

10 Energiebilanz

Inhaltsverzeichnis

1	Antrag und Kurzbeschreibung	
2	Standort und Umgebung der Anlage	
3	Anlagen- und Betriebsbeschreibung	
4	Baubeschreibung	
5	Gehandhabte Stoffe	
6	Luftreinhaltung / Emissionen	
7	Lärm- und Erschütterungsschutz, Lichtwirkung, elektromagnetische Felder	
8	Anlagensicherheit	
9	Abfälle	
10	Energiebilanz	
10.1	Allgemeines	10-4
10.2	Kosten-Nutzen-Vergleich-Verordnung (KNV-V)	10-5
10.3	Energieeinsatz	10-6
10.3.1	Ermittlung der Betriebszeiten	10-6
10.3.2	Brennstoffbedarf	10-6
10.4	Wärmenutzung.....	10-8
10.4.1	Wärmenutzung extern	10-8
10.4.2	Wärmenutzung intern	10-8
10.4.3	Wärmerückgewinnung intern.....	10-9
10.4.4	Erzeugung und Auskopplung von elektrischer Energie	10-10
10.5	Nicht nutzbare Wärme	10-11
10.6	Anlagenwirkungsgrad.....	10-12
10.6.1	Anlagenwirkungsgrad im Jahresmittel.....	10-12
10.6.2	Anlagenwirkungsgrad im Bestpunkt für den Biomassekessel.....	10-12
10.7	Zeichnungen	10-13
10.8	Berechnungen.....	10-14
11	Ausgangszustand des Anlagengrundstücks, Betriebseinstellung	
12	Arbeitsschutz	
13	Wasser- / Abwasserhaushalt / Wassergefährdende Stoffe	
14	Angaben zu Natur- und Landschaft, Landespflege	
15	Angaben zur Umweltverträglichkeit nach UVPG	
16	Weitere Genehmigungen und andere behördliche Entscheidungen gemäß § 13 BImSchG	
17	Anlagen	

Zugehörige Zeichnungen

- Energiebilanz Wasser-Dampf-Kreislauf – Jahresprognose 2018 1933-P-SC-WDK-01

Zugehörige Formulare

- keine

Zugehörige Gutachten

- keine

Zugehörige Berechnungen

Anlage 1	Ermittlung des KWK-Stromanteils – Jahresprognose auf Basis 2018 für das BMHKW	10-14
Anlage 2	Ermittlung der Primärenergieeinsparung für den Hocheffizienznachweis nach EU-KWK-Richtlinie – Jahresprognose auf Basis 2018	10-14
Anlage 3	Ermittlung des Primärenergiefaktors – Jahresprognose auf Basis 2018.....	10-14

10.1 Allgemeines

Einer der wesentlichen Gründe für die Errichtung des Biomasse-Heizkraftwerkes ist die Versorgung der Boehringer Ingelheim mit Prozess- und Heizdampf.

Der Betrieb des Biomasse-Kessels ist kontinuierlich über 8.400 Volllaststunden mit Nennlast (Feuerungswärmeleistung = Brennstoffwärmeleistung = 55 MW) vorgesehen. Während der Revision des Biomasse-Kessels wird die Wärmeversorgung mit Erdgas betriebenen Spitzenlast- / Reservekesseln (installiert 4 x 24 MW = 96 MW) gesichert. Diese Kessel dienen auch der Absicherung der Spitzenlast im Dampfbedarf. Die Reserve- / Spitzenlastkessel können alternativ mit Heizöl EL betrieben werden.

Der derzeitige Bedarf an Prozess- und Heizdampf bei Boehringer Ingelheim beträgt ca. 300.000 t/a. Davon werden ca. 264.000 t/a auf der Druckstufe von 1,6 barü und ca. 34.000 t/a auf der Druckstufe von 15 barü benötigt.

Der Biomassekessel ist als Hochdruckkessel mit einem Dampfdruck von 40 bar ausgeführt. Dieser Dampf wird in einer Entnahme-Kondensations-Turbine zur Erzeugung von elektrischer Energie im sogenannten KWK-Betrieb (Kraft-Wärme-Kopplung) bis auf etwa 0,09 bis 0,15 bara, je nach Umgebungsbedingungen, entspannt. Der Dampf für die Versorgung von Boehringer und ein Teil des Kraftwerkseigenbedarfes wird bei ca. 15 barü und 1,6 barü aus der Turbine entnommen, der Rest wird im Kondensationsteil der Turbine bis auf Abdampfzustand entspannt.

Der erzeugte Strom wird nach Abzug des Kraftwerkseigenbedarfes zur Deckung des Strombedarfes von Boehringer Ingelheim am Standort verwendet. Eine Ausspeisung in das EVU-Netz ist technisch möglich.

Die im Folgenden erläuterten Energieströme sind im Schema "Bilanzkreis Gesamtanlage" Zeichnung Nr.: 1933-P-SC-WDK-01 dargestellt.

Die Mengenangaben in diesem Schema und der nachfolgenden Beschreibung beziehen sich auf den in Kapitel 5 definierten Betriebsfall A für den Einsatz der Reserve- / Spitzenlastkessel sowie auf den Lastgang / Energiebedarf 2018 von Boehringer, der die Betriebszeit als auch den Fahrweise der einzelnen Kesselanlagen berücksichtigt.

10.2 Kosten-Nutzen-Vergleich-Verordnung (KNV-V)

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Errichtung oder Modernisierung einer Anlage zur Erzeugung von Strom oder Wärme mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW (in einem bestehenden Fernwärmenetz) ist eine Wirtschaftlichkeitsanalyse nach § 6 KNV-V einschließlich des Kosten-Nutzen-Vergleich vorzulegen (§3 Abs. 1 KNV-V).

Alternativ ist darzulegen, dass keine zur Anbindung geeigneten Anlagen ermittelt werden (§5 Abs. 4), in diesem Fall ist eine Wirtschaftlichkeitsrechnung nach § 6 KNV-V nicht erforderlich.

Das Vorhaben besteht aus den Komponenten Biomassekessel und Spitzenlast- und Reservekessel.

Die KWK-Anlage besteht aus einem Biomassekessel mit einer nachgeschalteten Dampfturbine. Die Feuerungswärmeleistung des Biomassekessels beträgt 55 MW. Wie die beigefügte Berechnung (s. Anlage 2) zeigt, handelt es sich bei dem geplanten Biomasse-HKW um eine hocheffiziente KWK-Anlage. Der Kondensationsteil der Dampfturbine ist erforderlich, um Spitzenlasten in der Wärmeversorgung im Werksnetz ausgleichen zu können.

Es findet eine hocheffiziente Abwärmenutzung statt. Damit fällt das BMHKW nicht in den Anwendungsbereich der KNV-V.

Die anderen Kesselanlagen dienen der Besicherung bei Ausfall des Biomasse-Kessels und der Spitzenlastabdeckung bei hohen Wärmelasten. Da der Biomasse-Kessel über eine Betriebszeit von 8400 h/a zur Verfügung stehen soll, ist der Anteil der Reserve- / Spitzenlastkessel an der Wärmeversorgung sehr niedrig. Auf Grund der kurzen Betriebszeiten und der wesentlich höheren Investitionskosten für einen Hochdruck-Dampferzeuger, der wie der Biomassekessel ebenfalls die Dampfturbine versorgen könnte, wird keine Rentabilität erreicht. Die erforderliche Investition beträgt ca. das 8-fache gegenüber dem erzielbaren Barwertfaktor über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Auf Grund der großen Diskrepanz wurde die Ausführung einer der Kessel als Hochdruckvariante nicht weiterverfolgt.

Darüber hinaus kann die Versorgung Dritter über diese Kessel nicht erfolgen, da diese bei Ausfall des Biomassekessels mit entsprechender Redundanz der Werksversorgung Boehringer dienen. Somit steht keine gesicherte Wärmeversorgung für die Versorgung Dritter zur Verfügung.

10.3 Energieeinsatz

10.3.1 Ermittlung der Betriebszeiten

Auf Grundlage des Energiebedarfes von 2018 wurden der Betrieb des Biomasse-HKW und der Reservekessel mit Stundenwerten simuliert. Dieser Lastgang spiegelt wider, dass der Biomasse-Kessel nicht durchgehend mit Volllast betrieben wird, da eine Stromauspeisung in das öffentliche Netz vermieden werden soll.

Die Betriebszeit der Reserve- / Spitzenlastkessel wurde mit $8.760 \cdot 8.400 \text{ h/a} = 360 \text{ h/a}$ angesetzt. Für den Lastgang wurde somit angenommen, dass die Reserve-/ Spitzenlastkessel den Dampfbedarf mit 4,1 % des Jahresbedarfes decken.

10.3.2 Brennstoffbedarf

In der Energiezentrale werden somit folgende Brennstoffe eingesetzt:

Bezeichnung	Wärmeleistung [MWh/a]
Feste Brennstoffe	
- Biomasse (Altholz)	459.358
- Trester	in Biomasse enthalten
Gasförmige Brennstoffe	
- Erdgas Biomasse-Kessel	(4.400)
- Erdgas Reservekessel	11.560
- Erdgas Spitzenlastkessel	456
Flüssige Brennstoffe	
- Heizöl EL Reservekessel (5 % vom Erdgas)	578
- Heizöl EL Spitzenlastkessel (5 % vom Erdgas)	23
- Heizöl EL / Diesel für Notstromdiesel 12 Vbh/NSD	(402)
Summe	471.975

Die Einsatzmengen für Heizöl EL sowie alternativ Erdgas für die Zünd- und Stützbrenner wurden abgeschätzt. Diese Mengen unterliegen je nach Betriebsverhalten des Biomasse-Kessels Schwankungen. Diese Mengen werden in der Energiebilanz nicht aufsummiert, da diese den Energieeinsatz der Biomasse substituieren.

Das Heizöl EL / Diesel für den Notstromdiesel wird für turnusmäßige Probeläufe und ggf. erforderlichen Notstrombetrieb eingesetzt. Diese Menge ergibt sich aus den monatlichen Probeläu-

fen (jeweils 1 h) für die einzelnen Aggregate. Der erzeugte Strom ist nicht berücksichtigt, die Energiemenge wird nicht bilanziert.

Im Normalbetrieb werden keine weiten Energien von außerhalb des Bilanzkreises eingesetzt, da der Eigenstrombedarf durch die Eigenstromerzeugung gedeckt wird und keine externen Wärmeerzeuger vorhanden sind, die in den Bilanzkreis der Gesamtanlage eingehen.

10.4 Wärmenutzung

10.4.1 Wärmenutzung extern

Boehringer Ingelheim benötigt Wärme in Form von Prozess- und Heizdampf:

- mit MD-Dampf¹ betriebene Produktionsprozesse
- mit ND-Dampf² betriebene Produktionsprozesse und Gebäudeheizungen

Unter Berücksichtigung der Druckverluste wird der MD-Dampf mit einem Druck von 15...20 barü aus der Dampfturbine entnommen, der ND-Dampf aus einer geregelten Entnahme bei 1,6 barü. Um den Kondensatanfall im Rohrleitungsnetz bei Boehringer so gering wie möglich zu halten, wird der Dampf überhitzt (mit 240 bzw. 140 °C) in das Netz eingespeist.

Der Wärmebedarf von Boehringer für die o.g. Verbraucher beträgt derzeit etwa:

Verbraucher	Dampfmenge [t/a]	Wärmebedarf [MWh/a]
- MD-Dampf	34.227	24.730
- ND-Dampf	263.556	179.399
Summe	297.764	204.129

Bei den angegebenen Wärmemengen sind die Wärmehalte der rücklaufenden Kondensate berücksichtigt, d.h. es handelt sich um die verbrauchte Wärme. Der Prozessdampf wird im Werk teilweise verbraucht, es wird mit einem mittleren Kondensatrücklauf von 50 % gerechnet.

10.4.2 Wärmenutzung intern

Das Heizkraftwerk nutzt einen Teil des erzeugten Dampfes für interne Prozesse, die - da regenerativ - den Wirkungsgrad der Gesamtanlage erhöhen.

Im Wesentlichen werden mit Prozessdampf folgende Verbraucher versorgt:

- mit HD-Dampf betriebener DaGaVo
- mit ND-Dampf betriebene Speisewasservorwärmung (im Speisewasserbehälter)

Der DaGaVo bezieht den Dampf direkt aus der Dampftrommel als HD-Dampf, um das Rauchgas auf die für den Betrieb des SCR-Katalysators erforderliche Temperatur aufzuheizen.

Interne MD-Dampfverbraucher sind derzeit nicht vorgesehen. Mit ND-Dampf wird das Speisewasser im Speisebehälter aufgeheizt.

¹ MD-Dampf = Mitteldruckdampf - Auslegungsdruck 15 barü

² ND-Dampf = Niederdruckdampf - Auslegungsdruck 1,6 barü

Der Wärmebedarf für die o.g. Verbraucher im Heizkraftwerk beträgt in etwa:

Verbraucher	Dampfmenge [t/a]	Wärmebedarf [MWh/a]
- Dampf für DaGaVo	18.012	8.400
- Dampf für Speisewasservorwärmung	52.235	33.419
- Dampf für Vorwärmer und Beheizungen psch	2.000	1.400
Summe	72.247	43.219

Bei den angegebenen Wärmemengen sind die Wärmeinhalte der rücklaufenden Kondensate berücksichtigt, d.h. es handelt sich um die verbrauchte Wärme.

10.4.3 Wärmerückgewinnung intern

Die in den diversen internen Kühlkreisläufen anfallenden Wärmemengen werden, soweit verfahrenstechnisch sinnvoll realisierbar genutzt, um entsprechende Stoffströme vorzuwärmen. Dies betrifft z.B. die Vorwärmung des von Boehringer gelieferten „Rohwassers“ (ROW-Wasser), Kondensatvorwärmung des Luko-Kondensates, Wärmeschaukel zwischen Kondensatrücklauf und Aufwärmung von Rohwasser / Trinkwasser etc.. Weiterhin enthalten ist die Primärluftansaugung aus dem Kesselhaus, so dass der Isolations- / Wärmeverlust von Kessel und Rohrleitungen z.T. genutzt werden können.

Kondensate werden in einem Druckentspanner entspannt, der Entspannungsdampf wird wieder der ND-Dampfschiene zugeführt. Analog wird mit den Kesselabsatzungen verfahren, dieser Entspannungsdampf wird der ND-Dampfschiene zugeführt. So wird eine Wärmenutzung auf höchst möglichem Niveau realisiert.

10.4.4 Erzeugung und Auskopplung von elektrischer Energie

Im Kraft-Wärme-Kopplungsbetrieb wird mit dem Frischdampf aus dem Biomasse-Kessel in der Entnahme-Kondensations-Turbine elektrische Energie erzeugt. Ein Teil wird zu Deckung des Eigenbedarfes des Heizkraftwerkes genutzt, der Rest wird in das Boehringer Werksnetz eingespeist.

Die gewählte Überhitzungstemperatur des Frischdampfes mit 400 °C dient der Vermeidung von Hochtemperaturkorrosion an den Überhitzerheizflächen und somit zur Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit des Biomasse-Kessels.

Die Stromerzeugung und der Strombedarf im Heizkraftwerk betragen etwa:

Benennung	Leistung [kW]	Strommenge [MWh/a]
- Erzeugung Dampfturbine brutto (über 8.400 h/a; Mittelwert, gerundet)	9.903	83.186
- Eigenstrombedarf ca. (über 8.760 h/a)	1.597	13.992
- Nettostromerzeugung (über 8.400 h/a)	8.237	69.194

10.5 Nicht nutzbare Wärme

Im Heizkraftwerk fallen bei den thermischen Prozessen Energieströme an, die am Standort nicht mehr genutzt werden, da die Stoffströme bzw. deren Temperaturniveau eine wirtschaftliche Nutzung nicht ermöglichen.

Es handelt sich hierbei im Normalbetrieb der Anlage im Wesentlichen um

- Verbrennungsabgase aus den Kesselanlagen
- Fühlbare Wärme der Reststoffe, die im Biomasse-Kessel und der Rauchgasreinigungsanlage in Form von Rostaschen, Kesselaschen und Sorptionsreststoff anfallen
- In der Rost- und Kesselasche enthaltener Restkohlenstoff
- Wärmeabstrahlung der Aggregate, die über die Abluft und die Gebäudeabstrahlung in die Umgebung abgegeben werden
- Abwärme aus der Kondensation des Turbinenabdampfes im Luko
- Abwärme aus dem Nebenkühlkreislauf von Turbine und Generator sowie der Probenabnehmerkühler

Die nicht nutzbare Wärme im Heizkraftwerk beträgt etwa:

Stoffstrom	Temperatur [°C]	Wärmemenge [MWh/a]
- Verbrennungsabgase Biomassekessel	140	33.678
- Verbrennungsabgase Reservekessel	140	915
- Wärme und Restkohlenstoffgehalt Reststoffe	30 - 135	400
- Isolationsverlust der Aggregate und Rohrleitungen	20 - 55	5.512
- Abluft aus der Kondensation (Luko)	40 - 50	114.934
Summe		155.439

Isolationsverluste der Rohrleitungen sowie des Biomassekessels werden z.T. über die Verbrennungsluftansaugung aus dem Kesselhaus genutzt, sind somit nicht „verloren“ und dienen der internen Wärmerückgewinnung.

10.6 Anlagenwirkungsgrad

Die nachfolgende Darstellung des Anlagenwirkungsgrades zeigt, dass das Biomasse-Heizkraftwerk eine hocheffiziente Nutzung der in den Brennstoffen enthaltenen Energie ermöglicht. Dies ergibt sich insbesondere dadurch, dass durch die Wärmeversorgung von Boehringer Ingelheim im Jahresmittel 43,2 % der eingesetzten Primärenergie in Form von Wärme genutzt werden kann. Durch den KWK-Betrieb und einen effizienten Wasser-Dampf-Kreislauf wird dieser Wirkungsgrad noch erheblich gesteigert.

10.6.1 Anlagenwirkungsgrad im Jahresmittel

Der Anlagengesamtwirkungsgrad (bzw. auch Brennstoffnutzungsgrad) ist definiert als der Quotient aus genutzter Energie (Wärme + Strom) zu eingesetzter Energie (Brennstoff), wobei in Netto- und Bruttowirkungsgrad unterschieden wird.

Der Wirkungsgrad für den betrachteten Lastgang 2018 (Jahresmittelwerte) beträgt gemäß der vorstehenden Betrachtungen zum Energieeinsatz und der Energienutzung

Gesamtwirkungsgrad (netto)	=	57,9 %
Gesamtwirkungsgrad (brutto)	=	70,0 %

10.6.2 Anlagenwirkungsgrad im Bestpunkt für den Biomassekessel

Der Wirkungsgrad für den Bestpunkt der Anlage ergibt sich unter Berücksichtigung des Betriebes mit maximal möglicher Wärmeauskopplung für Boehringer aus der Dampfturbine. Der Bestpunkt wird dabei auf den Betrieb des Biomassekessels bezogen, da bei Betrieb der Reserve- / Spitzenlastkessel ohne Stromerzeugung höhere Wirkungsgrade (bis zu 90 %) erreichbar sind.

Gesamtwirkungsgrad (netto)	=	74,1 %
Gesamtwirkungsgrad (brutto)	=	86,0 %

10.7 Zeichnungen

Benennung	Zeichnungsnummer	Index	Maßstab	Aktuelles Datum
Energiebilanz – Wasser-Dampf-Kreislauf	1933-P-SC-WDK-01	-	-	30.09.20

10.8 Berechnungen

- Anlage 1 Ermittlung des KWK-Stromanteils – Jahresprognose auf Basis 2018 für das BMHKW
- Anlage 2 Ermittlung der Primärenergieeinsparung für den Hocheffizienznachweis nach EU-KWK-Richtlinie – Jahresprognose auf Basis 2018
- Anlage 3 Ermittlung des Primärenergiefaktors – Jahresprognose auf Basis 2018