



Energietechnik Leipzig

Gutachten

Leipzig, Januar 2019

**Erstellung eines Sachverständigengutachtens
über die Eigenschaften der modernisierten KWK-Anlage
„HKW Dessau“
auf der Grundlage des AGFW- Arbeitsblatt FW 308
(Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes -)
und
Nachweis der Hocheffizienz**

Beratende Ingenieure



Vorhaben: Erstellung eines Sachverständigengutachtens über die Eigenschaften der modernisierten KWK-Anlage „HKW Dessau“ auf der Grundlage des AGFW-Arbeitsblatt FW 308 (Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes -) und Nachweis der Hocheffizienz.

Auftraggeber: DVV – Stadtwerke (DVV)
Kraftwerk Dessau GmbH
Albrechtstraße 48
06844 Dessau-Roßlau

Ansprechpartner:
Herr Dipl.-Ing. Christian Rintelmann
Bereichsleiter Kraftwerk
Tel.: 0340 / 8 99 - 23 01
crintelmann@dvv-dessau.de

Auftragnehmer: ETL Energietechnik Leipzig GmbH (ETL)
- Beratende Ingenieure -
Scherlstraße 2
04103 Leipzig
Tel.: 03 41 / 86 83 0 – 0

Ansprechpartner:
Herr Alexander Jenz Herr Torsten Rudolf
Projektingenieur Geschäftsführer
Tel.: 0341 / 86830 – 22 Tel.: 0341 / 86830 – 21
a.jenz@etl-gmbh.de t.rudolf@etl-gmbh.de

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Randbedingungen	5
2	Anlagenbeschreibung.....	5
2.1	Aufbau des HKW Dessau - Anlagensystematik nach Abschnitt 3 FW 308	5
2.2	Nachweis der elektrischen Netto-Nennleistung.....	6
2.3	Betriebsweise des HKW Dessau	6
3	Ermittlung der Eigenschaften der Anlage	7
3.1	KWK-Nutzungsgradpotential gemäß Anlage 2 FW 308	7
3.2	Nachweis der Stromkennzahlen	7
3.3	Ermittlung der Brennstoffwärme (Erdgas, Heizöl EL)	9
3.3.1	Brennstoffwärme der Gasturbine (Erdgas)	9
3.3.2	Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers (Erdgas, Heizöl EL).....	9
3.3.3	KWK-Brennstoffwärme.....	11
3.3.4	Brennstoffwärme der Heißwassererzeuger 1-5 (Erdgas, Heizöl EL).....	11
3.4	Ermittlung der Nutzwärme (Erdgas-KWK-Scheiben).....	13
3.4.1	Nettowärmeerzeugung	13
3.4.2	ungekoppelte Nettowärmeerzeugung	13
3.4.3	gekoppelte Nettowärmeerzeugung	14
3.5	Ermittlung der Stromerzeugung	16
3.5.1	Bruttostromerzeugung	16
3.5.2	Stromeigenbedarf der Erdgas-KWK-Scheiben	18
3.5.3	Nettostromerzeugung der Erdgas-KWK-Scheiben	18
3.6	Ermittlung des KWK-Nutzungsgrades.....	19
3.7	Ermittlung der vorläufigen KWK-Nettostromerzeugung und der vorläufigen KWK- Brennstoffwärme.....	19
3.8	Ermittlung der vorläufigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer	20
3.9	Ermittlung der endgültigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer	20
3.10	Ermittlung der endgültigen KWK-Brennstoffwärme	21
3.11	Ermittlung der endgültigen KWK-Netto-Stromerzeugung	21
3.12	Einspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung	21
4	Nachweis der Hocheffizienz	22

4.1 Grundlagen (Hocheffizienz)	22
4.2 Ergebnisse und Bewertung – Erdgas-KWK-Scheibe (GT+AHK+ E-GD-DT)	23
5 Erklärung des Sachverständigen.....	24

1 Aufgabenstellung und Randbedingungen

Die Kraftwerk Dessau GmbH betreibt das Heizkraftwerk Dessau (HKW Dessau) zur Bereitstellung von Fernwärme (Heißwasser) und Strom für den Bedarf der Stadtwerke Dessau (DVV).

Für die KWK-Anlage „HKW Dessau“, An der Fine 4, Dessau wurde mit Wirkung vom 01.04.2002 eine vorläufige Zulassung als neue Bestandsanlage und ein 1. Änderungsbescheid vom 26.08.2005 durch das BAFA erteilt.

Im Zuge der im Jahr 2018 durchgeführten Maßnahmen zur Modernisierung der Gasturbine und dem damit einhergegangenen Änderungsbescheid des Landesamtes Sachsen-Anhalt vom 24.11.2016 wurde nach den Übergangsbestimmungen des KWK-Gesetzes der Antrag auf Vergütung einer modernisierten KWK-Anlage am 29.11.2018 beim BAFA eingereicht. Die KWK-Anlage wird unter der Nummer **138861** geführt.

Zugehörig zu dem Antrag ist „ein nach den anerkannten Regeln der Technik erstelltes Sachverständigengutachten über die Eigenschaften der Anlage, die gem. § 10 Abs. 2 Nr. 4 KWKG für die Feststellung des Vergütungsanspruchs maßgeblich sind“ anzufertigen.

Das dafür anzuwendende Modell basiert auf dem bisher existierenden Modell und wird um die durch die Modernisierung geänderten technischen und rechtlichen Parameter angepasst bzw. aktualisiert.

Grundlage für die fachliche Bearbeitung bildet das AGFW-Arbeitsblatt FW 308 „Zertifizierung von KWK-Anlagen – Ermittlung des KWK-Stroms“ in der Fassung vom September 2015.

2 Anlagenbeschreibung

2.1 Aufbau des HKW Dessau - Anlagensystematik nach Abschnitt 3 FW 308

Anlagenschaltung:

Das übersichtliche Anlagenschaltbild (vereinfachtes Wärmeschaltbild) mit den wichtigsten Komponenten ist in der **Anlage 2-1** dargestellt. Die für die angemeldete Erdgas-KWK-Scheibe relevanten Kraftwerkskomponenten sind in der **Anlage 2-2** hervorgehoben.

Das übersichtliche Anlagenschaltbild des Brennstoffsystems ist in der **Anlage 2-3** dargestellt.

Das übersichtliche elektrotechnische Schema des HKW ist in der **Anlage 2-4** dargestellt.

Die für die Anlagenbilanzierung relevanten Messstellen sind in diesen Schemen enthalten. Eine tabellarische Auflistung der Messstellen befindet sich in der **Anlage 2-5**.

Anlagentyp:

Einstufung nach FW 308, **Pkt. 3.2:**

Das HKW Dessau ist eine KWK-Anlage mit teilweise (geringer) ungekoppelter Stromerzeugung und ohne Stromverlust.

Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer durch die Rückkühlleistung des Hilfskühlers beschränkten ungekoppelten Stromerzeugung.

Das HKW Dessau ist ein Sammelschienenkraftwerk mit Entnahmegegendruckdampfturbinen. Es setzt sich aus den folgenden KWK-Scheiben zusammen:

- Gasturbine (GT) und Abhitzeessel (AHK) als 2-Druckdampferzeuger mit Fernwärmeeconomiser, Frischdampfnutzung mit zwei Entnahme-Gegendruckdampfturbinen (GT + AHK+ E-GD-DT)
- Spitzendampferzeuger (SDE), (Brennstoff: Erdgas, Ersatzbrennstoff: Heizöl EL), Frischdampfnutzung mit zwei Entnahme-Gegendruckdampfturbinen (EG-SDE + E-GD-DT)
- 2 Stück Rohbraunkohledampferzeuger, Frischdampfnutzung mit zwei Entnahme-Gegendruckdampfturbinen (RBK-DE + E-GD-DT) → planmäßige Stilllegung April 2019

Zusätzlich sind 5 Stück Reservekessel als Heißwassererzeuger für die Besicherung der Fernwärmerzeugung installiert.

Darüber hinaus ist 1 Stück elektrisch beheizter Heißwassererzeuger vorhanden.

Die teilweise zeitliche Entkopplung der gekoppelten Strom- und Nutzwärmeerzeugung erfolgt durch einen Warmwasserwärmespeicher.

Eine Auflistung der Hauptaggregate befindet sich in der **Anlage 2-6**.

2.2 Nachweis der elektrischen Netto-Nennleistung

Anhand der aufgelisteten Hauptkomponenten ist erkennbar, dass es sich beim HKW Dessau um eine Anlage mit einer elektrischen Nettoleistung $> 2 \text{ MW}_{el}$ handelt. Das gilt auch für die einzelnen KWK-Scheiben.

2.3 Betriebsweise des HKW Dessau

Das HKW Dessau ist eine wärmegeführte KWK-Anlage. Die zeitgleiche Wärmeführung kann durch den Warmwasserwärmespeicher in bestimmten Grenzen aufgelöst werden.

Der Warmwasserwärmespeicher wird vorrangig zum vorhandenen Hilfskühler eingesetzt. Der Hilfskühler dient nur in seltenen Ausnahmefällen der kurzfristigen Aufrechterhaltung des Betriebes einer KWK-Scheibe bei geringer Nutzwärmeabnahme.

Der Einsatz der KWK-Aggregate erfolgt in Abhängigkeit von der relativen Stromvergütung (Strompreis zu Brennstoffpreis – Spark Spread), d.h. bei einer hohen relativen Stromvergütung der KWK-Scheibe(n) mit hoher Stromkennziffer und bei geringer relativer Stromvergütung die KWK-Scheibe mit geringer Stromkennziffer.

Durch den wirtschaftlichen Einfluss der relativen Stromvergütung ergeben sich ständig ändernde Betriebsszenarien über die Bilanzzeiträume (Jahre).

Die Gasturbinenanlage verfügt nicht über einen Abgasbypass zur Umfahrung des nachgeschalteten Abhitzekeessels.

Der Abhitzekeessel verfügt nicht über eine Zusatzfeuerung.

3 Ermittlung der Eigenschaften der Anlage

3.1 KWK-Nutzungsgradpotential gemäß Anlage 2 FW 308

KWK-Nutzungsgradpotential $\zeta_{ne, KWK} = 80\%$.

3.2 Nachweis der Stromkennzahlen

Für die Anwendung der Rechenmethoden der FW 308 ist die leistungsbezogene Stromkennzahl gemäß Anlage 1 FW 308 aus den Herstellerunterlagen, aus Leistungsnachweisen oder aus thermodynamischen Kreislaufrechnungen und/oder Herstellerangaben zu ermitteln und zu dokumentieren.

Die leistungsbezogene Stromkennzahl des KWK-Prozesses ist definiert als Quotient der Nettostromerzeugung (A_{Bne_KWK}) und der KWK-Nettowärmeerzeugung (Q_{Bne_KWK}).

$$\sigma_{ne_KWK} = \frac{A_{Bne_KWK}}{Q_{Bne_KWK}}$$

Für das HKW Dessau müssen die leistungsbezogenen Stromkennzahlen für die einzelnen KWK-Scheiben unterschieden werden. Die Berechnungen der Stromkennziffern sind in der **Anlage 3-1** enthalten. Diese Berechnung beruht auf dem Auslegungslastpunkt 4 (**Anlage 3-2**) vom

einstigen Kraftwerksserrichter ABB und wurde mittels der Daten der neuen Gasturbine thermodynamisch angepasst.

a) KWK-Scheibe: GuD (GT + AHK+ E-GD-DT)

ohne Nutzwärme des Fernwärmeekos:

leistungsbezogene Stromkennzahl GuD-Scheibe (ohne Fernwärme-Eko des AHK)

$$\sigma_{\text{ne_KWK_GuD}} = \frac{A_{\text{Bne_KWK}}}{Q_{\text{Bne_KWK}}} = 1,24$$

mit Nutzwärme des Fernwärmeekos:

leistungsbezogene Stromkennzahl GuD-Scheibe (mit Fernwärme-Eko des AHK)

$$\sigma_{\text{ne_KWK_GuD}} = \frac{A_{\text{Bne_KWK}}}{Q_{\text{Bne_KWK}}} = 1,02$$

b) Spitzendampferzeuger (Brennstoff: Erdgas, Ersatzbrennstoff: Heizöl EL), Frischdampfnutzung mit zwei Entnahme-Gegendruckdampfturbinen (EG-SDE + E-GD-DT)

leistungsbezogene Stromkennziffer KWK-Scheibe: SDE

$$\sigma_{\text{ne_KWK_SDE}} = \frac{A_{\text{Bne_KWK}}}{Q_{\text{Bne_KWK}}} = 0,29$$

c) Rohbraunkohledampferzeuger, Frischdampfnutzung mit zwei Entnahme-Gegendruckdampfturbinen (RBK-DE + E-GD-DT)

leistungsbezogene Stromkennziffer KWK-Scheibe: RBK

$$\sigma_{\text{ne_KWK_RBK}} = \frac{A_{\text{Bne_KWK}}}{Q_{\text{Bne_KWK}}} = 0,27$$

3.3 Ermittlung der Brennstoffwärme (Erdgas, Heizöl EL)

3.3.1 Brennstoffwärme der Gasturbine (Erdgas)

Die Brennstoffwärme der Gasturbine resultiert ausschließlich aus dem Brennstoff Erdgas.

Die Gasturbine wird über zwei Schienen in der Gasübergabestation 1 (Standort: An der Fine) versorgt. Die Brennstofffassung erfolgt als Summenmessung durch eine geeichte Verrechnungsmessung je Schiene.

Der Erdgasvolumenstrom ergibt sich:

$V_{EG, GT, S1+2}$	=	$V_{EG, GT, S1} + V_{EG, GT, S2}$	Nm ³
--------------------	---	-----------------------------------	-----------------

Die KWK-Brennstoffwärme der Gasturbine ergibt sich aus:

W_{KWK_GT}	=	$(V_{EG, GT, S1+2} * H_{i_EG}) / 1000$	MWh _w
---------------	---	---	------------------

3.3.2 Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers (Erdgas, Heizöl EL)

Die Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers resultiert aus dem Hauptbrennstoff Erdgas und dem Reservebrennstoff Heizöl EL.

Erdgas (Spitzendampferzeuger)

Der Spitzendampferzeuger und Heißwassererzeuger 1 bis 5 werden über zwei Schienen in der Erdgasübergabestation 2 (Standort: Weststraße) versorgt. Die Brennstofffassung erfolgt als Summenmessung durch eine geeichte Verrechnungsmessung je Schiene.

$V_{EG, SDE+HWE 1-5, S1+2}$	=	$V_{EG, SDE+HWE 1-5, S1} + V_{EG, SDE+HWE 1-5, S2}$	Nm ³
-----------------------------	---	---	-----------------

Der Spitzendampferzeuger und Heißwassererzeuger 1 bis 5 haben jeweils einen Betriebsgaszähler.

$V_{EG, SDE+HWE 1-5, Betrieb}$	=	$V_{EG, HWE 1-5, Betrieb} + V_{EG, SDE, Betrieb}$	Nm ³
--------------------------------	---	---	-----------------

Mit deren Hilfe wird der mit den geeichten Zählern erfasste Gasverbrauch auf den Spitzendampferzeuger und die Heißwassererzeuger 1 bis 5 aufgeteilt.

$V_{EG, SDE, Norm}$	=	$V_{EG, SDE+HWE 1-5, S1+2} * V_{EG, SDE, \%}$	Nm^3
---------------------	---	---	--------

Die Erdgasbrennstoffwärme ergibt sich aus:

$W_{Br_EG_SDE}$	=	$(V_{EG, SDE, Norm} * H_{i_EG}) / 1000$	MWh_w
-------------------	---	--	---------

Heizöl EL (Spitzendampferzeuger)

Die Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers aus dem Reservebrennstoff Heizöl EL wird mit einem Betriebszähler separat erfasst. Die Überprüfung dieses Verbrauchs kann über die Tankanzeige und die Frachtpapiere der Tankfahrzeuge erfolgen.

Die Heizöl EL Brennstoffwärme ergibt sich aus:

$W_{Br_HEL_SDE}$	=	$V_{HEL, SDE, Betriebszähler} * H_{i_HEL}$	MWh_w
--------------------	---	---	---------

Die gesamte Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers ergibt sich aus:

W_{Br_SDE}	=	$W_{Br_EG_SDE} + W_{Br_HEL_SDE}$	MWh_w
---------------	---	--------------------------------------	---------

Die Aufteilung der Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers in ungekoppelte und gekoppelte Brennstoffwärme wird wie folgt realisiert.

ungekoppelte Brennstoffwärme (Spitzendampferzeuger)

Die ungekoppelte Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers ergibt sich aus:

W_{th_SDE}	=	$Q_{th_Red_SDE} / \zeta_{SDE}$ Der durchschnittliche Anlagennutzungsgrad des Spitzendampferzeugers ζ_{SDE} wird mit 0,92 angesetzt.	MWh_w
---------------	---	--	---------

Die über die Reduzierung ausgekoppelte Nutzwärme vom Spitzendampferzeuger ergibt sich aus:

$Q_{th_Red_SDE}$	=	$(h_{FD} - h_{Kond}) \cdot V_{FD_Red_SDE}$	MWh _{th}
h_{FD}	=	Frischdampfenthalpie 46 bar(a); 430°C	kJ/kg
h_{Kond}	=	Kondensatenthalpie nach Heiko 2 bar(a); 90°C	kJ/kg
$V_{FD_Red_SDE}$	=	Frischdampf vom SDE zur Reduzierung	kg/s

gekoppelte Brennstoffwärme (Spitzendampferzeuger)

Die gekoppelte Brennstoffwärme des Spitzendampferzeugers ergibt sich aus:

W_{KWK_SDE}	=	$W_{Br_SDE} - W_{th_SDE}$	MWh _w
----------------	---	-----------------------------	------------------

3.3.3 KWK-Brennstoffwärme

Die KWK-Brennstoffwärme ergibt sich aus der Summe der KWK-Brennstoffwärme der Gasturbine und der KWK-Brennstoffwärme des Spitzenlastdampferzeugers.

W_{KWK}	=	$W_{KWK_GT} + W_{KWK_SDE}$	MWh _w
-----------	---	------------------------------	------------------

3.3.4 Brennstoffwärme der Heißwassererzeuger 1-5 (Erdgas, Heizöl EL)

Die Brennstoffwärme der Heißwassererzeuger resultiert aus dem Hauptbrennstoff Erdgas und dem Reservebrennstoff Heizöl EL. Diese ist vollständig ungekoppelte Brennstoffwärme.

Erdgas (Heißwassererzeuger)

Die Heißwassererzeuger 1 bis 5 und der Spitzendampferzeuger werden über zwei Schienen in der Erdgasübergabestation 2 (Standort: Weststraße) versorgt. Die Brennstofffassung erfolgt als Summenmessung durch eine geeichte Verrechnungsmessung je Schiene.

$V_{EG_SDE+HWE\ 1-5_S1+2}$	=	$V_{EG_SDE+HWE\ 1-5_S1} + V_{EG_SDE+HWE\ 1-5_S2}$	Nm ³
------------------------------	---	---	-----------------

Der Spitzendampferzeuger und Heißwassererzeuger 1 bis 5 haben jeweils einen Betriebsgaszähler.

$V_{EG_SDE+HWE\ 1-5_Betrieb}$	=	$V_{EG_HWE\ 1-5_Betrieb} + V_{EG_SDE_Betrieb}$	Nm ³
---------------------------------	---	--	-----------------

Mit deren Hilfe wird der mit den geeichten Zählern erfasste Gasverbrauch auf die Heißwassererzeuger 1 bis 5 und den Spitzendampferzeuger aufgeteilt.

$V_{EG_HWE\ 1-5_Norm}$	=	$V_{EG_SDE+HWE\ 1-5_S1+2} * V_{EG_HWE\ 1-5_ \%}$	Nm ³
--------------------------	---	--	-----------------

Die Erdgasbrennstoffwärme ergibt sich aus:

$W_{th_HWE\ 1-5_EG}$	=	$(V_{EG_HWE\ 1-5_Norm} * H_{i_EG}) / 1000$	MWh _W
------------------------	---	---	------------------

Heizöl EL (Heißwassererzeuger)

Die Brennstoffwärme der Heißwassererzeuger aus dem Reservebrennstoff Heizöl EL wird mit einem Betriebszähler separat erfasst. Die Überprüfung dieses Verbrauchs kann über die Tankanzeige und die Frachtpapiere der Tankfahrzeuge erfolgen.

Die Heizöl EL Brennstoffwärme ergibt sich aus:

$W_{th_HWE\ 1-5_HEL}$	=	$V_{HEL_HWE\ 1-5_Betriebszähler} * H_{i_HEL}$	MWh _W
-------------------------	---	--	------------------

Die gesamte Brennstoffwärme der Heißwassererzeuger ergibt sich aus:

$W_{th_HWE\ 1-5}$	=	$W_{th_HWE\ 1-5_EG} + W_{th_HWE\ 1-5_HEL}$	MWh _W
--------------------	---	--	------------------

3.4 Ermittlung der Nutzwärme (Erdgas-KWK-Scheiben)

3.4.1 Nettowärmeerzeugung

Die Nettowärmeerzeugung ergibt sich aus der Differenz der Messwerte der Fernwärmeerzeugung und der Rückkühlwärme des Hilfskühlers.

Q_{Bne}	=	$Q_{Bbr_FW} - Q_{B_HiKü}$	MWh_{th}
Q_{Bbr_FW}	=	Fernwärmeerzeugung gesamt HKW-Dessau	MWh_{th}
$Q_{B_HiKü}$	=	Fernwärmerückkühlung im Hilfskühler	MWh_{th}

3.4.2 ungekoppelte Nettowärmeerzeugung

Die ungekoppelte Nettowärmeerzeugung ergibt sich wie folgt aus der Summe der einzelnen ungekoppelten Wärmeanteile.

Q_{Bne_th}	=	$Q_{th_Red_RBK1+2} + Q_{th_Red_SDE} + Q_{th_HWE\ 1-5} + Q_{th_E-HWE}$	MWh_{th}
$Q_{th_Red_RBK1+2}$	=	ungekoppelte Wärmeerzeugung über Reduzierung von RBK 1+2 $(h_{FD} - h_{Kond}) * V_{FD_Red_SDE}$	MWh_{th}
$Q_{th_Red_SDE}$	=	ungekoppelte Wärmeerzeugung über Reduzierung vom Spitzendampferzeugers $(h_{FD} - h_{Kond}) * V_{FD_Red_SDE}$	MWh_{th}
$Q_{th_HWE\ 1-5}$	=	ungekoppelte Wärmeerzeugung der Heißwassererzeuger 1-5 $W_{th_HWE\ 1-5} * \zeta_{HWE\ 1-5}$ Der durchschnittliche Anlagennutzungsgrad der Heißwassererzeuger $\zeta_{HWE\ 1-5}$ wird mit 0,90 angesetzt.	MWh_{th}
Q_{th_E-HWE}	=	Messwert ungekoppelte Wärmeerzeugung Elektroheißwassererzeuger	MWh_{th}

3.4.3 gekoppelte Nettowärmeerzeugung

Die gekoppelte Nettowärmeerzeugung ergibt sich wie folgt.

$Q_{\text{Bne_KWK}}$	=	$Q_{\text{Bne}} - Q_{\text{Bne_th}}$	MWh_{th}
-----------------------	---	---------------------------------------	-------------------

Die gekoppelte Nettowärmeerzeugung setzt sich aus den beiden Anteilen Wärme des Fernwärmekos und Wärme aus der Frischdampferzeugung zusammen. Der Wärmeanteil aus der gesamten Frischdampferzeugung ergibt sich wie folgt.

$Q_{\text{Bne_KWK_FD_Gesamt}}$	=	$Q_{\text{Bne_KWK}} - Q_{\text{Bne_Eko-AHK}}$	MWh_{th}
$Q_{\text{Bne_Eko-AHK}}$	=	Messwert Fernwärme-Eko Abhitzeessel	MWh_{th}

Die Zuordnung der Anteile der Erdgas-KWK-Scheiben an der gekoppelten Nettowärmeerzeugung ergibt sich wie folgt.

Anteil GuD-Scheibe

Der Anteil der GuD-Scheibe ergibt sich aus der Wärme des Fernwärme-Ekos und aus dem Anteil der Frischdampferzeugung.

$Q_{\text{Bne_KWK_AHK}}$	=	$Q_{\text{Bne_Eko-AHK}} + Q_{\text{Bne_KWK_FD_AHK}}$	MWh_{th}
$Q_{\text{Bne_Eko-AHK}}$	=	Messwert Fernwärme-Eko Abhitzeessel	MWh_{th}
$Q_{\text{Bne_KWK_FD_AHK}}$	=	$Q_{\text{Bne_KWK_FD_Gesamt}} \cdot V\%_{\text{FD_AHK}}$ relative Zuordnung erfolgt über den Anteil an der Frischdampferzeugung	MWh_{th}

Anteil SDE-Scheibe

Der Anteil der SDE-Scheibe ergibt sich aus dem Anteil der Frischdampferzeugung.

$Q_{\text{Bne_KWK_SDE}}$	=	$Q_{\text{Bne_KWK_FD_SDE}}$	MWh_{th}
$Q_{\text{Bne_KWK_FD_SDE}}$	=	$Q_{\text{Bne_KWK_FD_Gesamt}} \cdot V\%_{\text{FD_SDE}}$ relative Zuordnung erfolgt über den Anteil an der Frischdampferzeugung	MWh_{th}

3.5 Ermittlung der Stromerzeugung

3.5.1 Bruttostromerzeugung

Die Bruttostromerzeugung des HKW-Dessau wird durch drei Verrechnungsmessungen bilanziert.

A_{Bbr}	=	$A_{Bbr_GT} + A_{Bbr_GD-DT\ 1} + A_{Bbr_GD-DT\ 2}$	MWh _{el}
$A_{Bbr_GT} = A_{Bne_Netz_GT}$	=	Bruttostromerzeugung GT (Verrechnungsmessung GT)	MWh _{el}
$A_{Bbr_GD-DT\ 1}$	=	Bruttostromerzeugung GD-DT1 (Generatorleistung GD-DT1)	MWh _{el}
$A_{Bbr_GD-DT\ 2}$	=	Bruttostromerzeugung GD-DT2 (Generatorleistung GD-DT2)	MWh _{el}

Aufteilung der Bruttostromerzeugung der Dampfturbinen (auslegungsbezogen)

Die auslegungsbezogene Bruttostromerzeugung ergibt sich aus der Multiplikation der Frischdampfleistung der jeweiligen Kraftwerksscheibe und der auslegungsspezifischen Kennzahl für das Verhältnis von Brutto-Stromerzeugung zur Frischdampfleistung.

Bruttostromerzeugung Frischdampf Abhitze- kessel (AHK)	=	$V_{FD_AHK_HD} * a_{br_KWK-DT_AHK}$	MWh _{el}
Bruttostromerzeugung Frischdampf Spitzen- dampfzeuger (SDE)	=	$V_{FD_SDE_HD} * a_{br_KWK-DT_SDE}$	MWh _{el}
Bruttostromerzeugung Frischdampf Rohbraun- kohlekessel (RBK)	=	$V_{FD_RBK_HD} * a_{br_KWK-DT_RBK}$	MWh _{el}

Die auslegungsspezifischen Kennzahlen für das Verhältnis von Brutto-Stromerzeugung der Gegendruckdampfturbinen zur Frischdampferzeugung der jeweiligen Kraftwerksscheibe wurden aus dem Auslegungslastpunkt 4 abgeleitet.

$a_{br_KWK-DT_AHK}$	=	208,9	kWh_{el} / t_{FD}
$a_{br_KWK-DT_SDE}$	=	179,9	kWh_{el} / t_{FD}
$a_{br_KWK-DT_RBK}$	=	179,9	kWh_{el} / t_{FD}

Aus den ermittelten Werten für die Brutto-Stromerzeugung werden die relativen Werte abgeleitet.

Aufteilung der KWK-Bruttostromerzeugung der Dampfturbinen (arbeitsbezogen)

Die reale arbeitsbezogene Brutto-Stromerzeugung der jeweiligen Kraftwerksscheibe ergibt sich aus der Multiplikation der gemessenen Brutto-Stromerzeugung der beiden Gegendruckdampfturbinen mit dem relativen Wert der auslegungsbezogenen Brutto-Stromerzeugung.

$A_{Bbr_DT_AHK}$ Bruttostromerzeugung Frischdampf Abhitzeke- sel (AHK)	=	$(A_{Bbr_GD-DT\ 1} + A_{Bbr_GD-DT\ 2}) * a_{br_KWK-DT_AHK_ \%}$	MWh_{el}
$A_{Bbr_DT_SDE}$ Bruttostromerzeugung Frischdampf Spitzen- dampferzeuger (SDE)	=	$(A_{Bbr_GD-DT\ 1} + A_{Bbr_GD-DT\ 2}) * a_{br_KWK-DT_SDE_ \%}$	MWh_{el}
$A_{Bbr_DT_RBK}$ Bruttostromerzeugung Frischdampf Rohbraun- kohlekessel (RBK)	=	$(A_{Bbr_GD-DT\ 1} + A_{Bbr_GD-DT\ 2}) * a_{br_KWK-DT_RBK_ \%}$	MWh_{el}

3.5.2 Stromeigenbedarf der Erdgas-KWK-Scheiben

Der Stromeigenbedarf der Erdgas-KWK-Scheiben wird separat gemessen.

$A_{B_Eig_EG-KWK-Scheiben}$	=	$A_{B_Eig_EG-KWK1} + A_{B_Eig_EG-KWK2}$	MWh _{el}
$A_{B_Eig_EG-KWK1}$	=	Messung Eigenbedarf KT 1 (Erdgas-KWK-Scheiben)	MWh _{el}
$A_{B_Eig_EG-KWK2}$	=	Messung Eigenbedarf KT 2 (Erdgas-KWK-Scheiben)	MWh _{el}

Die Aufteilung des Stromeigenbedarfs auf die Erdgas-KWK-Scheiben erfolgt relativ zum Anteil der Brutto-Stromerzeugung. Zuvor wird der Eigenbedarfsanteil der Gasturbine in Höhe von 2% der Brutto-Stromerzeugung der Gasturbine abgezogen.

$A_{B_Eig_EG-KWK-Scheiben}$ Summe Stromeigenbedarf EG-KWK-Scheiben	=	$A_{B_Eig_GT} + A_{B_Eig_AHK} + A_{B_Eig_SDE}$	MWh _{el}
$A_{B_Eig_GuD}$ Stromeigenbedarf (KWK-Scheibe GuD)	=	$A_{B_Eig_GT} + A_{B_Eig_AHK}$	MWh _{el}

3.5.3 Nettostromerzeugung der Erdgas-KWK-Scheiben

Die vorläufige KWK-Nettostromerzeugung wird aus der Bruttostromerzeugung und dem Stromeigenbedarf der Erdgas-KWK-Scheiben ermittelt.

$A_{Bne_EG-KWK-Scheiben}$	=	$A_{Bne_GuD} + A_{Bne_SDE}$	MWh _{el}
A_{Bne_GuD}	=	$(A_{Bbr_GT} - A_{B_Eig_GT}) + (A_{Bbr_DT_AHK} - A_{B_Eig_AHK})$	MWh _{el}
A_{Bne_SDE}	=	$A_{Bbr_DT_SDE} - A_{B_Eig_SDE}$	MWh _{el}

3.6 Ermittlung des KWK-Nutzungsgrades

In diesem Schritt erfolgt die Ermittlung des Brennstoffnutzungsgrades und der Vergleich mit dem KWK-Nutzungsgradpotential gemäß Anlage 2 FW 308.

Der Brennstoffnutzungsgrad wird für die beiden Erdgas-KWK-Scheiben separat berechnet.

$\zeta_{ne_KWK_GuD}$	=	$(A_{Bne_GuD} + Q_{Bne_KWK_AHK}) / W_{KWK_GT}$	
$\zeta_{ne_KWK_SDE}$	=	$(A_{Bne_SDE} + Q_{Bne_KWK_SDE}) / W_{Br_SDE}$	

Das KWK-Nutzungsgradpotential gemäß Anlage 2 FW 308 beträgt für beide Erdgas-KWK-Scheiben $\zeta_{ne_KWK^*} = 80,0\%$.

3.7 Ermittlung der vorläufigen KWK-Nettostromerzeugung und der vorläufigen KWK-Brennstoffwärme

Falls der berechnete Brennstoffnutzungsgrad kleiner als das KWK-Nutzungsgradpotential ist, wird eine anteilige „Kond.-Stromerzeugung“ vermutet und es muss eine Korrekturberechnung zur Ermittlung der vorläufigen KWK-Nettostromerzeugung und der vorläufigen KWK-Brennstoffwärme erfolgen.

$A_{Bne_KWK_GuD,v}$	=	$(\zeta_{ne,KWK_GuD} - \zeta_{ne,el_GuD}) / (\zeta_{ne,KWK^*} - \zeta_{ne,el_GuD}) * A_{Bne_GuD,v}$	MWh _{el}
$W_{KWK_GuD,v}$	=	$(\zeta_{ne,KWK_GuD} - \zeta_{ne,el_GuD}) / (\zeta_{ne,KWK^*} - \zeta_{ne,el_GuD}) * W_{KWK_GT}$	MWh _w

Dabei ist der elektrische Nutzungsgrad der KWK-Scheibe-GuD.

$\zeta_{ne_el_GuD}$	=	A_{Bne_GuD} / W_{KWK_GT}	
-----------------------	---	------------------------------	--

Die gleiche Berechnung erfolgt für die Erdgas-KWK-Scheibe Spitzendampfzeuger (SDE) mit Entnahme-Gegendruckdampfturbinen.

3.8 Ermittlung der vorläufigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer

In diesem Schritt erfolgt die Ermittlung der vorläufigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer und der Vergleich mit der leistungsbezogenen Stromkennzahl im Auslegungszustand der KWK-Scheibe.

$\sigma_{ne_KWK_GuD,A,v}$	=	$A_{Bne_KWK_GuD,v} / Q_{Bne_KWK_AHK}$	
$\sigma_{ne_KWK_SDE,A,v}$	=	$A_{Bne_KWK_SDE,v} / Q_{Bne_KWK_SDE}$	

3.9 Ermittlung der endgültigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer

Der Vergleich der vorläufigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer mit der leistungsbezogenen Stromkennzahl im Auslegungszustand der KWK-Scheibe ergibt die endgültige arbeitsbezogene KWK-Stromkennziffer.

Die leistungsbezogene Stromkennzahl im Auslegungszustand wurde für beide Erdgas-KWK-Scheiben anhand des Auslegungslastpunktes 4 ermittelt.

$\sigma_{ne_KWK_GuD}$	=	1,02	
$\sigma_{ne_KWK_SDE}$	=	0,29	

Für den Fall, das die vorläufige arbeitsbezogene KWK-Stromkennziffer größer als die leistungsbezogene Stromkennzahl im Auslegungszustand der KWK-Scheibe ist, dann ist die endgültige arbeitsbezogene KWK-Stromkennziffer gleich der leistungsbezogenen Stromkennzahl im Auslegungszustand.

$\sigma_{ne_KWK_GuD,A}$	=	$\sigma_{ne_KWK_GuD}$	
$\sigma_{ne_KWK_SDE,A}$	=	$\sigma_{ne_KWK_SDE}$	

Sonst ist die endgültige arbeitsbezogene KWK-Stromkennziffer gleich der vorläufigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer.

$\sigma_{ne_KWK_GuD,A}$	=	$\sigma_{ne_KWK_GuD,A,v}$	
---------------------------	---	-----------------------------	--

$\sigma_{ne_KWK_SDE,A}$	=	$\sigma_{ne_KWK_SDE,A,v}$	
---------------------------	---	-----------------------------	--

3.10 Ermittlung der endgültigen KWK-Brennstoffwärme

In den Fällen, in denen die vorläufige arbeitsbezogene KWK-Stromkennziffer größer als die leistungsbezogene Stromkennzahl im Auslegungszustand der KWK-Scheibe ist ($\sigma_{ne_KWK_GuD,A,v} > \sigma_{ne_KWK_GuD}$), ist $\sigma_{ne_KWK_GuD,A,v}$ nicht plausibel. Dann ist die endgültige KWK-Brennstoffwärme wie folgt zu berechnen:

W_{KWK_GuD}	=	$(A_{Bne_KWK_GuD} + Q_{Bne_KWK_AHK}) / \zeta_{ne_KWK}^*$	MWh_{el}
$\zeta_{ne_KWK}^*$	=	KWK-Nutzungsgrad im Auslegungszustand bzw. KWK-Nutzungsgradpotential gemäß FW 308	

Die gleiche Berechnung erfolgt für die Erdgas-KWK-Scheibe Spitzendampferzeuger (SDE) mit Entnahme-Gegendruckdampfturbinen.

3.11 Ermittlung der endgültigen KWK-Netto-Stromerzeugung

Die Ermittlung der endgültigen KWK-Netto-Stromerzeugung der beiden KWK-Scheiben erfolgt mit der endgültigen arbeitsbezogenen KWK-Stromkennziffer.

$A_{Bne_KWK_GuD}$	=	$Q_{Bne_KWK_AHK} * \sigma_{ne_KWK_GuD,A}$	MWh_{el}
$A_{Bne_KWK_SDE}$	=	$Q_{Bne_KWK_SDE} * \sigma_{ne_KWK_SDE,A}$	MWh_{el}

3.12 Einspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung

Bis auf den Stromeigenbedarf wird der gesamte erzeugte KWK-Strom in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist

4 Nachweis der Hocheffizienz

Im Weiteren erfolgt die Berechnung der Primärenergieeinsparung (PEE) und der Nachweis über die Hocheffizienz im Sinne der RL 2012/27/EU für KWK-Anlagen für die folgende Erdgas-KWK-Scheibe:
GT + AHK + SDE + EGD-DT

4.1 Grundlagen (Hocheffizienz)

- Richtlinie **2012/27/EU** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG
- Delegierte Verordnung (EU) 2015/2402 der Kommission vom 12. Oktober 2015 zur Überarbeitung der harmonisierten Wirkungsgrad-Referenzwerte für die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme gemäß der Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Durchführungsbeschlusses 2011/877/EU der Kommission
- AGFW- Arbeitsblatt FW 308 „Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes“ (Stand: September 2015)

Der Nachweis der Hocheffizienz erfolgt auf der Grundlage der harmonisierten Wirkungsgrad-Referenzwerte für die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme. Die harmonisierten Wirkungsgrad-Referenzwerte werden mit Hilfe von Korrekturfaktoren auf die örtlichen Verhältnisse angepasst. Damit kann die Primärenergieeinsparung (PEE) der KWK-Anlage gegenüber den vordefinierten Referenzsystemen der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung ermittelt werden.

Die Höhe der Primärenergieeinsparung wird gemäß der EU-Energieeffizienzrichtlinie nachfolgender Formel berechnet:

$$PEE = 1 - \frac{1}{\zeta_{ne_th_EG-KWK-Scheiben} / \zeta_{Ref_Q} + \zeta_{ne_el_EG-KWK-Scheiben} / \zeta_{Ref_A}}$$

$\zeta_{ne_th_EG-KWK-Scheiben}$ = Wärmewirkungsgrad der KWK-Erzeugung = Q_{Bne_KWK} / W_{KWK}

$\zeta_{ne_el_EG-KWK-Scheiben}$ = elektr. Wirkungsgrad der KWK-Erzeugung = A_{Bne_KWK} / W_{KWK}

ζ_{Ref_Q} = Wirkungsgradreferenzwert für die getrennte Wärmeerzeugung

ζ_{Ref_A} = Wirkungsgradreferenzwert für die getrennte Stromerzeugung inkl. Korrekturen

Im Rahmen der Richtlinie **2012/27/EU** muss hocheffiziente KWK folgende Kriterien erfüllen:

- die KWK-Erzeugung in KWK-Blöcken ($\geq 1 \text{ MW}_{\text{el}}$) ermöglicht Primärenergieeinsparungen von mindestens 10 % im Vergleich zu den Referenzwerten für die getrennte Strom- und Wärme-erzeugung.

4.2 Ergebnisse und Bewertung – Erdgas-KWK-Scheibe (GT+AHK+ E-GD-DT)

Die Berechnung KWK-Bilanzen und der Primärenergieeinsparung für die Erdgas-KWK-Scheiben ist in der **Anlage 4-1** enthalten.

Der geforderte Schwellenwert für den Gesamt-Wirkungsgrad nach der EU-Energieeffizienzrichtlinie (Brutto-Nutzungsgrad-Potential) $\zeta_{\text{br_KWK}} = 80,0 \%$ wird eingehalten. Die Primärenergieeinsparung in den **3 Bilanzmonaten** seit der Modernisierung beträgt: $\text{PEE} = 17,3 \%$, d.h. $> 10 \%$.

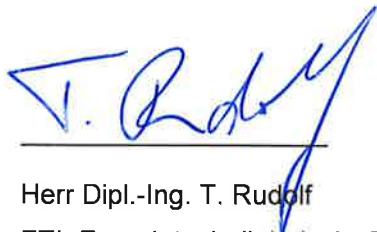
Fazit:

Die Erdgas-KWK-Scheibe ist nach den Kriterien der EU-Energieeffizienzrichtlinie hocheffizient!

5 Erklärung des Sachverständigen

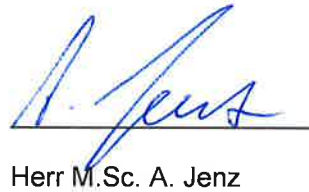
Der Anlagenbetreiber und der Sachverständige haben die Angaben nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Der Sachverständige hat bei der Auswahl des Nachweisverfahrens, entsprechend der vorhandenen Daten und Messeinrichtungen, den Weg festgelegt, der die höchstmögliche Genauigkeit garantiert.

Leipzig, den 31.01.2019



Herr Dipl.-Ing. T. Rudolf
ETL Energietechnik Leipzig GmbH
- Beratende Ingenieure -
Geschäftsführer

Leipzig, den 31.01.2019



Herr M.Sc. A. Jenz
ETL Energietechnik Leipzig GmbH
- Beratende Ingenieure -
Projektingenieur

Anlagen

Nr.	Bezeichnung / Inhalt
1	2-1 vereinfachtes Wärmeschaltbild
2	2-2 Darstellung relevante Erdgas-KWK-Scheibe
3	2-3 Brennstoffsystem
4	2-4 elektrotechnisches Schema
5	2-5 Messstellenliste
6	2-6 Hauptaggregatliste
7	3-1 leistungsbezogene Stromkennzahlen der KWK-Scheiben
8	3-2 Auslegungslastfallberechnung ABB Lastpunkt 4
9	4-1 Berechnung KWK-Bilanzen und der Primärenergieeinsparung