

9. Heizkraft- und Kraftwerke

1986 wurde von der dänischen Regierung eine energiepolitische Vereinbarung getroffen, die u.a. vorsah, bis 1995 dezentrale Heizkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 450 MW zu bauen. Die Werke sollten mit heimischen Brennstoffen wie Stroh, Holz, Abfall, Biogas und Erdgas befeuert werden. 1990 wurde von der Regierung eine weitere Vereinbarung über eine stärkere Nutzung von Erdgas und Biobrennstoffen getroffen, in erster Linie durch den Bau neuer Heizkraftanlagen und die Umstellung existierender kohle- und ölbefuehrter Fernwärmeanlagen auf erdgas- und biomassebasierte Kraft/Wärme-Kopplung.

Das Prinzip der Heizkraftwerke

In einem herkömmlichen dampfbasierten kohlebefeierten Kraftwerk mit kondensierendem Betrieb werden ca. 40-45% der Brennstoffenergie in Elektrizität umgewandelt. Die restliche Energie bleibt ungenutzt und verschwindet mit dem Kühlwasser ins Meer und mit dem warmen Rauchgas aus dem Kessel durch den Schornstein in die Atmosphäre.

In einem Gegendruck-Heizkraftwerk erfolgt die Stromerzeugung wie in einem Kraftwerk, allerdings wird die Kondensationswärme des Dampfes nicht mit dem Kühlwasser ins Meer abgeleitet, sondern mit dem kalten Rücklaufwasser aus einem Fernwärmeleitungsnetz gekühlt und dadurch zur Wärmeerzeugung genutzt. Der Vorteil der Kraft/Wärme-Kopplung besteht in der Möglichkeit, bis zu 85-90% der Brennstoffenergie zu nutzen. Davon werden ca. 20-30% als Elektrizität nutzbar gemacht, während aus 55-70% Wärme

entsteht. Somit ergibt sich durch die Kraft/Wärme-Kopplung insgesamt eine bessere Energienutzung, isoliert betrachtet wird die Stromausbeute jedoch etwas geringer.

Ein weiterer Vorzug eines Gegendruck-Heizkraftwerks gegenüber einem Kraftwerk besteht darin, dass zur Kühlung kein Meerwasser benötigt wird. Das Werk lässt sich daher bei größeren Städten (dezentral) plazieren, wo ein ausreichender Fernwärmebedarf besteht und ein Fernwärmenetz vorhanden ist. Der Betrieb eines Heizkraftwerks wird allerdings vom Wärmebedarf des Fernwärmenetzes bestimmt. Bei geringem Wärmebedarf wird auch die Stromerzeugung gering, da das Fernwärmewasser den Dampfkreislauf des Heizkraftwerkes nur begrenzt kühlen kann. Um die Schwankungen der Fernwärmewasserkühlung auszugleichen, werden Heizkraftwerke oftmals mit Wärmespeichern ausgerüstet, die die Wärme in den Zeiträumen mit geringem Fernwärmebedarf speichern.

Der Stromwirkungsgrad der Anlage wird durch ihre Dampfdaten für Druck und Temperatur bestimmt. Mit gleichen Dampfdaten in einem Kohlekraftwerk und einem Biomassekraftwerk ist der Stromwirkungsgrad auch der gleiche. Die Gefahr von Schlackenbildung und Korrosion beim Verfeuern von Biobrennstoffen hat die Kesselkonstrukteure jedoch davon abgehalten, Dampfdaten für Biomasseanlagen in gleicher Höhe wie bei Kohlewerken zu benutzen. Die Entwicklung von Anlagenkonzepten und -design der letzten Jahre hat in diesem Bereich Grenzen durchbrochen, und einige der neuen Werke demonstrieren, dass sich hohe Dampfdaten auch mit Biobrennstoff-

fen erzielen lassen. Weitere Ausführungen hierzu finden sich in den folgenden Beschreibungen der Werke in Masnedø, Ensted und Avedøre.

Zahlreiche Industriebetriebe benötigen Dampf für ihre Produktionsprozesse. Mehrere große Unternehmen haben den Vorteil erkannt, die Dampferzeugungsanlagen so einzurichten, dass sich neben dem Prozeßdampf auch Strom erzeugen lässt. Insbesondere in der Holzindustrie liegt diese Möglichkeit durch die Nutzung der Holzabfälle vor Ort als Brennstoff auf der Hand. Natürlich lässt sich die Energie nur einmal nutzen. Wird Energie als Prozessdampf entnommen, so wird die Strom- und evtl. auch die Wärmeproduktion geringer. Der Prozessdampf wird gern aus einem speziellen Dampfturbinentyp entnommen (Entnahmetyp). Je nach Dampfbedarf lässt sich der Dampf auf verschiedenen Druckniveaus und mit verschiedenen Methoden zur Regelung des Dampfdruckes entnehmen.

Die von den Elektrizitätsgesellschaften betriebenen Werke sind zur Lieferung von Elektrizität an das Versorgungsnetz verpflichtet. Diese Verpflichtung besteht nicht für die dezentralen Heizkraftwerke im Besitz von Fernwärmegeellschaften und Industrieunternehmen. Die Werke der Elektrizitätsgesellschaften müssen deshalb eine höhere Betriebssicherheit haben, was sich in höheren Baukosten niederschlägt.

Anlagen der Elektrizitätswerke

Måbjerg-Werk, Holstebro

In Måbjerg bei Holstebro hat der Energieversorger Vestkraft a.m.b.a. ein Heiz-

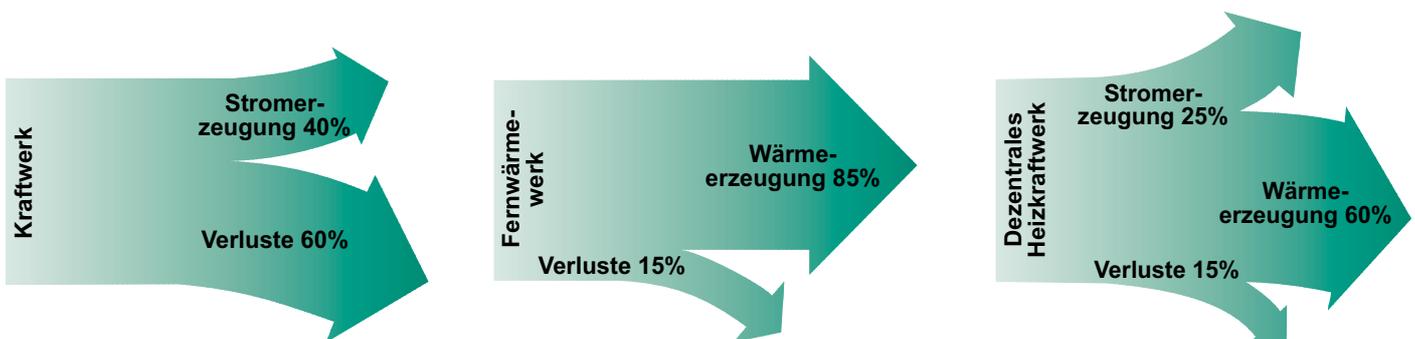
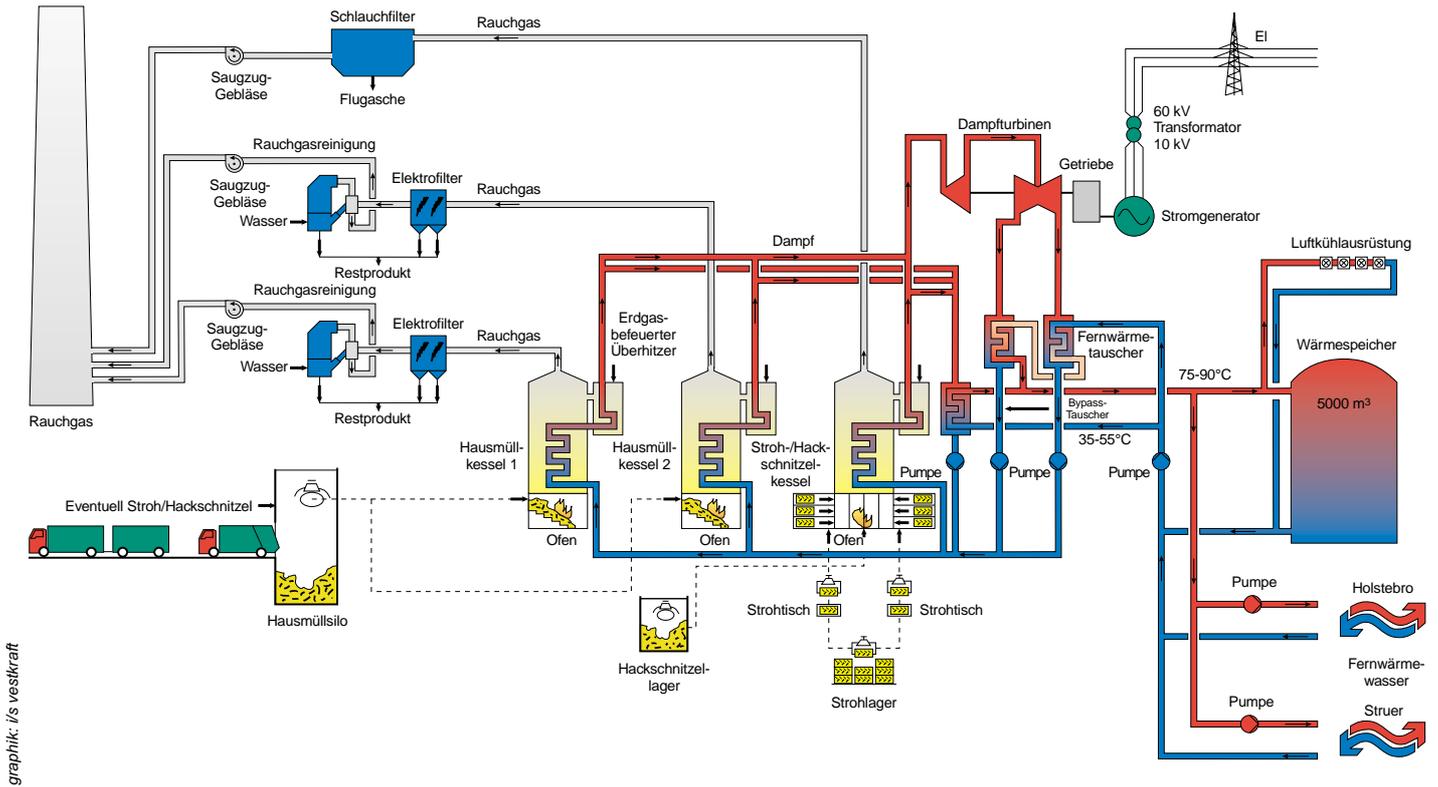


Schaubild 24: Bei der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung in einem Kraftwerk und einem Fernwärmewerk sind die Gesamtverluste viel höher als bei der kombinierten Produktion in einem Heizkraftwerk.



graphik: i/s vestkraft

Schaubild 25: Aufbau der Anlage in Måbjerg.

kraftwerk errichtet, das mit Hausmüll, Stroh, Hackschnitzel und Erdgas befeuert wird.

Das Werk ist bemerkenswert, weil hier die kombinierte Nutzung erneuerbarer und fossiler Brennstoffe demonstriert wird. Eine der positiven Eigenschaften von Erdgas (geringe Verunreinigung) wird hierbei genutzt, um die Energieerzeugung insgesamt effektiver zu machen - wohlgermerkt ohne das Gas, das bekanntlich nicht unbegrenzt zur Verfügung steht, zu verschwenden.

Die Anlage ist in drei Kessellinien aufgeteilt, zwei für Hausmüll und eine für Stroh und Hackschnitzel.

Die Kessel stammen von der Ansaldo Vølund A/S. Alle drei haben einen separaten, erdgasbefeuchten Überhitzer, um die Dampftemperatur von 410°C auf 520°C bei einem Druck von 65 bar zu erhöhen. Durch diese Überhitzung des Dampfes wird ein energieeffizienterer Prozeß, d.h. ein höherer Stromwirkungsgrad, mit geringerem Korrosionsrisiko an den Überhitzerrohren erzielt.

Die Beschickung der Anlage mit Stroh erfolgt in ganzen Hesstonballen, die in sechs Zigarrenbrennern, jeweils drei einander gegenüber angeordnet, verbrannt werden. Hackschnitzel wird mit

einem pneumatischen Beschickungssystem auf einen Schüttelrost ausgetragen, auf dem unverbranntes Stroh und Hackschnitzel ausbrennen.

Die Rauchgase aus dem Stroh-/Hackschnitzelkessel werden in einem Schlauchfilter auf einen Feststoffgehalt von max. 40 mg/Nm³ gereinigt. Das Rauchgasreinigungssystem der Abfallkessel wird durch Kalkreaktoren zur Senkung der Chlorwasserstoff-, Fluorwasserstoff- und Schwefeloxidemissionen ergänzt. Die drei Kessel haben separate Rauchgasrohre in einem 117 Meter hohen Schornstein. Der Stroh-/Hackschnitzelkessel kann zu 100% entweder mit Hackschnitzel oder Stroh oder einer Kombination aus beidem arbeiten.

Die Abfallkessel (herkömmliche rostbefeuchte Vølund Abfallkessel) haben eine Befüllungskapazität von 9 Tonnen Abfall pro Stunde (Heizwert 10,5 GJ pro Tonne), die Kapazität des Stroh-/Hackschnitzelkessels beträgt 12 Tonnen/Stunde mit einem durchschnittlichen Heizwert von 14 GJ/Tonne.

Die Leistung beträgt 30 MW_{el} und 67 MJ/s Wärme. Die Anlage ist mit einem Fernwärmespeicher von ca. 5.000 m³ ausgerüstet. Die Wärme wird an die Fernwärmesysteme von Holstebro und Struer geliefert.

Vejen Kraftvarme

Die Anlage in Vejen ist eine spezielle Mehrfachbrennstoffanlage. In ein und demselben dampferzeugenden Kessel von der Ansaldo Vølund A/S können Hausmüll, Stroh, Hackschnitzel und Kohlenstaub verfeuert werden.

Die Anlage leistet 3,1 MW_{el} und 9 MJ/s Wärme bei einer Dampfproduktion von 15,7 Tonnen pro Stunde bei 50 bar und 425°C. Die Turbine stammt von AEG-Kanis.

Hackschnitzel und Abfälle werden auf einem Abfallrost (sektionsunterteilter Treppenrost) von Vølund Miljø verbrannt. Die Anlage kann mit Stroh in ganzen Hesstonballen zur Verbrennung in einem einzelnen Zigarrenbrenner beschickt werden. Der jährliche Holzverbrauch des Werkes wurde ursprünglich auf ca. 1.200 Tonnen geschätzt. Das Holz war u.a. als Zusatzbrennstoff für Perioden gedacht, in denen der Heizwert von Hausmüll zu gering war. Der jährliche Hackschnitzelverbrauch wird in Zukunft voraussichtlich markant fallen, da sich der Heizwert des angelieferten Hausmülls als ausreichend erwiesen hat und ausreichende Mengen Hausmüll zur Verfügung stehen.

Für den künftigen Betrieb ist die Nutzung von Holz daher nur bei Inbetriebnahme und bei Abschaltung vorge-

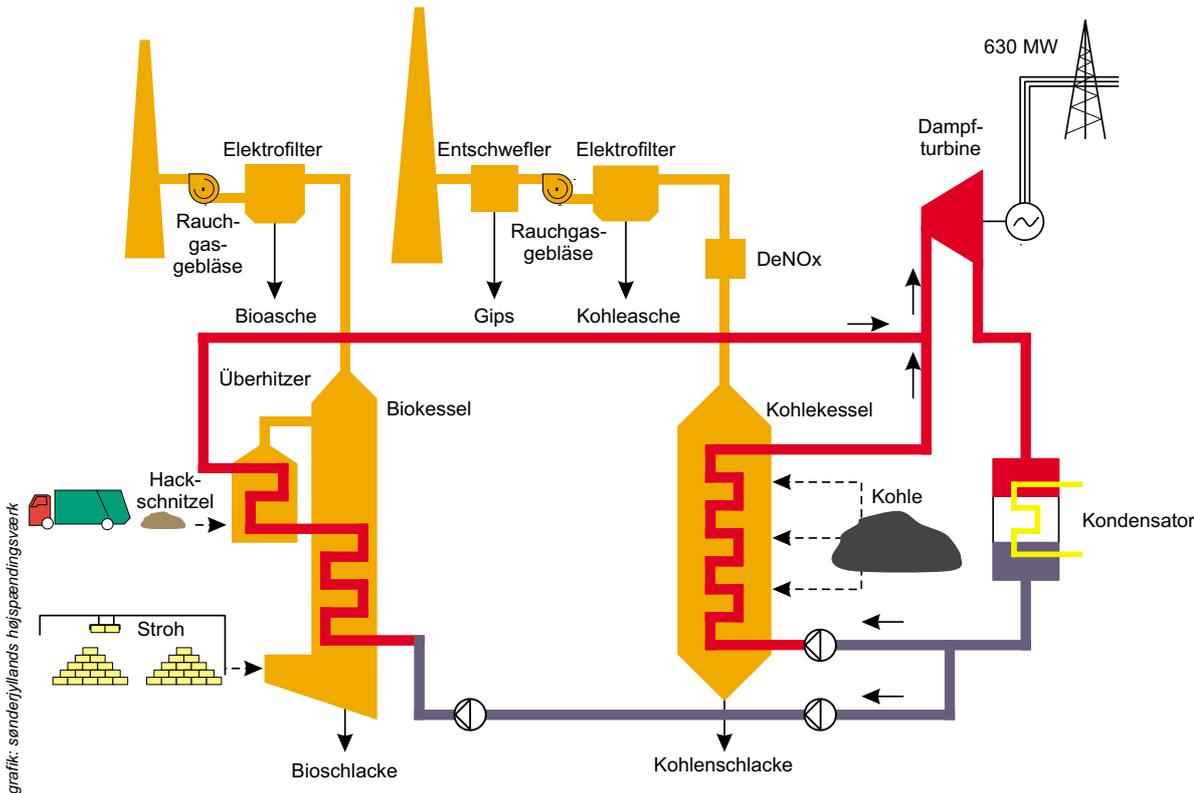


Schaubild 26: Aufbau des Biokessels von 40 MW_{el} und des Kohlekessels von 630 MW_{el} im Werk Ensted. Der Biokessel ersetzt die Verfeuerung von 80.000 Tonnen Kohle jährlich. Die CO₂-Emissionen in die Atmosphäre werden dadurch um jährlich 192.000 Tonnen reduziert.

sehen. Hier darf aus Gründen des Umweltschutzes kein Hausmüll verwendet werden, da die Feuerraumtemperatur für eine vollständige Verbrennung nicht ausreicht.

Masnød Heizkraftwerk

Das Heizkraftwerk Masnød - Eigentümerin ist die I/S Sjællandske Kraftværker - wurde 1995 in Betrieb genommen. Das Werk ist eine biomassebefeuerte Gegendruckanlage für die Stromerzeugung und Fernwärmelieferung an die Stadt Vordingborg. Es verfügt über einen strohbefeuerten Kessel mit Zusatzbefuerung mit Hackschnitzel von bis zu 20% der Energie. Der jährliche Brennstoffverbrauch beträgt 40.000 Tonnen Stroh und 5-10.000 Tonnen Hackschnitzel.

Die Dampfdaten des Werkes lauten 92 bar und 522°C Dampf Temperatur. Die Stromleistung beträgt 9,5 MW, während 20,8 MJ/s Wärme ans Fernwärmenetz geliefert werden können. Die Brennstoffleistung beträgt 33,2 MW.

Der Kessel von der Burmeister & Wain Energi A/S ist ein Behälterkessel mit natürlicher Zirkulation. In dieser Anlage der 2. Generation wurden Dampfdaten gewählt, die nahe an die Norm für Kohlewerke der gleichen Größe herankommen, obwohl hier hauptsächlich Stroh verfeuert wird. Die bisherigen Be-

triebserfahrungen zeigen, dass das Anlagenkonzept erfolgreich ist. Der Kessel hat zwei Feuerungsanlagen, bestehend aus einem Strohauflöser gefolgt von einem Schneckenbeschicker.

Die Hackschnitzelfeuerungsanlage besteht aus Förder- und Dosierschnecken vom Boden des Vorratssilos zur Strohfueuerung. Das Hackschnitzel wird dem Stroh untergemischt und zusammen mit diesem auf einem wassergekühlten Schüttelrost verbrannt.

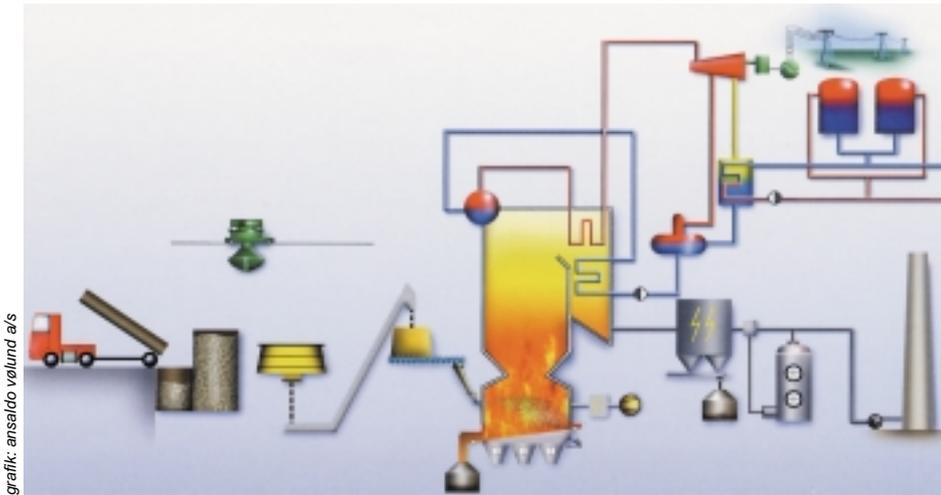
Ensted-Werk

Der größte ausschließlich mit Biobrennstoffen befeuerte Kraftwerkskessel Dänemarks wurde 1998 im Ensted-Werk bei Åbenrå in Betrieb genommen.

Die von der FLS Miljø A/S und der Burmeister & Wain A/S gelieferte Anlage ist im alten Gebäude für den früheren kohlebefeuerten Block 2 untergebracht. Sie setzt sich aus zwei Kesseln zusammen, einem strohbefeuerten Kessel, der Dampf bei 470°C erzeugt, und einem hackschnitzelbefeuerten Kessel, der den Dampf vom Strohkessel auf 542°C überhitzt. Der überhitzte Dampf wird in das Hochdruckdampfsystem (200 bar) des kohlebefeuerten Blocks 3 des Werkes geleitet. Bei einem geschätzten Jahresverbrauch von 120.000 Tonnen Stroh und 30.000 Tonnen Hackschnitzel, ent-

sprechend einer Brennstoffleistung von 95,2 MJ/s, leistet der Biomassekessel 88 MW thermisch, davon 39,7 MW Strom (ca. 6,6% der gesamten Stromproduktion von Block 3). Der Biomassekessel ist also erheblich größer als die größten der dezentralen biomassebefeuerten Heizkraftanlagen. Der Brutto-Stromwirkungsgrad beträgt ca. 41%. Der Jahreswirkungsgrad wird aufgrund des Verbundbetriebs mit Block 3 und aufgrund variierender Lastbedingungen voraussichtlich etwas geringer. Es ist vorgesehen, den Biomassekessel 6.000 Vollaststunden jährlich arbeiten zu lassen. Bei einer Lagerkapazität von nur 1.008 Ballen, entsprechend einem Tagesbedarf, sind durchschnittlich 914 Großballen am Tag zu liefern, d.h. 4 Fuhren stündlich 9,5 Stunden am Tag.

Der Strohkessel ist mit vier Strohliesen ausgerüstet. Die Anlage kann jedoch mit nur drei Linien Vollast halten. Jede Strohliese besteht aus Feuerschleuse, Kettenförderer, Strohauflöser, Feuerklappe, Stoker und Feuerungskanal. Der Strohauflöser ist wie im Werk Masnød aus zwei gekoppelten, konischen, senkrechten Schnecken aufgebaut, gegen die der Strohballe vorgepresst wird. Vom Strohauflöser wird das aufgelöste Stroh über Feuerklappen in die Stokerschnecke dosiert, die das Stroh wie einen



grafik: ansaldo vølund a/s

Schaubild 27: Aufbau des biomassebasierten Heizkraftwerks in Assens.

Pfropfen durch den Feuerungskanal auf den Rost presst.

Der Hackschnitzelkessel ist mit zwei Spreaderstokern ausgestattet, die das Hackschnitzel auf einen Rost austragen. Die Dosierung des Hackschnitzels erfolgt aus einem Zwischensilo mit einem Schneckendosierer.

Die Rauchgase werden in Elektrofiltern gereinigt. Um die Bodenasche (Schlacken) aus dem Biomassekessel als Dünger nutzen zu können, wird die Flugasche aus den Filtern, die den Großteil der Schwermetalle in der Asche enthält, von der Bodenasche separiert.

Østkraft a.m.b.a., Rønne

Bei Østkraft wurde Block 6 im Jahre 1995 in Betrieb genommen. Im Lastbereich 0-65% wird im Kessel auf einem Rost Kohle verbrannt, bei Zusatzfeuerung wird Hackschnitzel verwendet. Bei Kessellasten über 65% wird Öl verwendet. Der Kessel und die Vorfeuerung der Holzfeuerung wurden von der Ansaldo Vølund A/S geliefert. Die Kapazität der Hackschnitzelbefeuerung beträgt ca. 11 MJ/s.

Die Beschickung mit Kohle erfolgt mit vier Spreaderstokern auf einen Wandrost, die Beschickung mit Hackschnitzel durch vier über den Kohlespreadern angeordnete Lufteinwerfer.

Die Anlage leistet (brutto) 16 MW_{el} und 35 MJ/s Wärme. Der Kessel arbeitet bei einem Druck von 80 bar, die Dampftemperatur beträgt 525°C. Er kann mit einer Kombination aus 80% Kohle und 20% Hackschnitzel (Energieprozent) befeuert werden. Das Hackschnitzel wird durch druckluftgetriebene Klappen (Air-

sports) auf den Rost ausgetragen. Die Beschickung mit Kohle erfolgt durch vier Spreaderstoker in der Vorderwand unter den Hackschnitzelbläsern. Die Verbrennung findet teils statt, während der Brennstoff im Feuerraum schwebt, teils auf dem Rost, wo die größeren Brennstoffstücke am weitesten nach hinten auf den Lamellenrost ausgetragen werden, der sich von der hinteren Wand bis zur Schlacken-/Aschegrube an der Vorderwand unter den Brennstoffeinwerfern nach vorn bewegt.

Die Anlage ist mit einem Elektrofilter ausgerüstet.

Avedøre 2

Avedøre 2, dessen Eigentümerin die I/S Sjællandske Kraftværker ist und das im Jahr 2001 in Betrieb genommen werden soll, befindet sich zur Zeit (1998) in der Bauphase. Da es jedoch ein großes, spezielles, sehr leistungsfähiges Heizkraftwerk wird, in dem Biomasse eine wichtige Rolle spielt, folgt hier eine kurze Beschreibung der Mehrfachbrennstoffanlage.

Die Anlage wird ein Dampfkraftwerk mit Turbine und Kesselanlage sowie Entschwefelungs- und deNOx-Anlage. An diese werden ein separater Biomassekessel und eine parallel gekoppelte Gasturbine angeschlossen. Die Anlage ist eine sogenannte KAD-Anlage (Kraftwerk mit hochmodernen (dän. avancerede) Dampfdaten), in welcher der hohe Druck und die hohe Temperatur des Dampfes vom Kessel zur Dampfturbine einen hohen Stromwirkungsgrad ergeben. Die Gasturbine wird mit der Dampfkraftanlage gekoppelt, um das Rauchgas von der

Gasturbinenanlage zum Vorwärmen des Speisewassers für den Dampfkessel zu nutzen. Gleichzeitig werden von der Dampfturbine Strom erzeugt und Wärme abgegeben. Durch diese besondere Kopplung entsteht ein Synergieeffekt, der zu der hohen Ausnutzung der Brennstoffe führt.

Die Biomasse wird in einer separaten, dampfproduzierenden Kesselanlage verbrannt. Der Dampf wird in die KAD-Anlage geleitet und hier zur Stromerzeugung in der Dampfturbine genutzt. Auf diese Weise wird die Biomasse erheblich besser genutzt als in einem gesonderten biomassebefeuernden Heizkraftwerk. Die Möglichkeit der Nutzung von drei verschiedenen Brennstoffarten in der Anlage bedeutet einen großen Schritt in Richtung flexiblerer Energieproduktion und höherer Liefersicherheit. Gleichzeitig macht der Zusammenbau von drei verschiedenen Kraftwerkstechnologien Avedøre 2 zur bisher energieeffizientesten und flexibelsten Anlage weltweit.

Dampf:	300 bar/582°C (KAD-Dampfkessel und Biomassekessel)
Leistungen:	365 MW _{el} netto im Gegen- druckbetrieb 480 MJ/s Wärme
Brennstoffe:	Erdgas, Biomasse (Stroh und Hackschnitzel) und Heizöl (Gesamtbefeuerung mit Stroh und Hackschnit- zel 100 MJ/s)

Die Biomassekapazität der Anlage wird 150.000 Tonnen pro Jahr betragen. Ist die hohe Dampftemperatur nicht ohne zu große Korrosionsprobleme erreichbar, so lässt sich der Hackschnitzelanteil steigern oder die Möglichkeit schaffen, einen Teil der Überhitzung in einem erdgasbefeuernden Überhitzer stattfinden zu lassen. Bei dem vorgesehenen Anlagenkonzept wird ein Stromwirkungsgrad des Biomasseanteils von 43% erwartet.

Anlagen in Fernwärmewerken

Assens Fjernvarme

Im Januar 1999 wurde bei Assens Fjernvarme ein neues, von der Ansaldo Vølund A/S gebautes holzbefeuerndes Heizkraftwerk in Betrieb genommen. Mit

zwei pneumatischen Beschickern wird der Brennstoff auf einen wassergekühlten Schüttelrost ausgetragen. Als Brennstoff wird überwiegend Hackschnitzel verwendet, abhängig von den Marktbedingungen können jedoch auch Holzabfall- und Restprodukte genutzt werden.

Die Dampfdaten des Werks lauten 77 bar und 525°C Dampftemperatur. Die Stromleistung beträgt 4,7 MW, während ans Fernwärmenetz 10,3 MJ/s geleistet werden können. Ein installierter Rauchgaskondensator kann die Wärmeleistung auf 13,8 MJ/s steigern. Die Brennstoffleistung beträgt 17,3 MW. Es werden reine Holzbrennstoffe mit einem Feuchtegehalt von 5 bis 55% verwendet. Die Anlage ist mit einer Lagerkapazität unter Dach von bis zu 5.800 m³, entsprechend dem Verbrauch von ca. 10 Tagen, projektiert. Außerdem steht ein Brennstofflager im Freien zur Verfügung, das etwa 50 Tagen entspricht.

Nach dem Elektrofilter ist die kombinierte Nasswäscher-/Kondensationseinheit installiert, in der die Rauchgastemperatur auf ca. 70°C gesenkt und der Wirkungsgrad erheblich gesteigert wird.

Hjordkær Heizkraftwerk

Das Werk in Hjordkær ist die kleinste Dampfturbinenanlage in einem Fernwärmewerk in Dänemark. Das Werk soll unter anderem zeigen, ob Dampfturbinen in dieser Größenordnung rentabel sind und hat deshalb Bauzuschüsse von der dänischen Energiebehörde erhalten. Es wurde 1997 erbaut, um Garantiedaten mit Waldhackschnitzel mit bis zu 50% Feuchtegehalt zu erreichen. Außerdem umfasst das Brennstoffspektrum eine breite Palette brennbarer Materialien, darunter mehrere Restprodukte aus Industriebetrieben.

Die Dampfdaten des Werkes lauten 30 bar und 396°C Dampftemperatur. Die

Stromleistung beträgt 0,6 MW, während ans Fernwärmenetz 2,7 MJ/s geleistet werden können. Die Brennstoffleistung beträgt 3,8 MW. Die gewählten relativ niedrigen Dampfdaten rühren nicht daher, dass es sich um eine Biobrennstoffanlage handelt, sondern hängen mit den ziemlich hohen Kosten bei der Herstellung von Kesseln mit höheren Dampfdaten in dieser Anlagengröße zusammen.

Aufgebaut ist der Kessel aus einer als Verdunster gekoppelten Vorfeuerung mit Treppenrost, feuerfesten Reflexionsflächen und zweigeteiltem Überhitzer, einer Kanalauchrohrsektion als konvektivem Verdunster und einem freistehenden Economizer in einem Stahlblechgehäuse.

Der hydraulisch angetriebene Rost besteht aus einem teilweise wassergekühlten Bodenrahmen aus Stahl. Der Rostteppich besteht aus Elementen aus Spezialgusseisen.

Daten	Einheit	Junckers K-7 ¹⁾	Junckers K-8 ¹⁾	Novopan ¹⁾	Enstedv. EV3 ²⁾	Masnedø Blok 12 ²⁾	Vejen ²⁾	Måbjerg ^{2) 6)}	Østkraft ²⁾	Hjordkær ^{3) 5)}	Assens ³⁾
Stromleistung (brutto)	MW	9,4	16,5	4,2	39,7	9,5	3,1	30	16	0,6	4,7
Wärmeleistung	MJ/s	Prozessdampf	Prozessdampf	Prozessdampf + 5 % FW		20,8	9,0	67	35	2,7	10,3 ⁸⁾
Dampfdruck	bar	93	93	71	200	92	50	65	80	30	77
Dampftemperatur	°C	525	525	450	542 ⁴⁾	522	425	520	525	396	525
Max. Dampfprod.	Ton./ Std.	55	64	35	120	43	16	125	140	4,4	19
Speicher	m ³	Prozessdampf	Prozessdampf	Prozessdampf		5.000	1.500	5.000	6.700	1.000	2x2.500
Rauchgastemperatur	°C		140			110		95	165	160/120	110/70
Rauchgasreinigung	-	Elektrofilter	Elektrofilter	Elektrofilter	Elektrofilter	Elektrofilter	Gewebe-filter	Schlauch-filter/ Elektrofilter	Elektrofilter	Multizyklon Gewebe-filter	Elektrofilter ⁷⁾
Brennstoffe		Hacksch. Rinde Sägemehl Schleifst.	Hacksch. Rinde Sägemehl Schleifst.	Hacksch. Rinde Sägemehl Schleifst.	Stroh Hack-schnitzel (0-20%)	Stroh Hack-schnitzel	Müll Stroh Hack-schnitzel	Müll Stroh Erdgas Hacksch. Öl	Kohle Hack-schnitzel Öl	Hack-schnitzel Bio-Müll	Hack-schnitzel Bio-brennstof.
Turbine	Fabrikat	AEG Kanis	Siemens		ext. Block (Siemens)	ABB	Blohm + Voss	W.H. Allen	ABB	Kaluga/ Siemens	Blohm + Voss
Stromwirkungsgrad	%					28	21	27	35	16	27
Gesamtwirkungsgrad	%					91	83	88	88	86	87 ⁸⁾

Tabelle 19: Daten für zehn biomassebefeuerte Werke und Anlagen.

Anm.:

- 1) Industrieanlage
- 2) Im Besitz eines Stromversorgungsunternehmens
- 3) Fernwärmanlage
- 4) Die Dampftemperatur wird in einem separaten hackschnitzelbefeuerten Überhitzer von 470 °C auf 542 °C angehoben
- 5) Besonderer Kanalauchrohrkessel mit Überhitzer und Vorfeuerung für Hackschnitzel und Restprodukte aus der Industrie
- 6) 2 Mülllinien und 1 Linie für Stroh und Hackschnitzel. Alle 3 Linien haben einen separaten erdgasbefeuerten Überhitzer (410 °C bis 520 °C)
- 7) Die Anlage hat außerdem einen Rauchgaskondensator
- 8) Ohne Rauchgaskondensierung in Betrieb. 13,8 MJ/s mit Rauchgaskondensierung.

Anlagen in Industriebetrieben

Junckers Industrier A/S

Bei Junckers Industrier in Køge sind zwei große holzbefeuerte Kesselanlagen mit den Bezeichnungen Kessel 7 und Kessel 8 installiert. Sie wurden 1987 und 1998 in Betrieb genommen.

Junckers Kessel 7

Anfang 1987 wurde bei Junckers Industrier in Køge eine neue, mit Abfallholz aus der Produktion befeuerte Kraftzentrale in Betrieb gestellt. Die Anlage wurde schlüsselfertig von der B&W Energi A/S geliefert.

Die Anlage war bis 1998 die größte ausschließlich holzbefeuerte Anlage in Dänemark. Im Kessel werden 55 Tonnen Dampf pro Stunde bei 93 bar und 525°C erzeugt. Der Dampf treibt eine Gegendruckturbine des Fabrikats AEG Kanis mit einer Dampfantnahme von 14 bar und einem Gegendruck von 4 bar. Die maximale Stromleistung beträgt 9,4 MW.

Der Brennstoff, Holzabfälle aus der Produktion, besteht aus Spänen, Sägemehl, Rinde und Hackschnitzel. Darüber hinaus kann der Kessel bis 75% Last mit Heizöl befeuert werden. Ein schräger Schüttelrost wird über drei pneumatische Spreaderstoker mit Sägemehl, Hackschnitzel und Rinde beschickt. Das Brenngut wird über Dosierschnecken aus dem Brennstoffsilos zu den Spreaderstokern befördert.

Die Anlage erbringt bei Volllast einen garantierten Nutzwirkungsgrad von 89,4% (vor Abzug des Eigenverbrauchs).

Die Rauchgase werden in einem Elektrofilter des Fabrikats Research Cottrell auf einen maximalen Feststoffgehalt von 100 mg/m³ bei 12% CO₂ gereinigt. Die Rauchgastemperatur vor dem Filter beträgt ca. 130°C.

Junckers Kessel 8

Der von der Ansaldo Vølund A/S gelieferte Kessel 8 wird im Betrieb parallel mit dem vorhandenen Kessel 7 eingesetzt. Kessel 8 hat eine Brennstoffleistung von 50 MW entsprechend 64 Tonnen Dampf pro Stunde. Die Dampfdaten lauten 93 bar bei 525°C. Die Rauchgastemperatur bei Volllast beträgt 140°C. Der Wirkungsgrad des Kessels liegt bei 90%.

Kessel 8 ist zusammen mit Kessel 7 zur Verbrennung der gesamten Menge sekundärer Restprodukte aus der Produktion ausgelegt. Es handelt sich dabei um Hackschnitzel, Sägemehl, Schleifstaub und Späne. Außerdem werden kleinere Mengen Granulat, MDF-Plattenschnitzel, Langholzenden u.a.m. verbrannt. Notfalls kann die Anlage auch mit Heizöl (bis 80% Last) befeuert werden.

Ein wassergekühlter Schüttelrost wird mit Hilfe von drei Spreadern mit Hackschnitzel, Sägemehl u.a.m. beschickt. Die Beschickung mit Schleifstaub und Spänen erfolgt durch gesonderte Low-NOx-Staubbrenner weiter oben im Feuerraum. Der Kessel ist vom Typ Eckrohr mit Oberbehälter und Fallrohr außerhalb des Feuerraums. Die drei Überhitzersektionen sind mit Wassereinspritzern zur Regelung der Dampftemperatur ausgestattet. Zur Sauberhaltung der Hitzeflächen ist der Kessel mit Dampf Fußgebläsen ausgerüstet, die 3-4mal täglich aktiviert werden. Zur Einhaltung der Umweltschutzanforderungen ist der Kessel für ca. 15% Rauchgaszirkulation ausgelegt.

Die Siemens-Turbine ist für die volle Dampfmenge ausgelegt und leistet max. 16,5 MW_{el}. Die Turbine hat eine unregelte Dampfantnahme von 13 bar und eine geregelte von 3 bar. Beide liefern Pro-

zessdampf für die Produktion des Betriebes. Die Turbine ist außerdem mit einem meerwassergekühlten Kondensationsteil ausgerüstet, das max. 40 Tonnen Dampf pro Stunde empfangen kann. In der Betriebssituation mit maximaler Leistung beträgt der Stromwirkungsgrad ca. 33%. Gleichzeitig werden 24 Tonnen Dampf pro Stunde bei 3 bar entnommen, während 40 Tonnen Dampf pro Stunde im Kondensator zur Ableitung gekühlt werden.

Novopan Træindustri A/S

Die Novopan Træindustri A/S errichtete 1980 eine Kraftzentrale zur Befeuerung mit Holzabfällen aus der Spanplattenproduktion. Die Anlage besteht aus zwei Kesseln, von denen der eine - ein Vølund Eckrohrkessel - 35 Stunden Dampf pro Stunde bei einem Druck von 71 bar und einer Temperatur von 450°C erzeugt.

Der Kessel ist mit zwei Überhitzern, Economizer und Luftvorwärmer ausgerüstet.

Verbrannt werden Schleifstaub, Rinde, feuchte Holzabfälle und Restholz von Platten, Holzverschnitt und Fräsabfälle. Die Beschickung erfolgt über eine Luftschleuse auf einen schrägen Lambion-Rost. Pro Tag werden ca. 150 Tonnen Holzabfälle verbraucht.

Die zugeführte Brennstoffenergie verteilt sich wie folgt als genutzte Energie und Verlust:

Elektrizität (4,2 MW):	19%
Wärme für den Trocknungsprozess:	64%
Fernwärme:	5%
Verlust:	12%

Die Rauchgase werden in einem Rote Mühle Elektrofilter von Partikeln gereinigt.