschaltstufe und reduziert die thermische Belastung der nachgeschalteten Heizflächen.

Thermische Leistung je Wärmetauschermodul: 17,15 kW
Elektrische Leistung je Modul: 1.029 kW
Maximale Ausbaustufe (Cube 640 – 40 WT):
686 kW thermisch
41,16 kW elektrisch

## 3. Druckverlust-Hinweis

Die Integration des ERS-Bypass-Systems führt zu einem zusätzlichen Strömungswiderstand im Abgasweg. Der Anlagenbetrieb ist so auszulegen, dass der erforderliche Kaminunterdruck von 10 Pa im Volllastbetrieb gewährleistet bleibt.

Die Druckverlustberechnung ist projektspezifisch unter Berücksichtigung des Abgasmassenstroms von 603 g/s durchzuführen.

## 4. Kamin- und Temperaturregelhinweis

Die Abgastemperatur nach dem internen Register beträgt im Referenzfall ca. 120°C. Eine Mindest-Schornsteintemperatur von ≥ 60°C ist jederzeit einzuhalten, um Kondensation und Versottung zu vermeiden.

Die ERS-Leistungsregelung ist so auszulegen, dass die Mindesttemperatur am Kaminaustritt unter allen Betriebszuständen sichergestellt bleibt.



**smartE5 GmbH – Vilsanger 23 – 92245 Kümmersbruck - Tel.: +49 (0)9621-9640993**