

Der KWK-Zwilling

Parametrisierung von KWK-Anlagen zur
Verwendung in linearen Optimierungsmodellen

Lothar Rausch
Berlin, 4.5.2017

Datenlage

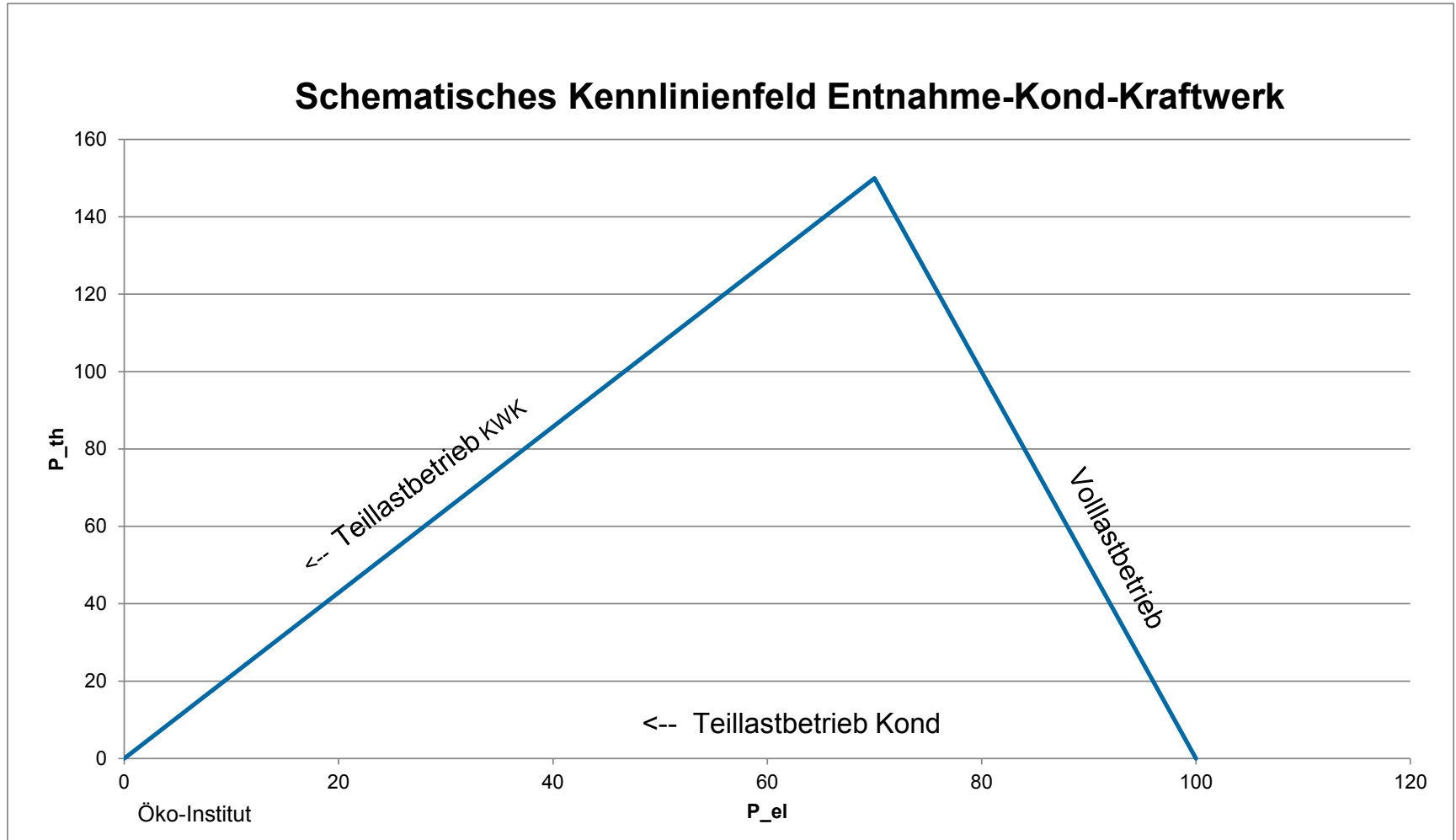
Kennzahlen von Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

KWK-Anlage	Stromkennzahl	Elektrischer Nettowirkungsgrad (Spannungsbreite)	Gesamtwirkungsgrad*
Blockheizkraftwerk			
Gasmotor	0,30 - 0,80	0,25 - 0,35	0,80 - 0,95
Dieselmotor	0,60 - 1,20	0,40 - 0,45	0,85 - 0,98
Gasturbine mit Abhitzenutzung	0,30 - 0,70	0,35 - 0,40	0,70 - 0,85
Dampfkraftwerk			
Gegendruckturbine	0,30 - 0,60	0,44 - 0,52	0,82 - 0,90
Entnahme-Kondensationsturbine	0,80 - 2,50	0,36 - 0,40	0,55 - 0,75
GuD - Kraftwerk			
Gegendruckturbine	0,70 - 0,85	0,40 - 0,50	0,80 - 0,90
Entnahme-Kondensationsturbine	1,50 - 2,70	0,35 - 0,52	0,60 - 0,75
Brennstoffzelle	1,50 - 6,00	0,40 - 0,60	0,75 - 0,83

* Brennstoffausnutzungsgrad

Quelle: BVT-Merkblatt für Großfeuerungsanlagen, Entwurfsfassung Stand 10/2015; Umweltbundesamt, Kraftwerksdatenbank, Stand 04/2016; Bundesverband Kraftwärme-Kopplung e.V., 2012; Dielmann, Kuperjans: Kennzahlen von KWK-Anlagen, 2008

Typische Kennlinie KWK



Die Idee des „KWK Zwillings“

- Keine Fallunterscheidung wie: if KWK then eta = 28% else eta = 37%
- Teil 1: Kondensationskraftwerk mit höherem elektrischen Wirkungsgrad
- Teil 2: KWK-Kraftwerk mit niedrigerem elektrischen Wirkungsgrad; dafür mit Wärmeauskopplung
- Kraftwerk = Anteil A * Teil 1 + Anteil B * Teil 2
- Dadurch bleibt das Optimierungsproblem in bei der Modellierung linear!

Die Implementierung des „KWK Zwillings“

Vereinfachte Darstellung der relevanten Gleichungen im Modell
(Vom Modell zu berechnende **Variablen in rot**)

Stromseite:

1. Zusammensetzung der gesamten aktuellen elektrischen Leistung von KWK-Anlagen durch Linearkombination eines Kond- und eines KWK-Teils :

$$\text{Aktuelle Leistung} = \text{Anteil_kond} * P_{\text{el_kond}} + \text{Anteil_KWK} * P_{\text{el_KWK}}$$

2. Begrenzung der variablen Anteile für den Kond- und KWK-Betrieb in Summe:

$$\text{Anteil_kond} + \text{Anteil_KWK} \leq 1$$

3. Berücksichtigung verschiedener Grenzkosten je nach Betriebsmodus durch unterschiedliche Wirkungsgrade:

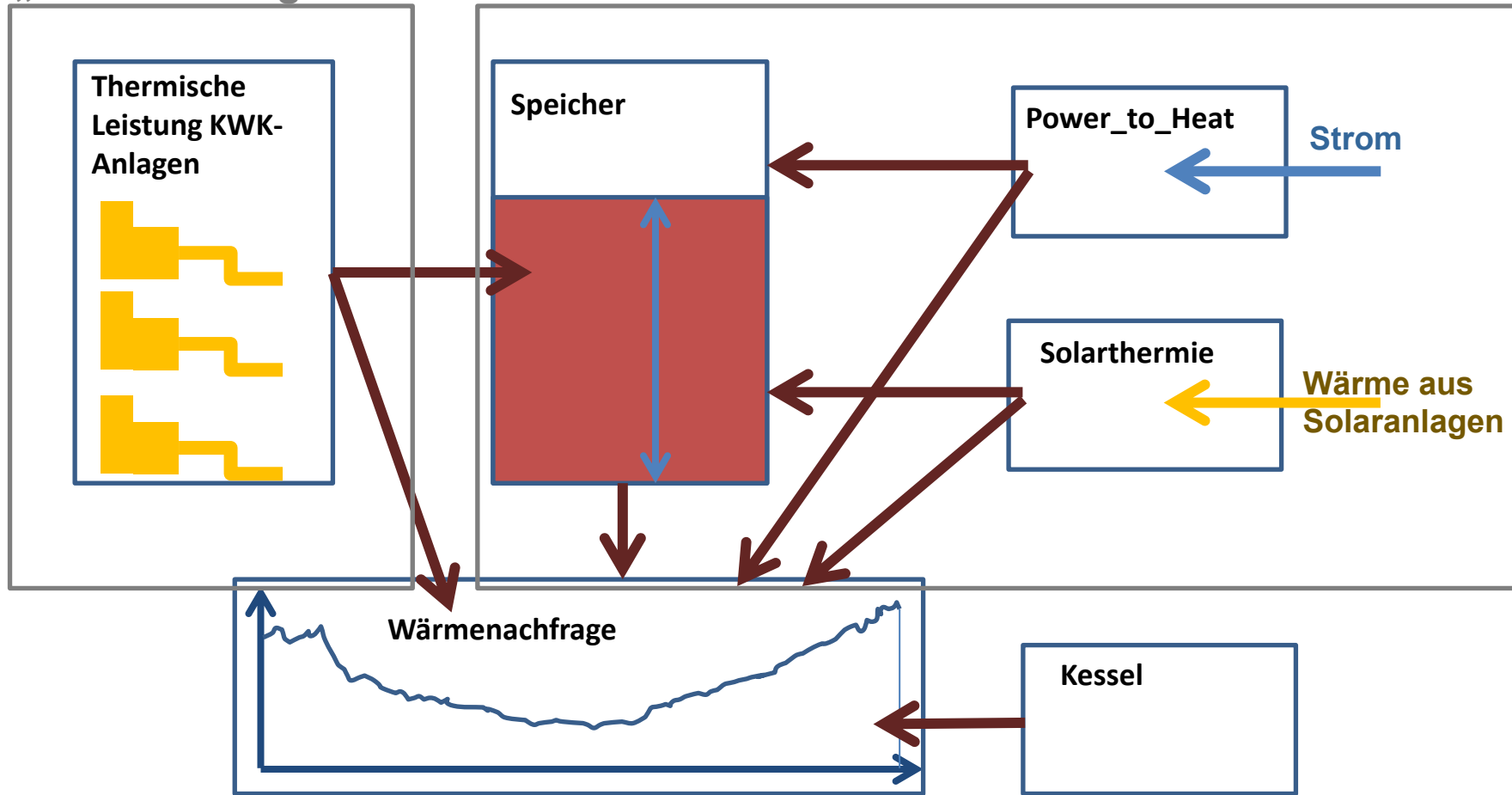
$$\text{Grenzkosten_Kond_Betrieb} = (\text{Brennstoffpreis} + \text{Emissionsfaktor} * \text{CO2-Preis}) / \text{eta_el_kond} + \text{Variable_Betriebskosten}$$

$$\text{Grenzkosten_KWK_Betrieb} = (\text{Brennstoffpreis} + \text{Emissionsfaktor} * \text{CO2-Preis}) / \text{eta_el_KWK} + \text{Variable_Betriebskosten}$$

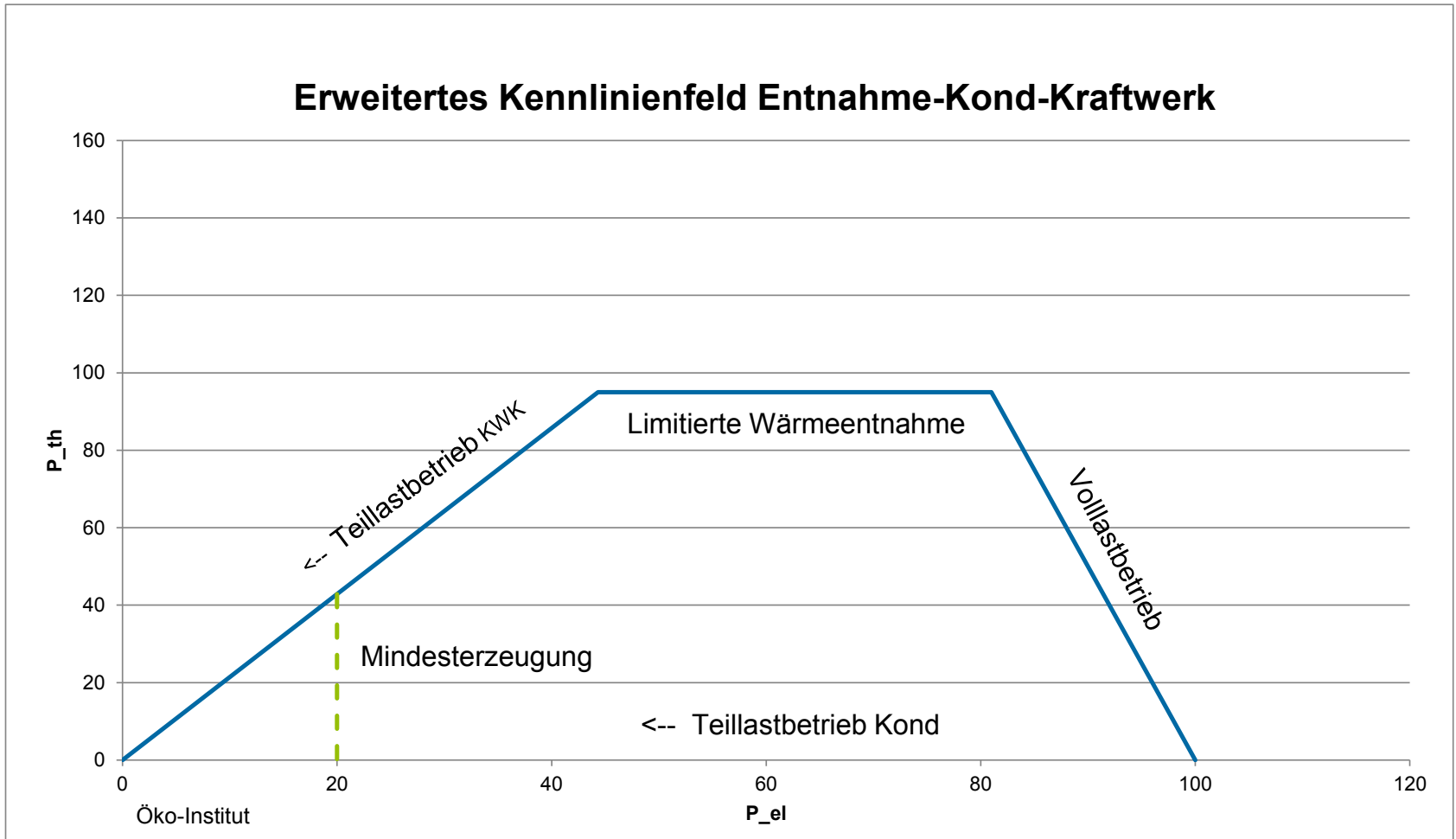
Anwendung im Modell

Neue Abbildung mit „KWK-Zwilling“

flexibel zu-/abschaltbar



Kennlinienfeld bei reduzierter Wärmeauskopplung



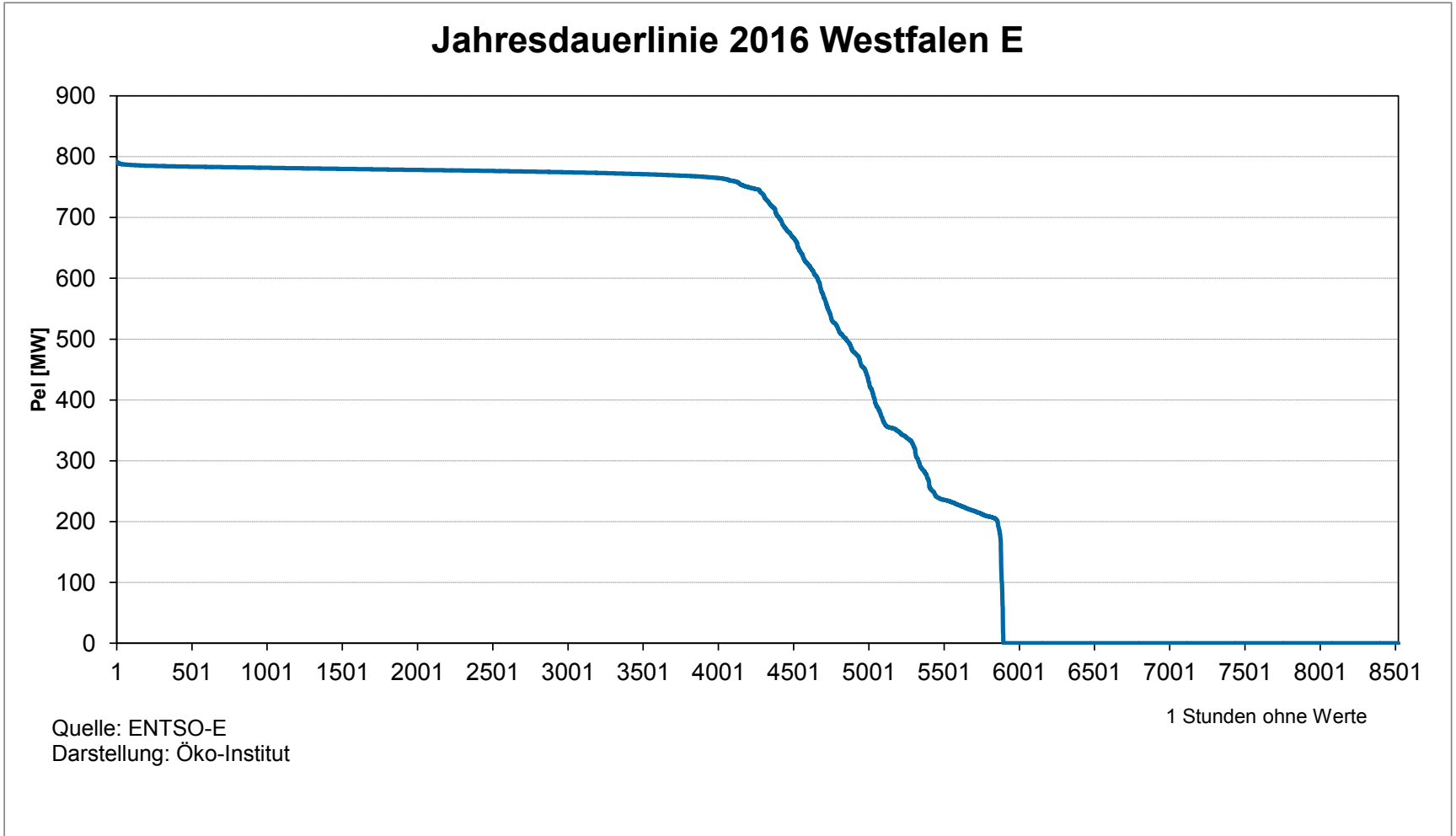
Parameter Entnahme Kond-Kraftwerk (Beispiel)

Parameter Entnahme-Kond-Kraftwerk			
P_el_Kond	100	MW	Punkt rechts unten
P_th	95	MW	obere Linie
P_el_KWK	81	MW	Punkt rechts oben
P_el_KWK_Scheibe	44,3	MW	Punkt links oben
Stromkennzahl	0,47	MW/MW	Steigung linke Gerade
Stromverlustkennzahl	0,2	MW/MW	negative Steigung rechte Gerade
Wirkungsgrad el Kond-Scheibe	37,0%		Punkt rechts unten
Wirkungsgrad el KWK-Scheibe	25,9%		Gerade links
Brennstoffausnutzung	81,4%		bei maximaler Wärmeauskopplung (Punkt oben Grafik 1)
Brennstoffausnutzung	65,1%		bei realisierter Wärmeauskopplung (Punkt oben rechts Grafik 2)

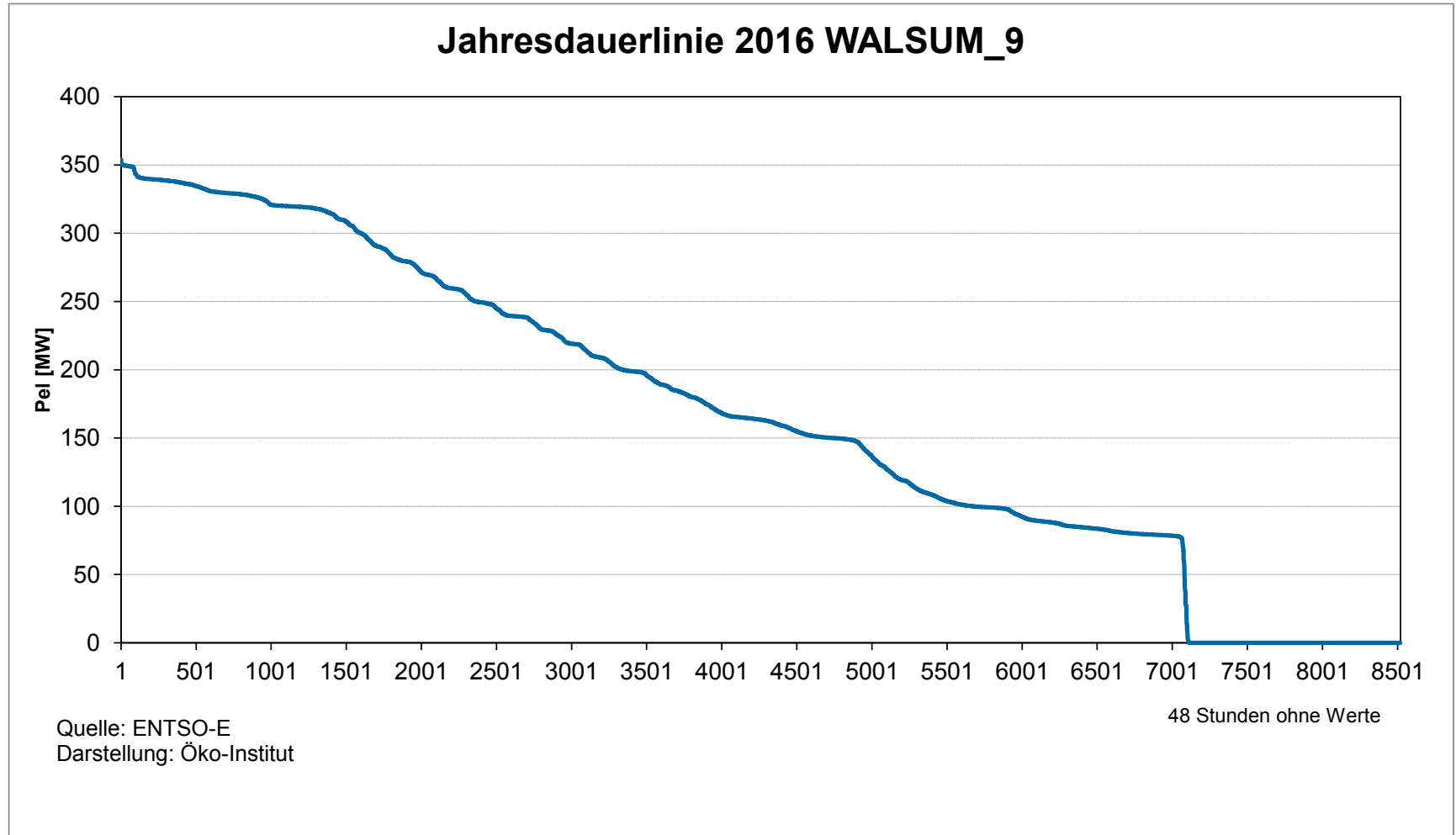
Stromverlustkennzahl

Technologie	Stromverlustkennzahl
Dampfturbine	0,2
Gasturbine mit Abhitzekeessel	< 0,02
GUD	0,07
Motor	< 0,01

Steinkohlekraftwerke ohne KWK

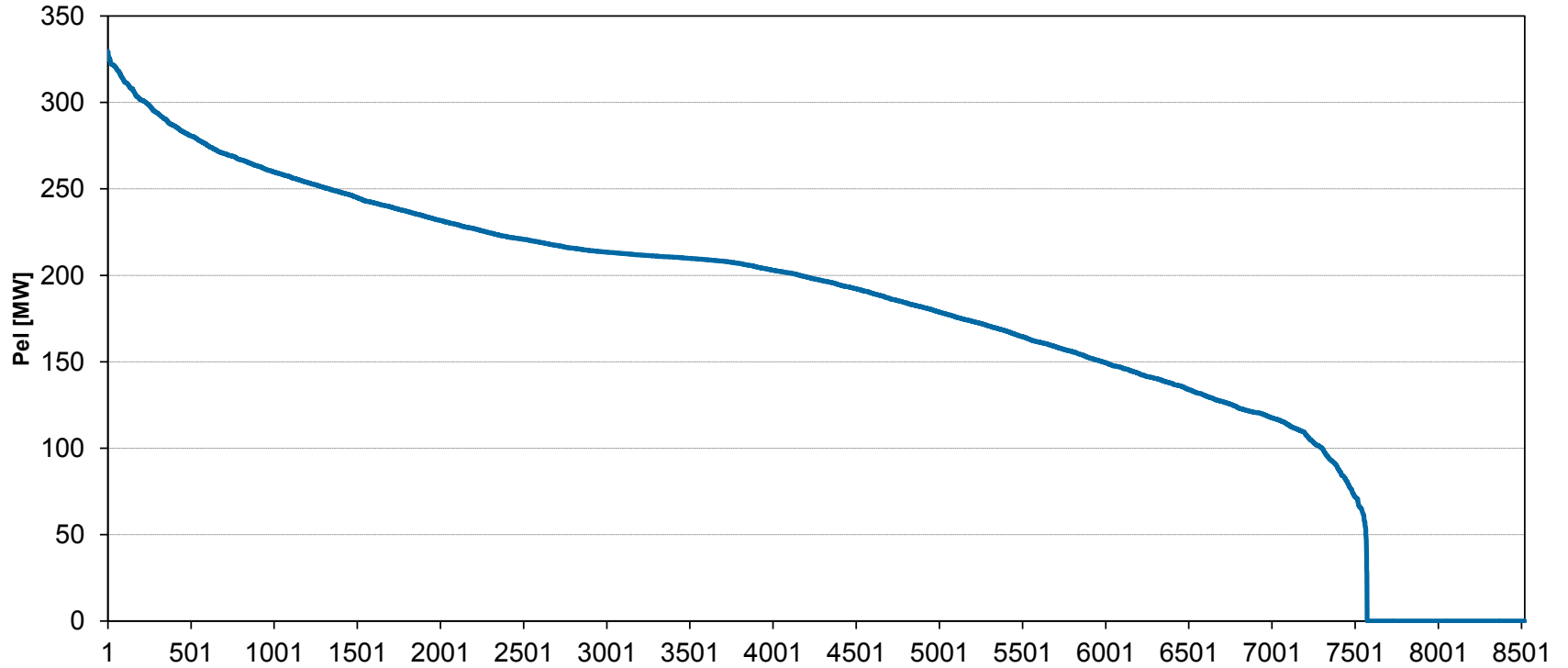


Steinkohlekraftwerk mit KWK (1)



Steinkohlekraftwerk mit KWK (2)

Jahresdauerlinie 2016 Nord 2 T20



Quelle: ENTSO-E
Darstellung: Öko-Institut

264 Stunden ohne Werte