

# QM

Biomass DH Plants

# Planning Handbook

ワーキンググループによって開発

バイオマス DHプラント用のQM

3<sup>rd</sup> completely revised edition

C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing 2022



QM Holzheizwerkeは、バイオマスを利用した温水暖房システムの品質管理システムです。これらのシステムの出力は、約100 kW以上で、個々の建物や地域および地区の暖房ネットワークの熱供給を目標としています。この品質管理システムは、熱生成システムおよび地域加熱ネットワークの専門的な設計、計画、および管理に重点を置いています。重要な品質基準は、高い運用信頼性、正確な制御、低いEMI、システム全体の経済的な運用です。

この品質管理システムは、当初は1998年にスイスで開発されました。2004年には、バイオマス地域区暖房設備の品質管理（バイオマスDHプラントの品質管理）を共同で提供するために、国際的な作業グループ**QM Holzheizwerke**が設立されました。

この**計画ハンドブック**では、プロジェクトプロセスについて説明し、専門的な計画と実行によって、熱発生設備および暖房ネットワークの品質目標を達成する方法を示します。

『計画ハンドブック』は、QM Holzheizwerkeシリーズの出版物の一部であり、その中に次の巻が発行されています。

第1巻：Q-ガイドライン（Q-計画）

ISBN 978-3-937441-91-7を参照

第2巻：標準水流スキーム- Part I ISBN 978-3-937441-92-4

第3巻：バイオマスボイラー用サンプル提案  
(1つのバイオマスボイラー用スイス仕様)。

ISBN 978-3-937441-87-0を参照

第3巻：バイオマスボイラー用サンプル提案  
(1つのバイオマスボイラー用スイス仕様)。

ISBN 978-3-937441-88-7を参照

第4巻：ISBN 978-3-937441-96-2を参照

第5巻：標準水流スキーム- Part I ISBN 978-3-937441-95-6

この一連の出版物は、QM Holzheizwerkeワーキンググループ([www.qmholzheizwerke.ch](http://www.qmholzheizwerke.ch))のウェブサイトから直接入手できます。その他のドキュメント、ソフトウェアツール、FAQや、バイオマスからのエネルギーに関する最新の動向についても、このウェブサイトをご覧ください。一部のシリーズは、EU-Interregプロジェクトのエントリーをサポートする英語、イタリア語、およびその他の言語に翻訳されています（無料で利用可能、[www.qm-biomass-dh-plants.com](http://www.qm-biomass-dh-plants.com)を参照）。



バイオマス地区加熱プラントの品質管理-計画ハンドブックを参照してください

QM Holzheizwerke Volume 4の出版物シリーズ

バイオマス地域加熱プラントの作業グループ品質管理  
によって開発されました

# 計画ハンド ブック

バイオマス DHプラント用のQM  
ワーキンググループによって開発

第3版 C.A.R.M.E.N.V.Straubing

2022を完全に改訂

CE-INTERREG-Project ENTRAIN

からのサポートを受けて翻訳



バイオマス DHプラント用のQM

スイス :

スイス連邦エネルギー局の財務サポート

[www.qmholzheizwerke.ch](http://www.qmholzheizwerke.ch)

[www.holzenergie.ch](http://www.holzenergie.ch)

オーストリア :

AEE INTEC - Institute for Sustainable Technologies

[www.klimaaktiv.at/qmheizwerke](http://www.klimaaktiv.at/qmheizwerke)

ドイツ :

Baden-Württemberg: HFR - University of Applied Forest

Sciences Rottenburg

バイエルン : C.A.R.M.E.N. e.V.

[www.qmholzheizwerke.de](http://www.qmholzheizwerke.de)

イタリア :

APE FVG - Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia

[www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it)

インターナショナル :

バイオマス地区加熱プラントの品質管理 [www.qm-biomass-dh-plants.com](http://www.qm-biomass-dh-plants.com)を参照

これらのウェブサイトでは、熱供給のためのバイオマス利用に関する情報や出版物を提供しています。ソフトウェアツールは、ここからダウンロードすることもできます。

© Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke 2004 - 2022.

バイオマス DHプラント用のQM

ソースが確認されていれば、抜粋が再印刷される場合があります。

QM Holzheizwerke®

は登録商標です。

### Team of authors of the third edition

Jürgen Good (Management), Verenum AG

Stefan Thalmann, Verenum AG

Thomas Nussbaumer, Verenum AG

Andreas Keel, Holzenergie Schweiz

Andres Jenni, ardens GmbH

Patrik Küttel, DM Energieberatung AG

Harald Schrammel, AEE INTEC

Sabrina Metz, AEE INTEC

Christian Ramerstorfer, AEE INTEC

Jakob Binder, AEE INTEC

Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. e.V.

Niels Alter, C.A.R.M.E.N. e.V.

Christian Letalik, C.A.R.M.E.N. e.V.

Harald Thorwarth, HFR

Johanna Eichermüller, HFR

**Translation team** Connie Dolin, Christian Ramerstorfer, Harald Schrammel

### 作業グループチーム

Jürgen Good (Management), Verenum AG, CH

Stefan Thalmann, Verenum AG, CH

Daniel Binggeli, Swiss Federal Office of Energy, CH

Andres Jenni, ardens GmbH, CH

Andreas Keel, Holzenergie Schweiz, CH

Patrik Küttel, DM Energieberatung AG, CH

Harald Schrammel, AEE INTEC, AT

Sabrina Metz, AEE INTEC, AT

Christian Ramerstorfer, AEE INTEC, AT

Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Niels Alter, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Christian Leuchtweis, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Harald Thorwarth, HFR, DE

Johanna Eichermüller, HFR, DE

Matteo Mazzolini, APE FVG, IT

### 元著者チーム (第1版および第2版)

Jürgen Good (Coordination), Verenum AG

Friedrich Biedermann, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH

Ruedi Bühler, Umwelt und Energie

Helmut Bunk, Klimaschutz- und Energieagentur (KEA-BW)

Thomas Deines, Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden Württemberg

Hans Rudolf Gabathuler, Gabathuler Beratung GmbH

Alfred Hammerschmid, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH

Andres Jenni, ardens GmbH

Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. e.V.

Thomas Nussbaumer, Verenum AG

Ingwald Obernberger, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH

Bernhard Pex, C.A.R.M.E.N. e.V.

Christian Rakos, Energie Verwertungsagentur E.V.A.

ISBN 3-937441-90-5 QM Holzheizwerke series of publications

Volume 4: 計画ハンドブック





## はじめに

スイス連邦エネルギー局（Federal Office of Energy）とスイス中央政府機関（Sev-eral Swiss Cantons）を代表して、大規模バイオマス地域暖房（DH）プラントの品質管理（QM）システムは、1998年にスイスの専門家によって開発され、その後、QS-Holzheizungになりました。これに基づき、2004年にスイス、オーストリア、バーデン・W ü rtemberg、Bavaria、ラインランド・パラティ（現在は活動していません）の代表者が参加しました。また、2020年以降、イタリアはバイオマスの熱プラントの品質基準を共同で作成し、QM Holzheizwerkeという名前で提供するために、QM Holzheizwerke作業部会を設立しました。重点は、熱発生プラントや暖房ネットワークの設計、計画、実行を専門的に行うことにあります。重要な品質基準は、高い運転安全性、正確な制御、優れた空気衛生プロンプリティー、経済的な燃料ロジスティクスです。この目標は、プラント全体の効率的で低排出ガスで経済的な運転を実現することです。

QM Holzheizwerke（バイオマスDHプラント用QM）は、バイオマス（木材チップ、パーク、粉碎、ペレットなど）をベースとした温水・温水加熱システムの開発に、100 kW以上の出力範囲で署名し、個々の建物や地域や地域の暖房ネットワークに熱を供給しています。発電用のプラントは考慮されませんが、同様に、またはそのようなプラントの場合に限り、Biomass DHプラントのQMを検討することをお勧めします。

この計画ハンドブックは、QM Holzheizwerkeシリーズの出版物の一部です。この計画ハンドブックでは、プロジェクトプロセスについて説明し、専門的な計画と実行によって、熱発生設備および暖房ネットワークの品質目標を達成する方法を示します。特に投資家、プラント事業者、企画者を対象にしていますが、教育、研究開発、資金提供機関、政治・行政の意思決定者などのための重要な基礎情報も提供しています。「計画ハンドブック」は、4つのパートと補足付録に分かれています。第1部では、バイオマスDHプラントに対するQMの意味での合理的なエネルギー使用の基本的な考え方と、プロジェクト開発の最初のステップについて説明します。第2部では、バイオマスDHプラントの計画、建設、および運転の技術的および経済的基礎について説明します。第3部では、設備の試運転と受け入れに至るまで、計画プロセスを段階的に説明します。最後に、第4部では工場の運転、管理、最適化、近代化に関するノウハウを提供します。付属書では、さらに詳しい情報、計算、補助は要約され、最も重要な技術用語は用語集にまとめられています。

技術とノウハウの継続的な発展を考慮するために、計画作成ハンドブックの第3版が完全に改訂、更新され、QM Holzheizwerkeワーキンググループのチームによって補足されました。この基礎は技術の現在の状態である現在、このような「新しいシステムの問題」が登場しています

また、ヒートポンプとの組み合わせによる燃料ガス凝縮や、その他のCEN（熱エネルギー、地熱エネルギー、廃熱、ヒートポンプなど）を利用したバイオマスDHプラントの同時利用もカバーされています。

読みやすさを向上させ、国際的な用途を広げるために、一般的に有効な式が推奨され、国固有の情報やテキストセクションはほとんど省略されました。可能な限り、計画ハンドブックは国際的に有効な規格およびガイドラインを参照しています。各国固有の規格、法律、規制は明示的に参照されていません。これらは付属書の一部である（スイス、オーストリア、ゲール・ドイツ）。

さまざまな国のさまざまな価格帯は、コスト情報の場合に限られた範囲でしか考慮できません。ここでは、図や情報に関する具体的な説明を遵守し、必要に応じて、国内の状況に応じて価格帯を確認し、広告を掲載する必要があります。

この計画ハンドブックの内容は、当社の知識を最大限に活用し、すべての細心の注意を払って修正されています。ただし、作成者は、提供された情報の完全性、局所性、正確性、および品質について責任を負うことはできません。計画ハンドブックは、専門家による詳細なプロジェクト固有の計画、および適用される規格および法的規制の審査および遵守に代わるものではありません。計画ハンドブックの使用に起因する材料または材料に起因する損害に対する責任請求は除外されます。

**QM Holzheizwerke** ワークイングループの作成者チームは、計画ハンドブックの最初の著者に感謝します。このハンドブックは、現在の新しい版の基礎となっている、価値のある包括的な作業を行っています。広告では、業界の多くの専門家に、コンサルティングプロセスの過程で貴重なフィードバックと積極的な参加をいただいたことに感謝します。

また、バイオマス地区の暖房設備の品質基準の開発と確立に向けた取り組みとして、**QM Holzheizwerke** ワークイングループのルーディ・ビュラー、ハンス・ルドルフ・ガッサー、フランツ・プロミツァーのパイオニアにも感謝します。

**QM Holzheizwerke Planning Handbook** の編集と新しい版は、以下の「The」の章の最後の部分と人事部のサポートによって可能になりました。これについても、心から感謝します。

- Schweizer Bundesamt für Energie
- Österreichisches Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie im Rahmen der Klimaschutzinitiative klimaaktiv
- C.A.R.M.E.N. e.V., Bayern
- Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e.V.

QM Holzheizwerke working group, 28 January 2022

# 概要

第1部 エネルギーの合理的な使用方法 .....	15
1 エネルギー源としてのバイオマス .....	16
2 バイオマスDHプラントのQM .....	20
3 プロジェクト開発 .....	24
第2部 基本 .....	28
4 バイオマスからのエネルギー .....	29
5 熱生成のプラント設備部品 .....	46
6 燃料の貯蔵、燃料の搬送および灰出し設備部品 .....	64
7 熱発生水流回路 .....	78
8 熱供給の設備構成要素 .....	91
9 灰 .....	96
10 経済効率 .....	102
第3部 計画プロセス .....	113
11 需要評価 .....	114
12 熱供給設計 .....	123
13 熱発生システム選択 .....	131
14 燃料貯蔵、燃料搬送、および灰出しの設計 .....	175
15 バイオマスボイラーシステムの導入と受け入れ .....	184
第4部 操作と管理 .....	189
16 試運転後の運転最適化 .....	190
17 操作とメンテナンス .....	195
18 既存設備の最適化と改修 .....	199
付属書 .....	208
19 規制 .....	209
20 重要な計算と変換 .....	218
21 用語集 .....	237
22 資料 .....	244

# 目次

<b>第1部 エネルギーの合理的な使用方法</b> .....	<b>15</b>
<b>1 エネルギー源としてのバイオマス</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 序章</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 バイオマスからのエネルギーの重要性</b> .....	<b>16</b>
1.2.1 由来(origin) .....	16
1.2.2 使用 .....	16
<b>1.3 エネルギーシステムにおけるバイオマスのエネルギーの役割</b> .....	<b>18</b>
1.3.1 国際比較における意義.....	18
1.3.2 将来のエネルギーシステムの可能性.....	18
<b>1.4 バイオマスからのエネルギー対策の推進</b> .....	<b>19</b>
<b>2 バイオマスDHプラントのQM</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 原点と目的</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 なぜバイオマスDHプラントでQMを使用するか?</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3 QMstandard®</b> .....	<b>21</b>
2.3.1 最も重要なプロジェクト参加者 .....	21
2.3.2 タスクと責任 .....	21
2.3.3 マイルストーンによる計画プロセス実行 .....	21
2.3.4 Qプラン .....	22
2.3.5 Q-ガイドライン .....	22
2.3.6 プランナー用ツール .....	22
<b>2.4 QMmini</b> .....	<b>23</b>
2.4.1 適用範囲.....	23
2.4.2 手順.....	23
2.4.3 ドキュメントとツール .....	23
<b>3 プロジェクト開発</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1 kWhからの考え</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2 実現可能性調査(FS)</b> .....	<b>25</b>
3.2.1 中央暖房設備と燃料貯蔵の場所 .....	25
3.2.2 空間計画の要件.....	25
3.2.3 燃料供給の可能性 .....	26
3.2.4 接続の周辺と接続の関心事項.....	26
3.2.5 コンセプト案 .....	26
3.2.6 投資と熱生産コスト .....	26
<b>3.3 その他の側面</b> .....	<b>26</b>
3.3.1 資金調達.....	26
3.3.2 事業会社.....	26
3.3.3 成功要因と障害.....	27
<b>第2部 基本</b> .....	<b>28</b>
<b>4 バイオマスからのエネルギー</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 序章</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2 木質燃料の基本組成</b> .....	<b>29</b>

<b>4.3</b>	<b>参照状態</b> .....	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>重要なパラメータ</b> .....	<b>30</b>
4.4.1	水の含有量と木材の水分 .....	30
4.4.2	灰含有量.....	31
4.4.3	正味および総熱量の値.....	31
4.4.4	ボリュームの仕様.....	32
<b>4.5</b>	<b>自動木質燃料燃焼システム用燃料供給</b> .....	<b>33</b>
4.5.1	概要.....	33
4.5.2	木質燃料の種類.....	34
4.5.3	燃料の準備.....	36
4.5.4	品質パラメータ.....	38
4.5.5	供給戦略.....	42
<b>4.6</b>	<b>分析</b> .....	<b>43</b>
<b>4.7</b>	<b>燃料供給契約と請求書</b> .....	<b>43</b>
4.7.1	燃料供給契約 .....	43
4.7.2	ボリュームに基づいた課金.....	43
4.7.3	重量に基づいた課金 .....	44
4.7.4	熱発生量の量に従った課金.....	44
<b>5</b>	<b>熱生成のプラント設備部品</b> .....	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>アプリケーションの領域</b> .....	<b>46</b>
<b>5.2</b>	<b>燃焼の基礎</b> .....	<b>47</b>
<b>5.3</b>	<b>燃焼技術</b> .....	<b>47</b>
5.3.1	概要.....	47
5.3.2	固定ベッド燃焼システム .....	48
5.3.3	流動床燃焼.....	50
5.3.4	粉塵燃焼.....	50
<b>5.4</b>	<b>ボイラー部の熱変換</b> .....	<b>51</b>
<b>5.5</b>	<b>ボイラー煙管の自動洗浄</b> .....	<b>52</b>
<b>5.6</b>	<b>排出ガス</b> .....	<b>52</b>
<b>5.7</b>	<b>排出ガス削減の主な対策</b> .....	<b>53</b>
<b>5.8</b>	<b>排出ガス削減のための二次的措置</b> .....	<b>54</b>
5.8.1	除塵.....	54
5.8.2	脱窒.....	57
<b>5.9</b>	<b>エコマイザーと排ガス凝縮による熱回収</b> .....	<b>57</b>
<b>5.10</b>	<b>プロセス制御技術</b> .....	<b>58</b>
5.10.1	基本情報.....	58
5.10.2	測定機器およびデータ収集の要件.....	61
5.10.3	計画と実行.....	62
<b>6</b>	<b>燃料の貯蔵、燃料の搬送および灰出しの設備部品</b> .....	<b>64</b>
<b>6.1</b>	<b>予備的なコメント</b> .....	<b>64</b>
<b>6.2</b>	<b>燃料貯蔵</b> .....	<b>64</b>
<b>6.3</b>	<b>サイロと倉庫の充填</b> .....	<b>66</b>
6.3.1	木質チップサイロ充填.....	66
6.3.2	倉庫充填と管理.....	68
6.3.3	切りくずサイロ充填 .....	70
6.3.4	ペレット保管部充填 .....	70
<b>6.4</b>	<b>排出システム</b> .....	<b>71</b>
6.4.1	すべての燃料の排出システム .....	71

6.4.2	特殊排出システム .....	72
<b>6.5</b>	<b>コンベアシステム .....</b>	<b>74</b>
<b>6.6</b>	<b>炉の供給 .....</b>	<b>75</b>
<b>6.7</b>	<b>燃料搬送システムの逆火保護 .....</b>	<b>76</b>
<b>6.8</b>	<b>灰出し.....</b>	<b>77</b>
<b>7</b>	<b>熱発生水流回路.....</b>	<b>78</b>
<b>7.1</b>	<b>水流回路の基礎.....</b>	<b>78</b>
<b>7.2</b>	<b>ボイラー回路の制御.....</b>	<b>78</b>
7.2.1	コントロールバルブボイラ回路 .....	78
7.2.2	バイパスボイラー回路.....	80
<b>7.3</b>	<b>ポンプ.....</b>	<b>80</b>
7.3.1	ポンプのタイプ.....	80
7.3.2	ポンプ設計.....	81
7.3.3	速度制御式ボイラーポンプ.....	82
7.3.4	ボイラーポンプの操作上の信頼性と冗長性.....	83
<b>7.4</b>	<b>熱量計 .....</b>	<b>83</b>
7.4.1	熱量計の特長 .....	83
7.4.2	個々の流量測定方法の要件.....	84
7.4.3	熱量計の設置 .....	85
7.4.4	バルブオーソリティー（圧力修正係数）権限の影響.....	85
<b>7.5</b>	<b>蓄熱 .....</b>	<b>85</b>
7.5.1	加熱システムの蓄熱 .....	85
7.5.2	蓄熱タンク的水流回路システム統合 .....	88
<b>7.6</b>	<b>熱源水流回路システムに関する質問.....</b>	<b>90</b>
7.6.1	水質.....	90
7.6.2	循環不良の防止.....	90
<b>8</b>	<b>熱供給の設備構成要素.....</b>	<b>91</b>
<b>8.1</b>	<b>概要 .....</b>	<b>91</b>
<b>8.2</b>	<b>配管システム .....</b>	<b>91</b>
<b>8.3</b>	<b>継手 .....</b>	<b>91</b>
<b>8.4</b>	<b>リークモニタリング.....</b>	<b>92</b>
<b>8.5</b>	<b>データ転送と通信 .....</b>	<b>93</b>
<b>8.6</b>	<b>ネットワーク構造.....</b>	<b>93</b>
<b>8.7</b>	<b>設置方法と状況.....</b>	<b>93</b>
<b>8.8</b>	<b>加熱ネットワークの水質.....</b>	<b>94</b>
<b>8.9</b>	<b>熱供給.....</b>	<b>94</b>
8.9.1	顧客との接続 .....	94
8.9.2	熱供給の要件 .....	94
<b>9</b>	<b>灰 .....</b>	<b>96</b>
<b>9.1</b>	<b>灰の蓄積 .....</b>	<b>96</b>
<b>9.2</b>	<b>灰分数(Ash fractions).....</b>	<b>96</b>
<b>9.3</b>	<b>灰の組成 .....</b>	<b>97</b>
<b>9.4</b>	<b>廃棄およびリサイクル.....</b>	<b>98</b>
9.4.1	スイスの状況 .....	99
9.4.2	ドイツの状況 .....	100
9.4.3	オーストリアの状況 .....	100

<b>10</b>	<b>経済効率</b> .....	<b>102</b>
<b>10.1</b>	バイオマスDHプラントの経済効率の問題.....	<b>102</b>
<b>10.2</b>	責任.....	<b>102</b>
<b>10.3</b>	バイオマスDHプラントのコスト構造.....	<b>102</b>
<b>10.4</b>	経済効率の計算.....	<b>104</b>
10.4.1	はじめに.....	104
10.4.2	年法を使用した熱発生コスト計算、.....	104
10.4.3	正味現在価値法 (NPV) と内部収益率 (IRR) .....	105
10.4.4	バリエーション (別形) 比較.....	106
10.4.5	感度解析.....	106
<b>10.5</b>	熱販売の料金体系.....	<b>107</b>
<b>10.6</b>	ビジネスプラン.....	<b>108</b>
10.6.1	構造と内容.....	108
10.6.2	予算計上済み貸借対照表と予算計上済み損益計算書.....	109
<b>10.7</b>	収益性計算ツール.....	<b>109</b>
<b>10.8</b>	投資コストの見積.....	<b>111</b>
<b>第3部</b>	<b>計画プロセス</b> .....	<b>113</b>
<b>11</b>	<b>需要評価</b> .....	<b>114</b>
<b>11.1</b>	はじめに.....	<b>114</b>
<b>11.2</b>	熱需要の分析.....	<b>115</b>
11.2.1	新規建物.....	115
11.2.2	既存建物.....	115
11.2.3	建物面積.....	116
<b>11.3</b>	システム全体の熱需要.....	<b>118</b>
11.3.1	必要熱容量の決定.....	118
11.3.2	消費熱量負荷特性.....	119
<b>11.4</b>	熱源解析.....	<b>121</b>
<b>11.5</b>	バイオマスDHプラントQMプロジェクトプロセス統合.....	<b>121</b>
<b>12</b>	<b>熱供給設計</b> .....	<b>123</b>
<b>12.1</b>	はじめに.....	<b>123</b>
<b>12.2</b>	主要な数値と用語.....	<b>123</b>
12.2.1	潜在的供給エリア.....	123
12.2.2	熱要求密度.....	124
12.2.3	主要な顧客.....	124
12.2.4	開発の程度.....	125
12.2.5	並行性係数.....	125
12.2.6	接続密度.....	125
12.2.7	具体的投資コスト.....	125
12.2.8	熱供給損失.....	126
12.2.9	効率基準からの逸脱.....	126
<b>12.3</b>	プロジェクト手順.....	<b>126</b>
<b>12.4</b>	菅径寸法.....	<b>127</b>
12.4.1	寸法記入推奨事項.....	127
12.4.2	寸法記入手順.....	128
12.4.3	計算方法.....	128
<b>12.5</b>	熱ネットワーク技術開発.....	<b>128</b>



<b>13</b>	<b>熱発生システム選択</b> .....	<b>131</b>
<b>13.1</b>	はじめに.....	<b>131</b>
<b>13.2</b>	他の熱源との生態学的比較.....	<b>131</b>
13.2.1	概要.....	131.
13.2.2	例.....	132
<b>13.3</b>	一般的な要件と重要な用語の定義.....	<b>136</b>
<b>13.4</b>	燃料品質と燃焼システム.....	<b>137</b>
<b>13.5</b>	熱発生システムの選択と設計.....	<b>138</b>
13.5.1	バイオマス燃焼システムを搭載した熱発生基本モデル.....	139
13.5.1.1	必要熱容量の合計の影響.....	140
13.5.1.2	必要な合計ボイラー出力の決定.....	142
13.5.1.3	バイオマスボイラー全出力の小型・大型バイオマスボイラー割り当て.....	143
13.5.2	基本バリエーション説明.....	144
13.5.2.1	蓄熱タンク付き100~500 kW一価バイオマス加熱システム.....	144
13.5.2.2	蓄熱タンク付き100~1000 kW二価バイオマス加熱システム.....	145
13.5.2.3	蓄熱タンク付き501~1000 kW一価バイオマス加熱システム.....	146
13.5.2.4	蓄熱タンク付き1000 kW以上一価バイオマス加熱システム.....	147
13.5.2.5	蓄熱タンク付き1000 kW以上二価バイオマス加熱システム.....	148
13.5.3	二価（燃料）システムの設計手順.....	149
13.5.4	燃焼システム選択.....	149
13.5.5	蓄熱タンク寸法.....	149
13.5.6	燃料デマンド.....	150
<b>13.6</b>	その他の種類の熱源システム.....	<b>151</b>
13.6.1	標準シリーズ装置を備えたマルチボイラーシステム.....	151
13.6.2	夏季運転用に燃料品質の高いバイオマスボイラーを追加.....	151
13.6.3	熱と電力との組み合わせ.....	153
<b>13.7</b>	補助熱源と熱源システム.....	<b>154</b>
13.7.1	一般的な注意事項.....	154
13.7.2	排気ガスからの熱回収.....	155
13.7.2.1	一般的な注意事項.....	155
13.7.2.2	エコノマイザー.....	155
13.7.2.3	排ガス凝縮.....	156.
13.7.2.4	排ガス熱回収が可能な低温ネットワーク.....	158
13.7.3	ヒートポンプ.....	158
13.7.3.1	一般情報.....	158
13.7.3.2	ヒートポンプシステムのエネルギー効率.....	158
13.7.3.3	夏季運転のヒートポンプシステムの水流システムの統合.....	160
13.7.3.4	ヒートポンプと排ガス凝縮水との組み合わせ.....	161
13.7.3.5	寒冷地暖房用の排ガス凝縮による熱回収.....	162
13.7.4	太陽エネルギー.....	162.
13.7.4.1	目標.....	162.
13.7.4.2	加熱ネットワーク用の太陽熱システム.....	162
13.7.4.3	分散型太陽熱システムの採用.....	163
13.7.4.4	ヒートポンプ付き太陽光発電、.....	164
13.7.5	廃熱利用.....	164
13.7.5.1	予備的コメント.....	164
13.7.5.2	直接廃棄物熱利用.....	164
13.7.5.3	ヒートポンプを使用した間接廃棄物熱利用.....	165
<b>13.8</b>	プロセス熱の提供.....	<b>166</b>
<b>13.9</b>	システム・コンポーネントの設計.....	<b>167</b>
13.9.1	粉塵沈殿技術の選択.....	167

13.9.2	窒素酸化物削減技術の選択.....	169
13.9.3	追加コンポーネントの選択.....	170
<b>13.10</b>	<b>中央暖房設備設計 .....</b>	<b>170</b>
13.10.1	中央暖房設備 .....	170
13.10.1.1	ボイラー室の設計、スペース要件.....	170
13.10.1.2	ボイラーシステムの圧力配管系統の統合 .....	170
13.10.1.3	ボイラー室の換気.....	170
13.10.1.4	換気システムの寸法 .....	171
13.10.2	プレハブ的加熱容器および加熱装置 .....	171
13.10.3	補助エネルギー需要 .....	172
13.10.4	煙突、暖炉 .....	172
13.10.4.1	煙突の高さ .....	172
13.10.4.2	煙突の断面寸法 .....	172
13.10.4.3	煙突構造.....	172
13.10.4.4	排ガス測定用ノズル.....	172
13.10.5	ノイズ保護.....	173
<b>14</b>	<b>燃料貯蔵、燃料搬送および灰出しの設計 .....</b>	<b>175</b>
<b>14.1</b>	<b>一般的注意事項.....</b>	<b>175</b>
<b>14.2</b>	<b>燃料貯蔵の選択と寸法.....</b>	<b>175</b>
14.2.1	燃料貯蔵タイプ.....	175
14.2.2	寸法.....	175
14.2.3	燃料サイロ設計.....	176
14.2.4	サイロの換気.....	177
14.2.5	倉庫の設計.....	178
14.2.6	外部倉庫.....	179
14.2.7	自然発火と物質の損失.....	180
14.2.8	木質チップサイロ設計.....	180
14.2.9	ペレット収納設計.....	180
<b>14.3</b>	<b>燃料排出の選択と寸法.....</b>	<b>181</b>
14.3.1	一般的注意事項.....	181
14.3.2	燃料搬送.....	181
14.3.3	排出.....	181
14.3.4	燃料搬送システム.....	182
14.3.5	燃焼炉供給.....	182
<b>14.4</b>	<b>灰出しの選択と寸法.....</b>	<b>182</b>
<b>15</b>	<b>バイオマスボイラーシステムの導入と受け入れ.....</b>	<b>184</b>
<b>15.1</b>	<b>一般的要件と最重要用語の定義.....</b>	<b>184</b>
<b>15.2</b>	<b>建設監督 .....</b>	<b>184</b>
<b>15.3</b>	<b>建設フェーズの重要なポイント.....</b>	<b>185</b>
<b>15.4</b>	<b>試運転と起動 .....</b>	<b>185</b>
15.4.1	試運転、冷缶立ち上げの準備.....	185
15.4.2	設備の高温試運転.....	186
<b>15.5</b>	<b>承諾 .....</b>	<b>187</b>
<b>第4部</b>	<b>操作と管理.....</b>	<b>189</b>
<b>16</b>	<b>試運転後の運転最適化 .....</b>	<b>190</b>
<b>16.1</b>	<b>理由と目的.....</b>	<b>190</b>
<b>16.2</b>	<b>要件と責任.....</b>	<b>191</b>

<b>16.3</b>	<b>データ処理と評価</b> .....	<b>191</b>
<b>16.4</b>	<b>実装</b> .....	<b>194</b>
<b>17</b>	<b>操作とメンテナンス</b> .....	<b>195</b>
<b>17.1</b>	<b>ビジネス組織</b> .....	<b>195</b>
<b>17.2</b>	<b>技術的作業</b> .....	<b>195</b>
<b>17.3</b>	<b>メンテナンス</b> .....	<b>195</b>
17.3.1	一般 .....	195
17.3.2	点検整備 .....	196
17.3.3	修理と改善 .....	197
<b>17.4</b>	<b>労働安全に関する注意事項</b> .....	<b>198</b>
<b>17.5</b>	<b>保険</b> .....	<b>198</b>
<b>18</b>	<b>既存設備の最適化と改修</b> .....	<b>199</b>
<b>18.1</b>	<b>説明</b> .....	<b>199</b>
<b>18.2</b>	<b>既存設備の最適化</b> .....	<b>199</b>
18.2.1	手順 .....	199
18.2.2	技術と経済の現状分析 .....	199
18.2.3	現状維持分析の評価 .....	200
18.2.4	既存設備の最適化のための測定値 .....	203
18.2.4.1	コスト削減の基準 .....	203
18.2.4.2	利益増加のための措置 .....	204
18.2.4.3	さらなる測定 .....	204
<b>18.3</b>	<b>既存設備の改修工事</b> .....	<b>205</b>
18.3.1	はじめに .....	205
18.3.2	修理手順 .....	205
18.3.3	改装不可 .....	206
<b>付属書</b> .....		<b>208</b>
<b>19</b>	<b>規制</b> .....	<b>209</b>
<b>20</b>	<b>重要な計算と変換</b> .....	<b>218</b>
<b>20.1</b>	<b>空気比Lambda</b> .....	<b>218</b>
<b>20.2</b>	<b>ppmからmg/m<sup>3</sup>変換</b> .....	<b>219</b>
<b>20.3</b>	<b>O<sub>2</sub>基準値</b> .....	<b>220</b>
<b>20.4</b>	<b>mg/m<sup>3</sup>からmg/MJ変換</b> .....	<b>222</b>
<b>20.5</b>	<b>湿排ガスから乾排ガスへの変換</b> .....	<b>223</b>
<b>20.6</b>	<b>定格熱出力の決定</b> .....	<b>224</b>
<b>20.7</b>	<b>燃料質量流量の決定</b> .....	<b>225</b>
<b>20.8</b>	<b>燃焼空気量の決定</b> .....	<b>226</b>
<b>20.9</b>	<b>排ガス流量の決定</b> .....	<b>228</b>
<b>20.10</b>	<b>NOx質量流量の決定</b> .....	<b>229</b>
<b>20.11</b>	<b>燃焼効率の決定</b> .....	<b>231</b>
<b>20.12</b>	<b>年間効率の決定</b> .....	<b>233</b>
<b>20.13</b>	<b>一般的単位と変換</b> .....	<b>236</b>
<b>21</b>	<b>用語集</b> .....	<b>237</b>
<b>22</b>	<b>資料</b> .....	<b>244</b>

# 第1部 -エネルギーの合理的な使用方法

# 1 エネルギー源としてのバイオマス

## 1.1 序章

森林は貴重な生態系であり、利用、保護、再利用を提供する作業スペースと同様に生息しています。また、森林はCO<sub>2</sub>を削減し、木材を原料として使用することで、温室効果ガスの再排出に重要な貢献をしています。林業と木材産業は、中央ヨーロッパの重要な経済部門であり、文化的な景観を形成しています。林業は持続的に自然と調和していくことが不可欠です。この方法でのみ、長期的には、環境、経済、社会的利益を得ることができます。

木材は再生可能な原料の合致関係の重要な1つである。木の特性はそれを様々な使用のために理想的にする:建物、ペーパー、毎日の目的のために-木は工学及び設計の主要な役割を担う。

### バイオマスからエネルギーを得られるのはなぜですか？

#### 経済的に理にかなっています

- エネルギー供給の多様化を実現します
- 危機の時に独立しています
- 供給の保証が強化されました
- 林業および木材管理の収益です
- 地域別の付加価値とジョブの作成です

#### 環境に配慮しています

- 再生可能なCO<sub>2</sub>ニュートラルです
- 高効率で低排出ガスです
- 短距離および低リスクの輸送ルートです
- 準備と保管が簡単です
- いつでも保管可能で利用できます
- 他の地域の再生可能な熱源と組み合わせられます

#### バイオマス地区の暖房で快適に使用できます

- 実績のあるテクノロジーと保証された供給を提供します
- メンテナンスが不要で、スペースも少なく済み

木材は、加熱、調理、工芸、蒸気発生などに何千年も使用されてきました。最近の10月には、木材チップやペレットを使用した、分割・地域加熱システムのエネルギー源としても重要な役割を果たしました。資源の管理と廃棄を念頭に置き、主にバイオマスや廃棄される木材加工の副産物を木材チップやペレットの生産に使用します。木材の燃焼時にCO<sub>2</sub>が生成されることはありません。これは、成長中に保存されたCO<sub>2</sub>のみが大気中に再リリースされるためです。

## 1.2 バイオマスからのエネルギーの重要性

### 1.2.1 由来 (Origin)

EUと加盟国の木材需要は、主に森林と、再生木材と木材の輸入によります。工業用の試練木材加工には、主に製材所、製紙業界、下流工程（大工、工場、家具製造など）が含まれます。エネルギーに使用される木材よりも優先されます。バイオマスは、強度の低い木材、損傷した木材（例：雨水ダム時代やバークを出すもの）、廃材、短期の回転プランテーションや（プライベートな）冒険のための小規模な森などから得られます。エネルギー使用のための残りの木の分け前は産業に不適当な木製のスクラップ(パルプ生産からのバーク、交差カット木、おがくず、破片、およびリリーの無駄材)から成っています。全体として、EUの木材供給全体のエネルギー使用率は約60%である。図1.1は、2015年のEUにおける木材の流れの概要を示しています。持続可能な使用を場合は、可能な限り最短の搬送距離を持つ地域が重要です。そのため、利用可能な燃料とその起源は、地域の枠組みの条件とサプライチェーンによって異なります。

### 1.2.2 使用

熱はEUのエネルギー需要の50%以上を占めています。熱セクターでは、家庭と産業はそれぞれ約40%を占め、残りはサービスセクター、農業、その他の分野との間の距離が示されています [1]

バイオマスからのエネルギーは、特に熱発生においてエネルギーの移動に重要な役割を果たします。しかし、木材やその他の固体バイオマスを使って、発電、燃料、化学製品を生成することへの関心も高まっています。EUのエネルギー需要の約17%が再生可能エネルギーでカバーされています（図1.2）。ここでは、木材、エネルギー作物、生物原性廃棄物からのエネルギーを含むバイオエネルギーのシェアは約60%です。ほとんどのバイオエネルギーは熱を供給するために使用されます（74.6%）。残りは電気と燃料の生産に使用されます。

一戸建てやアパートでの発熱には、手動で供給する燃焼システム（丸太、木製の花板など）や、自動ペレットや木材チップの加熱システムが一般的に使用されます。最新の実証済みの燃焼およびボイラー技術は、多数のメーカーから高効率で低排出ガスのものが提供されています。バイオマス地区の暖房システムは、暖房設備、温水、伝熱ステーションを主張しているため、数棟の建物から大都市までの暖房ネットワークに熱（暖房、温水、プロセス熱）を供給できます。熱は、使用する燃料に合わせて完全に自動化されたバイオマス燃焼およびボイラーシステムで、木材チップ、バークなどの自動システムによって供給されます。また、工業ではプロセス熱や蒸気の発生を目的とした大規模なプラントや、熱と電力を組み合わせた発電所、電力の生産にも使用されています。下記によって

木材加工業界の製品（製材副産物、溶解物など）は、現場で熱利用されることがよくあります。電気や熱の発生による余力を既存のエネルギーグリッドに供給することができます。

電気は、固定ベッドまたは流動床プロセスで燃焼（蒸気タービン、ORC）またはガス化（ガス・エンジン）によってバイオマスから発生することができます。発電は、当初は大規模なプラント（400 kW以上のプラント）を中心に設計されていましたが、小型・小型の発電所では、バイオマスガス化プラントも市場に投入できるようになりました。電気の製造時に発生する熱が、高い熱利用率および電気利用率で使用された場合のみ、動作は環境に配慮した経済的な利点をもたらします。

バイオマスガス化による製品ガスは、電気と熱の複合生産だけでなく、燃料等の化学物質の生産、天然ガスの格子への加工にも使用できます。植物の概念や運転モードによっては、バイオマスからのガスに加えて、木炭や熱分解油もCO<sub>2</sub>シンクとして利用可能な副産物や木炭として生産できます。

現在および将来のバイオマス利用プラントの製品範囲および構成にかかわらず、熱は常に副産物であり、プラントが資源節約と効率的な方法で動作するようにするために利用する必要があります。

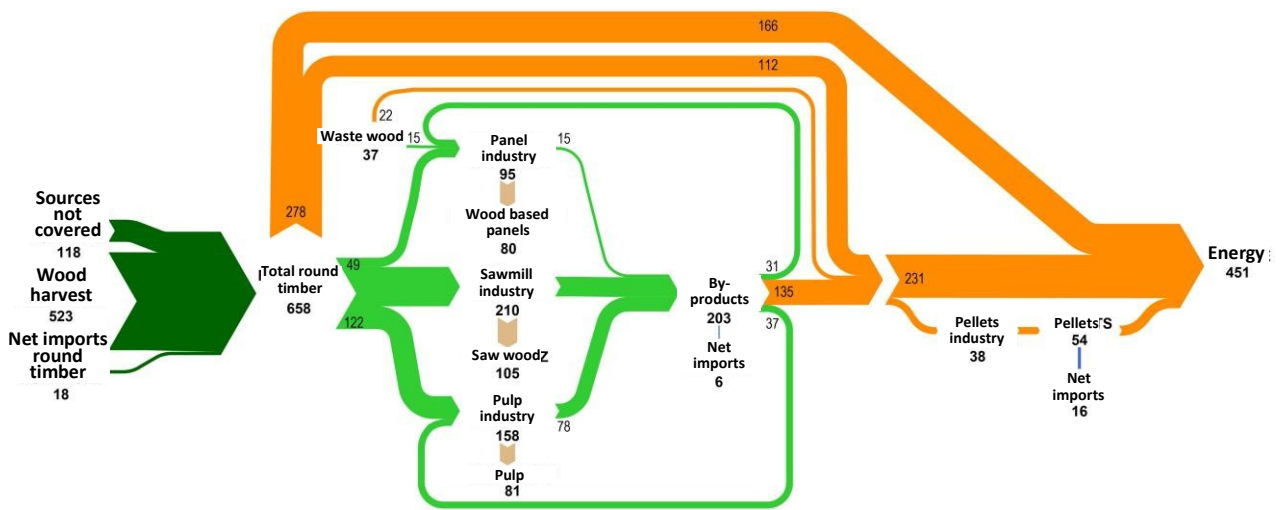


図1.1 EUの森林圏における木材流動図28カ国の収集した固形立方メートル（2015年）（[2] [3]）からの数値の基本データ

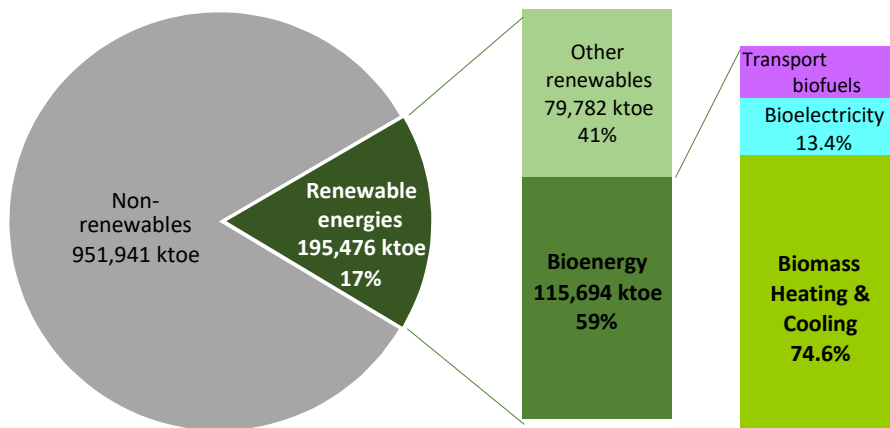


図1.2 EUの総エネルギー需要における再生可能エネルギーの割合（ktoe）と%、および生物エネルギーの寄与度（2016年）の内訳は、[4]から取得した数値の基準データ

## 1.3 エネルギーシステムにおけるバイオマスからのエネルギーの役割

### 1.3.1 国際比較における意義

2017年の第1エネルギー消費量の世界平均は、1日あたり約60 kWh、EU諸国では、この値は2018年の100 kWh([1], [5] - [7])で大幅に増加しました。これまで、再生可能エネルギーのシェアは着実に増加しています

EUのエネルギー需要の約85%が再生可能エネルギーでカバーされています (図1.1)。ほとんどの国では、バイオマスからのエネルギーはバイオエネルギーの一部であり、再生可能エネルギー (固体一次バイオマス) の最大のシェアを占めています。再生可能エネルギーの供給、特に熱セクターでは、化石燃料 (高熱密度、貯蔵性、柔軟性) と最も類似しているため、再生可能エネルギーの供給に向けたトランス形成において重要な役割を果たします。EU、フィンランド、スウェーデン、ラトビア、エストニア、オーストリアでは、住民の数に対応するために、地域で最大のバイオエネルギーを保有しています[4]。

表1.1 全世界のエネルギー供給のエネルギー源の構成 [5]、EUおよび一部の国 (2018) [1]、スイスのデータ [8]

\* Sum value for wind power, solar energy and other

Total energy supply 2018	World	EU-28	EN	AT	CH	IT
Total [TWh]	166,098	18,742	3,543	386	304	1,781
Non-renewable energy sources	86.2 %	85.0 %	85.9 %	69.9 %	78.8 %	80.9 %
Renewable energy sources	13.8 %	15.0 %	14.1 %	30.1 %	21.2 %	19.1 %
Bioenergy	9.3 %	9.0 %	8.5 %	16.7 %	7.4 %	8.7 %
Solid (incl. wood)	-	6.2 %	4.0 %	13.9 %	3.8 %	5.6 %
Hydropower	2.5 %	1.9 %	0.5 %	9.8 %	12.3 %	2.7 %
Wind power		2.0 %	3.1 %	1.6 %	0.04 %	1.0 %
Solar energy	2.0 %*	0.9 %	1.5 %	0.9 %	0.9 %	1.4 %
Other		1.2 %	0.5 %	1.1 %	0.6 %	5.2 %

しかし、バイオマスのエネルギーは技術的にだけでなく経済的にも特別な位置を占めています。他の再生可能な技術は、直接的で自由なエネルギー源 (風、太陽、水、周囲または地熱) に大きく依存していますが、木材燃料の供給には、栽培、収穫、処理、輸送などの追加の交流条件が必要です。サプライチェーンが長いほど、燃料サプライセクターでの恒久的な地域ジョブが作成されます。再生可能エネルギー源が作業現場に及ぼす影響を世界的に比較した場合、固形バイオマスからのエネルギー生産は2018年に787,000件の雇用を創出し、6位にランクされています [9]。EUでは、固形バイオマスからのエネルギー生産が2018年に第1位にランクされました。固体バイオマス分野では、360,600名の雇用があります (合計で再生可能エネルギー分野で150万人の雇用があります)、3,180億ユーロの無期限雇用が発生しました [10]

### 1.3.2 将来のエネルギーシステムの可能性

多くの研究やエネルギー戦略において、生物エネルギー (固体、液体、気体) は化石エネルギー源の代替として重要な役割を担っています。これは主に、エネルギーの内容、貯蔵容量、柔軟な可用性、そして一般的に地域でのバイオマスの適用によるものです。今日の視点から見ると、生物多様性、持続可能性、土地、水の需要などの他の優先事項と競合することなく、バイ

オマスが世界のエネルギー需要を完全にカバーできる可能性は低いと思われる

それにもかかわらず、バイオマスは今後のエネルギー供給の中心となるでしょう。現在、バイオエネルギーの世界的なシェアは約15,447 TWh/aです (総エネルギー供給の9.3%に相当します。表1.1を参照)。Faaij et al [11]の比較文献調査によると、2050年の世界的なバイオエネルギーポテンシャルは最大139,000 TWh/aと推定され、エネルギー需要も222,000~417,000 TWh/aの範囲に増加すると予測されています。一方、2050年の欧州の潜在能力は、最大8,300 TWh/aと推定されますこれらの数値は参考値として表示され、地域によっては保留解除される場合があります。

将来、燃料、木材ガス、化学原料 (キーワード「バイオエコノミー」) の生産に木材を使用する場合でも、バイオマスは再生可能な電力と熱供給の重要な要素です。しかし、バイオマスの可能性は再生可能エネルギーの供給に十分ではないため、効率的なバイオマスDHプラントや資源節約と持続可能な木材をエネルギー源として利用することが重要である。電気と熱の生産に熱と発電を組み合わせた場合、熱利用率を完全に高め、熱出力を最適化した運転を行うことは必須ではありません。

完全に再生可能な熱供給を達成するためには、他の地域および再生可能な熱を使用することも不可欠です

供給源（太陽熱、地熱、廃熱、およびヒートポンプあり/なしの熱）です。バイオマスDHプラントおよび局所加熱ネットワークは、これらの熱源を統合して使用可能にするための理想的な出発点です。どのような場合でも、これはより複雑な工場の構成と、異なる熱源間の相互作用につながります。個々の発電機の要件とその効率的で低排出性の相互作用を特に考慮して、包括的で詳細な計画に細心の注意を払うことが何よりも重要です。

## 1.4 バイオマスからのエネルギー対策の推進

再生可能エネルギーの供給を迅速に実現し、好ましくない枠組み条件（CO<sub>2</sub>価格の不足や低すぎるなど）を補うために、多くの国でバイオマスを拠点とするエネルギー生産工場が推進されています。EU内で最も一般的な支援策は [12]である。

- 投資補助金（返済不能補助金、譲歩的ローン）である。
- 供給料金（固定料金）
- 収入保険料（市場価格の値上げ、費用補助金の引き上げ）が含まれています。
- 税金の免除または救済
- 税金の払い戻し
- 法的規制（例CO<sub>2</sub>排出量取引、再生可能株のターゲティング、CO<sub>2</sub>の価格です）

電力分野では、主に飼料の関税や飼料の保険料が適用されますが、一方で、投資補助金が熱産業の中心となっています。一方、税制上の優遇措置はあまり頻繁には使用されません。2015年のパリ気候変動協定以降、再生可能エネルギーの促進に関する法的要件もますます採用されてきました。これには、暖房用オイル、天然ガス、石炭の段階的な廃止や、住宅建設における再生可能エネルギーの割合の再要件などが含まれます。バイオエネルギー部門は、2018年にEUと加盟国から約140億ユーロの支援を受けました（再生可能エネルギー源の総支援額は73億ユーロ） [13]EU全体のエネルギー資金の約8%がバイオマスに費やされていますが、それでも30%（500億ユーロ）以上の資金が化石燃料に費やされています。

国によっては、バイオマスの暖房設備やその周辺・地域の暖房設備、個別の商業・民間バイオマスプラントの建設、拡張、最適化、改修等の資金が提供されています。投資補助金の資金調達率は、多くの場合、20～40%です。暖房分野に重点を置いた一般的な資金調達要件は次のとおりです。

- システム全体で再生可能エネルギー源の最小シェアです
- ボイラー、暖房ネットワーク、システム全体の効率性（ボイラー効率、熱の損失のベンチマークなど）を示します。

- ディストリビューションネットワークの接続密度は十分です
- 最大許容戻り温度
- CO<sub>2</sub>削減の最小化を実現します
- 法的に規定されている排出ガス要件よりも厳しい要件があります
- エネルギー源は化石から再生可能に変わります
- 温泉施設の改装と組み合わせて利用できます
- バイオマス地区加熱プラントの品質管理 [www.qm-biomass-dh-plants.com](http://www.qm-biomass-dh-plants.com)を参照
- その他の品質保証要件があります

資金調達の機会や資金調達の手順に関する現在および詳細な情報は、該当する国および地域の資金調達機関から入手する必要があります。

各国で既に実施されているように、国内/国際的なCO<sub>2</sub>価格の導入は、バイオマスやその他の再生可能エネルギー源に基づく持続可能な再生可能熱供給への切り替えを促進するための補助金の有効な補完および代替となります。



## 2 バイオマス DHプラント用の QM

### 2.1 原点と目的

スイス、バーデンビュルテンベルク、バイエルン、オーストリアは、バイオマスDHプラントの品質基準を共同で作成し、2004年から「QM Holzheizwerke」という名前で提供しています。重点は、熱発生プラントや暖房ネットワークの設計、計画、実行を専門的に行うことにあります。重要な品質基準は、高い運転安全性、正確な制御、優れた空気衛生特性、経済的な燃料物流です。この目標は、プラント全体の効率的で低排出ガスで経済的な運転を実現することです。

バイオマスDHプラント向けQMは、プロジェクト関連の品質管理システムです。これにより、複数の会社が関与する期間限定のプロジェクトで品質が定義され、チェックインされます。

### 2.2 なぜバイオマス DHプラントでQMを使用するか？

木材加熱システムは、特に暖房ネットワークを備えたもので、投資コストが高く、減価償却期間が長い長期的な基盤となっています。それに応じてリスクが高くなります。建設活動は、新建物やリノベーション部門の両方で大きな変動を受けるため、需要の拡大を予測することは困難です。現在再生可能な化石のない発電に向けて変化している将来のエネルギー状況についての予測は、同様に難しいものです。

そのため、専門的なプロジェクト管理は、暖房ネットワークを備えた大型の薪火力発電所の実現と運用を成功させるための、無許可の前提条件となります。プロジェクト管理に不可欠なコンポーネントです

品質管理であり、品質要件と責任関係が定義された文書化（Qプラン）の形で設定され、工場が実現する前に、事業計画などでエコノミック生存率の評価を行います。これにより、低投資コストで高い年間効率を達成するプラントを建設し、メンテナンスや排出量を低く抑えて運用し、高レベルの供給セキュリティを実現できます。

したがって、バイオマスDHプラントのQMは、バイオマスDHプラントや加熱ネットワークの補助金へのアクセスリンクに最適です。補助金を品質要件とリンクさせることで、対象を絞った長期的かつ持続可能な補助金の使用が保証されます。オーストリアでは、バイオマスDHプラントに対するQMの適用は投資補助金を受けるために必須である。EU監査院は、補助金と組み合わせたバイオマスDHプラントに対するQMの適用について、「特に推奨される手順」として説明しました [14]

バイオマス DHプラントのQMは、新しい暖房設備の建設、暖房ネットワーク、暖房設備のボイラーの交換、または暖房ネットワークの防錆に使用できるさまざまな品質保証手順を提供します（図2.1）。サイズと複雑さに応じて、次のようになります。

- **QMstandard®**  
標準手順では、計画および実装プロセス全体を5つのマイルストーン（MS1～MS5）で扱います。
- **QMstandard®の簡易バージョンです**  
特定の条件下では、簡素化されたバージョンには、計画作成と実現の中で5つのマイルストーンのうち3つしか含まれていません。  
バイオマスボイラーを交換したり、加熱ネットワークを拡張したりする際には、個々のマイルストーンで簡素化された要件を適用することもできます。
- **QMmini® (qm:kompakt - qm compact)**  
この非常に単純化された手順は2段階で実行され、図2.1に示すACコード化出力範囲に追加の化石ボイラーがないシステムにのみ使用できます

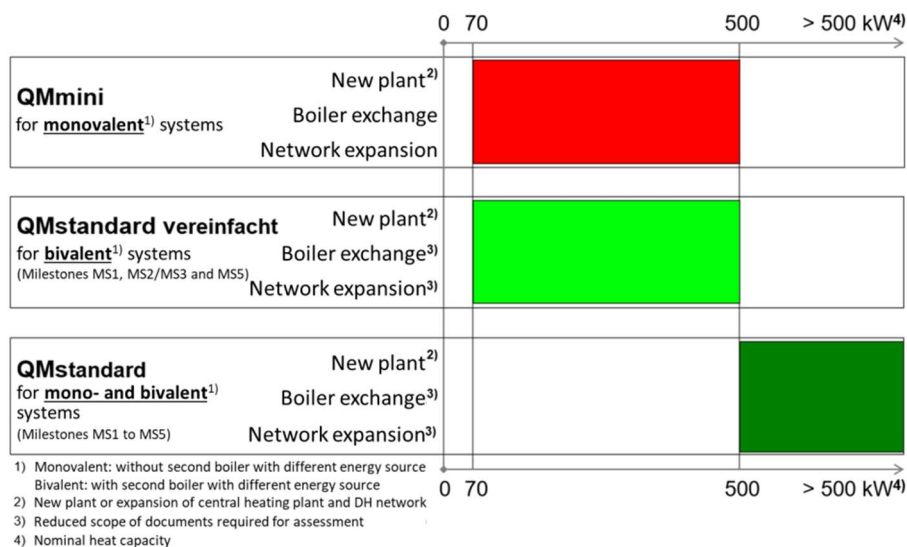


図2.1 スイスにおけるQMstandard®およびQMmini®の適用範囲

経験的な値に基づいて、バイオマス DHプラントのQMには品質要件（Q要件）が定義されています。最も重要なのは、需要評価と適切なシステム選択、発熱および地域暖房ネットワークの設計、燃料の分類、および運用の最適化に関連するものです。

プラントの試運転後の系統的な運用最適化の実施は、バイオマスDHプラントの品質保証において不可欠で必須の部分です。1年目の運用では、最も重要な運用データを記録し、異なるオペレーティングステータスに対応するように評価する必要があります。これらは、工場が合意された品質要件（Q要件）を満たしているかどうかを証明するための基礎を形成します（第16章を参照）。

## 2.3 QMstandard®

### 2.3.1 最も重要なプロジェクト参加者

QM バイオマスDHプラント手順の品質保証に関与する最も重要な人は次のとおりです。

- **クライアント** または認定された代表者は、品質基準を抑制し、プロジェクトの経済的な実行可能性に責任を負います。
- **品質管理者（Qマネージャ）** は、品質管理システム「QM for Biomass DH plants」が定義、実装、および保守されていることを確認します。この目標を達成するために、Qマネージャはビルドインオーナーとメインプランナーにアドバイスします。アクティビティには、品質計画、品質チェック、品質管理が含まれます。
- **メインプランナー** は、エンジニアリング契約で指定された計画サービスの範囲内で、システム全体（バイオマス暖房設備および暖房ネットワーク）の品質を顧客に提供します。バイオマスDHプラントのQMに従って、プロジェクト計画のためのメイン計画担当者を指定する必要があります。

### 2.3.2 タスクと責任

プロジェクトの通常のコースでは、クライアントまたはクライアントの担当者が次のタスクを実行します。

- Qマネージャを任命し、メインプランナーの試運転を行います。バイオマスDHプラントのQMを可能な限り早期に設置します。
- 明確な組織構造と、すべてのタスク領域で正確に定義された責任と能力を持つプロジェクトを編成します。
- 木材燃焼熱発生の後援（事業会社）の組織および法的形態を規制します。
- たとえば、ビジネスプランを利用して経済性を証明できます。
- 資金調達を確保します。
- プロジェクト参加者が提出したドキュメントの承認です。
- 必要な公的許可および輸送権を調達します。

Qマネージャのタスクは次のとおりです。

- **バイオマスDHプラントのQMに関連するすべての管理作業**：クライアントおよびメインプランナーとの連携でQMシステムをセットアップし、必要な会議を組織化して、QMでバイオマスDHプラントに必要なドキュメントを準備します。
- **品質計画**：品質計画（Qプラン）の品質要件の明確な定義は、クライアントおよびメインプランナーとの共同報酬であり、Qプランに記載されているQ要件がテクノロジーの認識されたルールに準拠していることを確認します。
- **品質チェック**：各マイルストーンで、すべてのドキュメントとデータが使用可能かどうか、およびQプランで合意された品質要件が合意された許容範囲内であるかどうかを確認します。
- **品質管理**：品質の逸脱が適切なタイミングで特定および修正されていることを確認します。品質の逸脱が特定された場合、Qマネージャはクライアントおよびメインのプランナーと協力して解決策を見つける必要があります。

Qマネージャは、実現されたシステムについて法的責任を負うものではありません。これは、主なプランナーとそのコミッションの範囲内の製造業者、および建物所有者に対する最終的な責任です。

**メインプランナー** は、エンジニアリング契約で指定された計画サービスの範囲内で、システム全体（バイオマス暖房設備および暖房ネットワーク）の品質を顧客に提供します。必要な品質は、次の6つのサブエリアにあるバイオマスDHプラントのQ-Plan of QMで指定されています。

- 需要評価と適切なシステム選択を行います。
- 加熱ネットワーク
- 熱の発生
- プラントドキュメント
- 受け入れ
- 運用の最適化を実現します

### 2.3.3 マイルストーンを使用して計画を立てます

図2.2 に、バイオマスDHプラントのQMプロセスの概要と計画手順を示します。手順と計画の手順については、品質ガイドライン（Q-Guidelines）（2.3.4および [15] 章を参照）に詳細に説明されています。

Qマネージャはクライアントが任命し、バイオマスDHプラントに対するQMの実装を担当します。メインプランナーもクライアントによって任命され、プラント全体の計画を担当します。これらのドキュメントは、品質要件をQプランのメインドキュメント（マイルストーンMS1）に記録します。計画作成プロセスは、5つのプロジェクトフェーズに分かれています。バイオマスDHプラントのQMは、マイルストーン1の予備研究段階ですでに確立されているため、品質計画作成（Qプランニング）を可能な限り早期に開始できます。マイルストーン2、3、4は、プロジェクトの進行中に品質チェック（Qチェック）および品質管理（Qコントロール）に使用されます。これにより、品質偏差が検出され、

時間内に修正されます。QMの結論バイオマスDHプラントは、少なくとも1年間の運用最適化後、マイルストーン5になります。

個々の国におけるバイオマスDHプラントに対するQMの手順および適用は、それぞれの慣習的な計画および資金調達の手順に適合するように、フレームワークの条件に適合させることができます。これは、例えば、アプリケーションの分野やQMstandardの指定、簡素化されたバージョン、QMmini、または個々の文書や品質基準の適合や補足を意味します。国別適応については、ここでは詳しく説明しません。バイオマスDHプラントのQMの再確認国内連絡先は、より詳細な情報を提供できます。

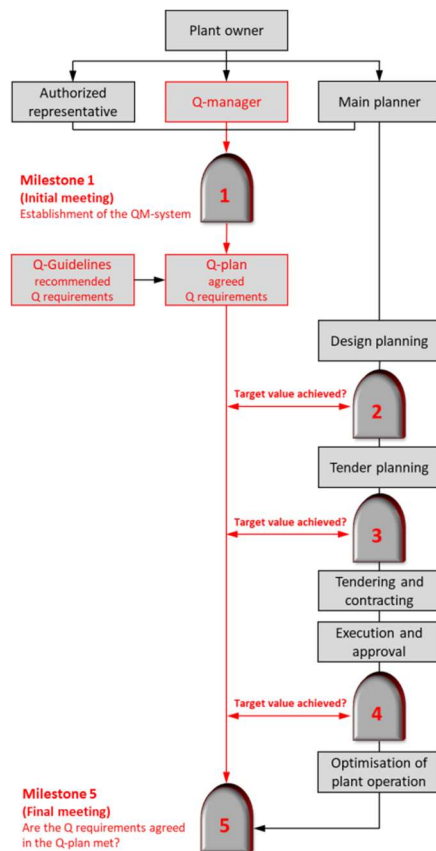


図2.2を参照してください バイオマスDHプラントのQMプロセスです。

### 2.3.4 Qプラン

バイオマスDHプラントのQMでは、可能な限り文書化と管理作業を行う必要はありません。中央ドキュメントは、次の2つの部分で構成されるQプランです。

- マイルストーンでのバイオマスDHプラントに対するQMのタブ処理中に作成されるメインドキュメントです
  1. ここでは、品質要件と責任について合意し、工場が実現する前にプロジェクト固有の基準で定義します。
- Excelテーブルを含む追加のドキュメント。これは、バイオマスDHプラントのQMによって作成され、各マイルストーンに到達したときに作成されます。補足ドキュメントは、プロジェクトの進行中に品質チェックと品質管理に使用されます。

### 2.3.5 Q -ガイドライン

Q計画に不可欠な部分は、Qガイドライン [15]です。バイオマスDHプラントのQMプロセスを説明します。また、加熱ネットワークを備えた木質焼熱プラントの計画と建設において、今日満たさなければならない品質要件についても詳しく説明します。QガイドラインとQプラン（メインドキュメント）は同じ構造を持つため、両方のドキュメントを非常に簡単かつ実用的な方法で並行して使用できます。

- プロジェクトの参加者です
- バイオマス DHプラント用のQM設置
- マイルストーンを含むプロジェクトスケジュールです
- クライアントが提供するサービスです
- サービスとQ要件メインプランナです
- 燃料の定義です

付属書のQ-Guidelinesには、以下の毛皮に関する情報が記載されています。

- オーストリアの特別な規制です
- キャピラリチューブの最大流速です
- グラフィックス：
  - 接続密度に応じて熱分布が失われます
  - 熱発生 of 具体的なコストです
  - 熱発生 of 具体的なコストです
- Q-発熱の要件（表形式の重複表示）です。
- 低負荷運転のための最小の日常暖房負荷です
- QMstandardに従って、マイルストーンMS1～MS5のチェックリストを作成します。ボイラー交換およびネットワーク拡張のための追加チェックリストです。
- Qプランのメイン文書および追加文書（サンプル）を作成します。

### 2.3.6 プランナー向けのツール

バイオマスDHプラントのQMには、計画担当者用の追加ツールが用意されています。最も重要なのは次のとおりです。

- 標準水流圧方式は次のとおりです。熱生成バリエーションに関する実証済みのソリューションコンセプトをまとめたものです。測定点の指定と位置を含む原理スキーム、ボイラー回路の水流圧設計、制御図を含む各種制御回路の機能説明、最適な動作の測定点リスト、データ記録の仕様などの詳細な文書が含まれています。また、キャピラリーの設計とキャピラリーポンプの制御に関する情報も含まれています。個別の標準水流スキームのWordドキュメントは、プランナが使用できます。このドキュメントは、プロジェクトに応じて入力および調整されます。
- バイオマスボイラーを1台または2台搭載したシステム用のサンプル提案です。プランナは、入札テンプレートとしてWord文書を使用できます。このテンプレートには入札の重要な要素が含まれ、プロジェクトに応じて完了および調整できます。
- 計画ハンドブックこのハンドブックでは、計画プロセスの詳細な説明を提供しています

また、最先端のバイオマスDHプラントは、暖房ネットワークを切り離しています。さらに、最適な運転の要件について説明し、計画および最も重要なプラントコンポーネントのすべての重要な側面について基本的な知識を提供します。

- **QMstandardに従って、マイルストーンMS1～MS5のチェックリストを作成します。** それぞれのマイルストーンに提出されるドキュメントについて説明します。新規設置、ボイラーの再配置、およびネットワーク拡張のためのチェックリストです。
- **需要の評価と適切なシステム選択を行うためのExcelツールです。** ツールでは、基本的な顧客データ（年間の熱需要、出力需要、エネルギー基準領域）の妥当性がチェックされます。プラントの位置の気候条件、および地域加熱パイプラインの長さや熱損失が指定されます。このため、このツールを使用すると、プロジェクトの開始時に発熱と熱分布の初期設計が可能になり、最も重要なQ要件への準拠を確認できます。計画の進行に伴い、データはさらにマイルストーンで更新されます（第11章を参照）。
- **Excelツール「Erneuerung Holzenergieanlagen」（バイオマス地区加熱プラントの再利用）：** コンサルティングツール「Erneuerung Holzenergieanlagen」はExcelファイル [16] です。ここには、評価に関する最も重要なシステム固有のデータを入力できます。入力後、ユーザーはベンチマークを使用した自動データ評価によってラフ解析を受けることができます。ツールを使用して、推奨事項を提示し、さらに詳しい工具および情報を参照することができます。プランナー、コンサルタント、プラントオペレーターは自由に利用できます。
- **Excelツール 経済的利益率の計算：** このツールを使用して、25年間のプラント運転期間中に予算計上された貸借対照表と予算計上された収入明細書を作成します。このツールを使用して、プロジェクト期間中の関税モデルとコスト開発、経済的ボトルネック、プロジェクトの早期成功を判断できます（第10章を参照）。
- **よくある質問：QM(QM for Biomass DH)プラント作業グループは、技術的な質問(FAQ)に関する詳細な情報をウェブサイト [17] で提供しています**

バイオマスDHプラント向けQMによる品質保証により、プロジェクトの過程で情報や文書の交換や定期的な更新が再保証されます。最も単純なケースでは、これは電子メールと紙で行うことができます。便利な代替手段として、標準化されたフォルダ構造と、プロジェクトのQM関連ドキュメントが保存されている特定のアクセス権を持つシンプルなクラウドソリューションがあります。

**データベースをプロジェクトプロセスのツールとして使用します**

オーストリアでは、QMプロジェクトの数が多いため、Webインターフェイスを備えたデータベースが、QMプロセス全体を連携させるように開発されました。これにより、すべてのプロジェクト参加者と、連邦政府および地方の資金調達機関が同じ情報および文書にアクセスできるようになります。

- すべてのプロジェクト参加者（クライアント、計画会社、QMマネージャ、資金調達機関、高度なQM管理）の中央アクセスポイントです。
- プロジェクトごとの特定のアクセス権です
- クライアント、メインプランナー、およびQMマネージャのQガイドラインにロールと特定の承認を割り当てます。
- QMプロセスの完全なマッピングとドキュメント化。マイルストーンの完了時に読み取り専用のフォーマットが含まれます
- すべてのドキュメントのアップロードおよびダウンロード機能です
- マイルストーン完了の自動通知です
- 年次オペレーションレポートのアップロードと自動評価を行います
- 記録されたバイオマスDHプラントやヒートネットの品質の向上を評価します
- 資金処理への直接リンクです
- 資金提供機関、Political、行政機関にとって重要なデータベースです

## 2.4 QMmini

### 2.4.1 適用範囲

QMminiは、出力範囲が約100kW～500kWのシステムのQMstandardの補足として開発され、2011年から提供されています。同じ品質目標をより容易に達成するために、用途の範囲は生産面で制限されるだけでなく、1つまたは複数のバイオマスボイラーを使用した設置など、単価設備を備えたシンプルなシステムに限定されます。QMminiは、既存のバイオマスボイラーの交換時や既存の加熱ネットワークの拡張時など、既存のシステムにも適用できます。

図2.1に、QMminiとQMstandardの間のアプリケーションの範囲と境界を示します。

### 2.4.2 手順

QMminiは2つのフェーズで動作します。フェーズ1では、プラントの設計がプロジェクトフォームQMminiでレビューされます。フェーズ2では、マイルストーンMS5と同様に、さまざまなドキュメントとプラントの動作に関する情報が分析され、最終的なQMminiメッセージに記録されます。

### 2.4.3 ドキュメントとツール

QMminiには、計画担当者およびスイス国内のインストール担当者向けに次のツールが用意されています。

- 品質サポートQMminiのプロジェクト手順です
- 品質サポートQMminiのプロジェクト手順です
- QMminiのプロジェクトフォームに例を示します (Excelベース)。

オーストリアでは、QM: Kompaktという用語の下で、400 kW未満の「局所加熱システム」についても同様の手順が提供されています。



### 3 プロジェクト開発

#### 3.1 kWhからの考え方

バイオマス地域の暖房プロジェクトはすべてアイデアから始まります。これにはいくつかのトリガーがあります。

- 良い例です
- 気候政策の目標です
- 化石加熱システムの今後の交換（公共ビルなど）が予定されています。
- 低品質バイオマス燃料の販売に問題があります
- 政治的な義務です
- 空間計画の要件（エネルギーマスタ計画など）です。
- 業界団体、エネルギー機関、サービスの計画などが

経験から、「アイデアから熱や電気kWhまで」の道りは長いことがわかります。多くの場合、わずかなアイデアでプラントの建設が直接行われます。プロジェクトの実装に時間がかかるまで、アイデアには数回の試行が必要になることがあります。課題は、初期段階でシンプルな概念を構築することです。これにより、プロジェクトのさらなる開発と放棄の間で意思決定を行うことができます。決定が行われた場合は、次のようになります

このプロジェクトをさらに発展させるために、複雑な計画フェーズが開始されます。ここでの課題は、後でプロジェクトを放棄せずにパスを正常に完了することです。バイオマスDHプラントのQMに基づくプロジェクト開発のプロアクセスの概要については、Q-ガイドライン [15]を参照してください

このアイデアとプラントの試運転の間には、技術的および経済的な質問について話し合い、回答することに重点が置かれます。しかし、初期のプロジェクト段階では、技術的なものではない側面についても、特に重要なものが現状です。主要なバイオマス地域の暖房設備はすべて、対人プロセスを誘発します。事業会社の設立か、熱の消費者の買収かは関係ありません。これらのプロセスは、適切なプラント技術を選択するだけでなく、プロジェクトの成功にとっても同様に困難で決定的なものとなる場合があります。

バイオマスDHプラントのQMを構築するには、初期のプロジェクトフェーズが不可欠です。バイオマスDHプラントに対するQMの標準および推奨事項がプロジェクトに組み込まれる前に、実装が容易になります。

バイオマス地域加熱プロジェクトの開発には、様々な人々や関係者が関与しています（図 3.1参照）。彼らは、異なる関心を持っているだけでなく、異なる視点や期待を持っています。それらを建設的にまとめることは非常に重要である。

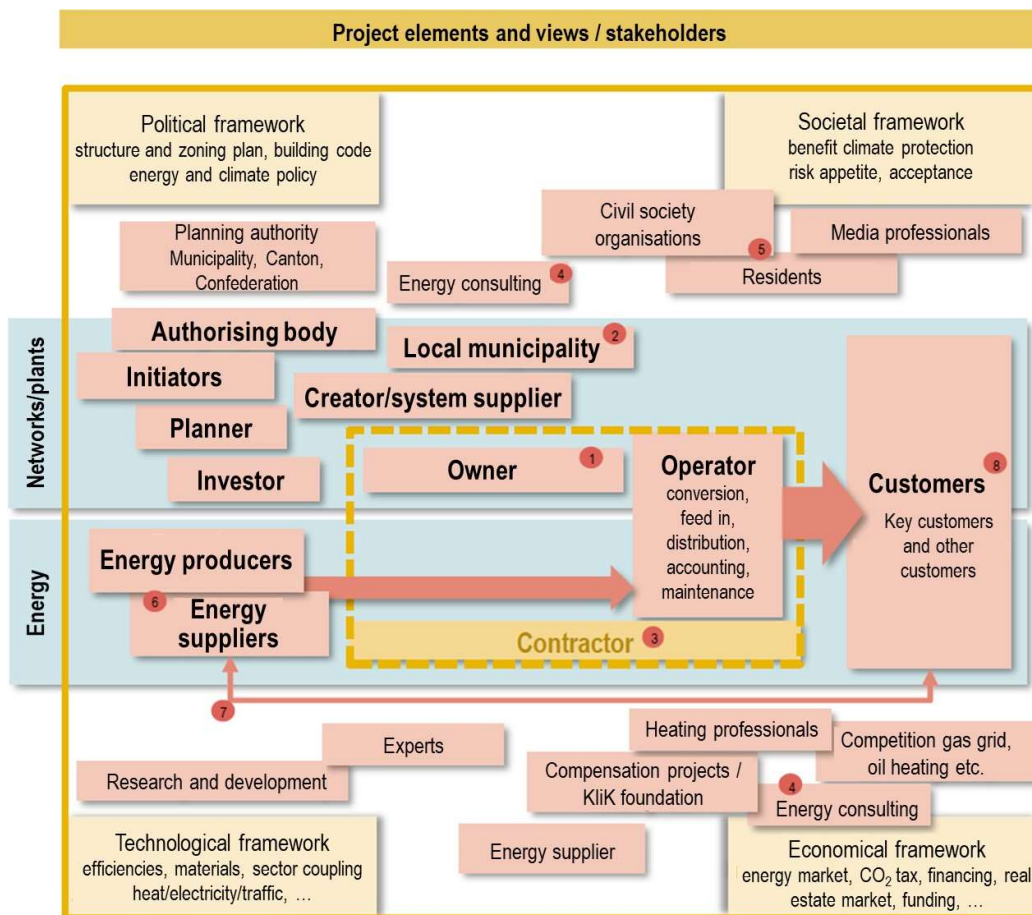


図3.1 さまざまな関係者のプロジェクト要素と視点 [18]

### 3.2 実行可能性スタディ(FS)

アイデアを追求すべきか破棄すべきかという基本的な決定の基礎は、通常、柔軟性調査（予備調査、粗分析、予備計画、プロジェクトおよび計画準備など）です。実現可能性の調査は、プロジェクトを実装するかどうかを決定するための信頼性の高い基盤を作成するのに役立ちます。

バイオマス地域の暖房設備は初期投資が多い長期的なインフラプロジェクトであるため、実行可能性に関する研究は非常に重要であり、総合的かつ専門家による準備が必要である。詳細な計画や実装計画は含まれていないため、これを置き換えることはできません。

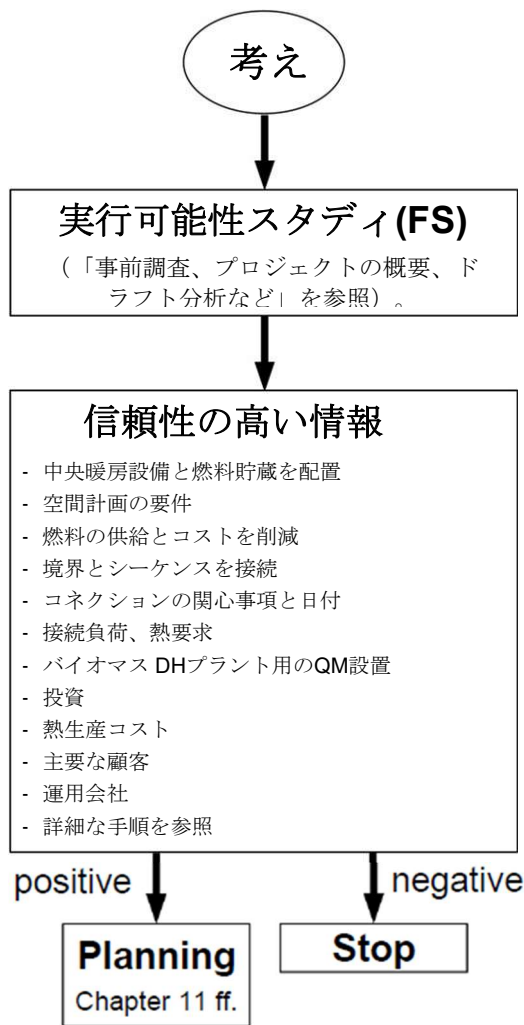


図3.2 実現可能性調査をプロジェクト開発に統合

実現可能性の調査は通常、事業会社（スポンサー）なしで実施され、プロジェクトの管理者はいません。そのため、多くの場合、資金調達は困難です。市町村またはエネルギー供給会社がプロジェクトの考えにかかわったら、時々融資を引き継ぎなさい。また、専門団体やエネルギー機関などの低コストのコンサルタントを使用することも可能です。

初期プロジェクト開発フェーズをサポートします。時々計画のオフィスはプロジェクト考への開始者であり、前払いをする。また、個々の枠組みの条件によっては、連邦政府、連邦州/カナダ、または金融機関による参加または資金調達も可能です。

図3.2 は、決定を可能にするために、実現可能性調査でどの質問を明確にする必要があるかを示しています。ただし、これらは常にケースごとに定義する必要があります。プロジェクト開発およびその後の計画プロセスは、潜在的なリスクを早期に特定して検討できるように、付随するリスク分析によってサポートされます。

#### 3.2.1 中央暖房設備と燃料貯蔵の場所

建設作業の集中化や住宅地の拡大により、暖房設備や燃料貯蔵施設に適した場所を見つけることがますます困難になっています。そのため、商業地域、産業地域、既存の拡張拠点、または既存の2つ以上の暖房設備を統合する場所が理想的です。さらにプロジェクト開発を受け入れるためには、実現可能性調査の一環として一般的な場所を評価することが有利です。そのため、暖房設備と燃料貯蔵の可能な場所を評価することは、プロジェクト開発において最初かつ最も重要な作業の1つであり、できるだけ早く取り組む必要があります。今日それはより多くのそしてより多くのローカルが決定を訴えるために権利を利用していることを心に留めておかねばならないプラントがあることであるより大きい、この面はある。サイトが見つからない場合は、他の質問が明確になっていない可能性があります。サイト評価の最も重要な基準は次のとおりです。

- スペース環境と既存のインフラ（電力、水、下水、電気通信など）があります。
- 燃料供給に適合（住宅地、校舎などを経由した交流を避けるなど）。
- 燃料および作動材料の供給が保証されています
- 地勢（例：人が住んでいる斜面のふもとでは好ましくありません）
- 風の方向
- 所有権
- 供給エリアに近接しています（長い加熱パイプの切断を回避）。

#### 3.2.2 空間計画の要件

また、サイト評価の一環として、計画したサイトと国およびサイト固有の空間計画の枠組み条件の適合性についても検討する必要があります。農業地帯または森林内のサイトでは、国固有の承認および再ゾーニング手順が必要です。プロジェクトの開発のためには、この時間を考慮する必要があります。

### 3.2.3 燃料の供給が可能

地域性は、バイオマス地域の加熱プロジェクトの発展のための重要な議論である。そのため、地域の燃料供給と供給の安全性を早期に明確にする必要があります。これには、特に品質とコストが含まれます。多くの場合、潜在的な燃料供給業者との仮契約に署名することが推奨されます。大規模なバイオマスDHプラントの場合は、燃料供給を確認することをお勧めします（第4章を参照）。

### 3.2.4 接続の周辺と接続の関心事項

熱調達密度または接続密度（12章を参照）を使用すると、初期の暫定的な接続周辺を簡単に定義できます。これは、暖房ネットワークのフレームワークを形成する接続（主要な顧客）で相互に取り込まれる、確立された大規模な消費者を中心にグループ化するのが理想的です。主要な顧客の関心は、まだ知られていない場合は調査によって決定されます。最も重要な情報は次のとおりです。

- 接続の基本的な関心事項
- 接続時間が想定
- 前回の最終エネルギー需要の平均
- 既存の加熱システムの使用年数
- 建物のサービスの延長または改装を予定

接続の基本的な興味についての質問は、プロジェクトが開発の特定の段階に達したときのみ詳細に決定できるので、拘束力のある加熱価格を指定せずに、初期段階で質問されます。したがって、答は結合しないため、信頼性が低くなります。接続の決定は、主に熱生産コストに依存します。これらは、接続されるプロパティの数、接続される負荷、および接続日によって決定されます。そのため、主要な顧客は非常に重要です。詳細な手順は、「地域暖房ネットワークの計画ハンドブック」[19]にも記載されています。

この調査結果を使用して、接続された負荷とエネルギー需要の初期基準値を決定し、初期需要評価を作成できます（第11章を参照）。

### 3.2.5 コンセプト案

初期段階では、プラントの初期ドラフトコンセプトを作成することをお勧めします。これにより、バイオマスDHプラントのQMの規格と要件が一方で、それぞれの法的規制（大気汚染制御、灰の処分など）が最初から考慮されます。

### 3.2.6 投資と熱生産コスト

投資および熱生産コストは、見積、経験、および参照値に基づいて推定されます。熱生産コストにより、第1回熱需要調査に登録された結合性のない利益をコストで実証し、潜在的な熱顧客の関心を再度照会することができます。

潜在顧客との有益なミーティングは、良いアイデアであることが証明されています。調査に参加した人々は、その後の調査に関する情報を期待します。同時に、このようなイベントは、広告収入のある顧客を獲得するためにも役立ちます。

熱コストは、すでに3部の熱関税（10.5章を参照）の形で提示され、他の種類の暖房のコストと比較されている必要があります。

## 3.3 その他の側面

### 3.3.1 資金調達

投資は、多くの場合、個別の接続料金、独自の資金、補助金、およびローンによって融資されます。理想的には、投資コストの約25%が、1回限りの接続料金でカバーされます。公共部門からの資金援助の場合、銀行融資の状況は、かなり良好になります。また、年金基金（年金基金など）や持続可能な投資形態（資金、債券など）、市民参加モデルによる資金調達も興味深いものとなります。

### 3.3.2 事業会社

基本的に、以下の会社形態が事業会社として適しています。

- 民間企業です
  - 個人事業者
  - パートナーシップ（民事訴訟のパートナーシップなど）
  - 企業（公共の有限会社、有限責任会社など）
  - 協同組合
- 公営企業
  - 個人法に準拠していないフォーム（例：自由行政法人）
  - 民間法フォーム（例：純粋に公的な限定企業）

最も適した企業形態は、さまざまな要因（融資、顧客の構造、公共部門の役割など）に依存し、常に状況に応じて明確にする必要があります。別の事業会社を設立することができない場合は、契約を変更する必要があります。

### 3.3.3 成功要因と「障害」

プロジェクト開発の初期段階で最も重要な **成功要因** は、「Sozio ö konomische Aspekte thermischer Netze」 [18]の再移植によるものです

- 専門的なプロジェクト開発と実現可能性の調査を行います
- 社会経済的側面を考慮します
- モチベーション、行動範囲、意思決定メカニズムに関するステークホルダーを特定し、分類します
- 責任を早期に明確にします
- 最初から明確なベンチマークの通信（接続密度の目標値、熱伝導コスト、必要な接続の進行状況など）を行います。
- 主要な顧客
- 当局、住民および他の興味を起こさせられた党によって既存の、同じような例に訪問しなさい
- プロジェクトを推進するユーザー
- 本社と地域暖房ネットワークを段階的に拡張
- 公的機関からのサポート
- 森林（支持者）のメリットを強調
- 早期の透明性の高い情報
- バイオマスの利点を強調します。再生可能、CO<sub>2</sub>ニュートラル、気候に優しい、地域的価値、および人々

プロジェクト開発の初期段階で最も重要な **成功要因** は、「Risiken bei thermischen Netzen」 [20]の再移植によるものです

- 情報が不足しているか、遅れ
- 接続電位の過大評価
- 反論と苦情
- 時間的なプレッシャー（道路工事、主要なお客様など）
- 単一の側面（微細な粉塵排出など）を削減
- 依存を恐れ
- 悪い例の通信
- 負のプレス



## 第2部 -基本

## 4 バイオマスからのエネルギー

### 4.1 序章

燃料の質はバイオマスの暖房設備の重要な面である。燃料費だけでなく、使用される木材の品質も、プラントの効率や大気汚染物質の生成に影響を与えます。そのため、プラントの運転会社と燃料供給装置の間のサプライコントラクトにおいて、品質パラメータがますます重要になっています。

人間性の影響（砂利や土壌などの鉱物物質による汚染など）に加えて、バイオマスの品質を決定する自然なパラメータがほとんどです。天然燃料組成は、バイオマス加熱プラントの運転に不可欠な3つの要素に影響します。正味発熱量 (NCV) [MJ/kg]は、主に可燃性木材成分の炭素と水素によって決定されます。水と灰の含有量が増加すると、それは減少します。灰の含有量と組成は、汚損やスラグ処理、腐食に影響を与えるため、メンテナンスコストに影響を与えます。

窒素酸化物と粉塵の排出は、燃料の品質に直接関係しています。その他の排気ガスコンポーネント（例CO<sub>2</sub>またはCO）は、[21]使用燃料に直接依存しません次の章では、プラントの作業者が燃料の品質を評価できるようにすることを目的としています。

### 4.2 木材燃料の基本組成

燃料としての木は主に炭素、水素および酸素要素から成っています (表4.1)。燃料の種類に応じて、窒素と硫黄も濃度が1%を超える場合に発生することがあります。発熱量は、炭素と水素の含有量によって決まります。燃料に結合される酸素は酸化プロセスを支えます。硫黄は燃料の発熱量に寄与し、SO<sub>2</sub>またはSO<sub>3</sub>に酸化されます。燃焼後は、さらに反応して他の化合物を形成できます。硫酸化物 (SO<sub>x</sub>) は、空気を汚染するため、望ましくない排出成分です。燃料に結合された窒素は、木製燃焼システムの不必要な窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の形成に不可欠な要素です。

二次要素は決定的な灰の生成物である。燃料の灰含有量は発熱量に影響を与え、プラント技術と連動して粉塵排出量に影響を与えます。また、灰の含有量や灰の構成部品は、設備の汚損やスラグに大きな影響を及ぼします。カリウム、ナトリウム、塩素、硫黄の元素には特に注意が必要です。

カリウムとナトリウムの2つの元素は、灰軟化点の低下に寄与します。これらは、腐食プロセス、汚損（熱交換器パイプなど）、およびアルカリクロライドの形成によるスラッグに影響を与えます。塩化水素 (HCl)、ダイオキシン、フラン (PCDD/F) などの望ましくない化合物は、燃料に結合された塩素から形成できます。塩素と硫黄の成分には腐食性があります。

微量元素は、主に樹木の成長中に環境負荷物質から吸収される重金属の形で木材燃料に含まれています。これらは非常に異なる濃度の燃料に存在し、有毒な効果を有している可能性があります。燃焼後、重金属（排ガス中に気化されている）は、わずかな例外を除き、灰に凝縮または吸収されます。これにより、灰に結合され、自然循環から除去できます（埋立処理や加工など）。木材燃料の場合、特にリサイクル性に関しては、重金属が灰の品質に影響します（第9章を参照）。

### 4.3 参照状態

バイオ固体燃料は可燃性および非可燃性物質で構成されています。非可燃性コンポーネントは燃料の水と灰のコンポーネントで構成され、有機コンポーネントは酸素化プロセスでエネルギーを放出します。有機性物質および鉱物および灰の内容は通常ある特定の範囲内にある間、場所の条件および木種によって価値の範囲内にある、水内容は非常に変わることができる。燃料分析を比較するために、参照状態が定義されています (図4.1)。

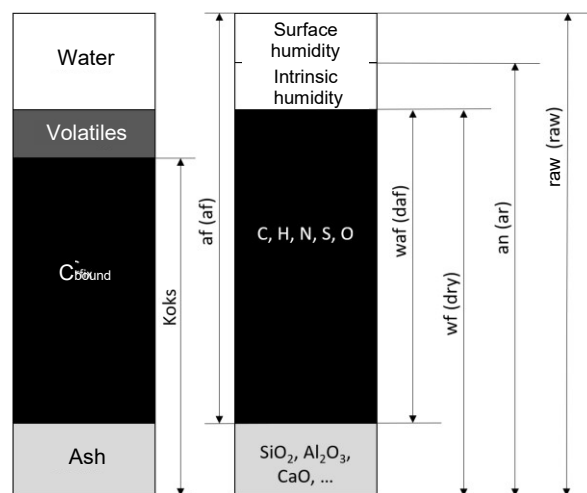


Figure 4.1 Reference states of solid fuels.  
 raw: raw state  
 an (ar): analysis moist  
 wf (dry): water-free  
 af (af): ash-free  
 waf (daf): water- and ash-free

Table 4.1 Elemental composition of energy wood.

Category	Main elements	Secondary elements	Trace elements
Elements:	Carbon C Oxygen O Hydrogen H Nitrogen N	Phosphorus P Potassium K Sodium Na Sulphur S Calcium Ca Silicon Si Magnesium Mg Chlorine Cl	Boron B Copper Cu Iron Fe Manganese Mn Zinc Zn Lead Pb Chromium Cr Arsenic As Cadmium Cd Other elements
Scale:	> 1 % or > 10,000 mg/kg	0.01 - 1 % resp. 100 - 10,000 mg/kg	< 0.01 % resp. < 100 mg/kg
Influence on:	Energy content	Ash quantity/behaviour, emissions, corrosion	Ash utilisation, emissions

たとえば、無水状態の燃料サンプルの正味発熱量は、 $NCV_{wf} = 19 \text{ MJ/kg}$ です。加熱プラントに送られると、生の状態の同じサンプルの正味発熱量は $NCV_{raw} = 8.2 \text{ MJ / kg}$ で、含水量は50%、灰分は0.5%になります。5つの参照状態は、バイオ原性固体燃料の分析結果の正確な仕様と比較 [22]のために、困難になっています

- Raw状態- RAW (RAW)
- 水分分析- AM (受信時) : 空気乾燥状態のサンプル
- 無水- wf (乾燥、d) : 仕様は乾燥燃料
- 灰フリー (af) : 仕様は、灰フリー燃料を示しています。
- 水と灰のフリー-DAF (乾燥、灰なし) : 仕様は、水と灰のフリー燃料を指します。

次の3つの式を使用して、さまざまな燃料状態に関連する解析結果を変換できます。

$$X_{wf} = \frac{X_i}{1 - Y_{H_2O,1}}$$

$$X_{af} = \frac{X_i}{1 - Y_{A,1}}$$

$$X_{daf} = \frac{X_i}{1 - Y_{A,1} - Y_{H_2O,1}}$$

$X_i$  Parameter in reference state i

$Y_{X_i}$  Mass fraction of the fuel parameter X in the reference state i [kg/kg] (A ... Ash)

The **net calorific value** takes into account the enthalpy of vaporisation of the water contained in the fuel (2.441 MJ/kg  $H_2O$ ).

$$NCV_{daf} = \frac{NCV + 2.441 * Y_{H_2O}}{1 - Y_A - Y_{H_2O}} \left[ \frac{MJ}{kg} \right]$$

## 4.4 重要なパラメータ

### 4.4.1 水の含有量と木材の水分

木材燃料には、常に一定量の水が含まれています。これは木材の種類、収穫時間、貯蔵場所、持続時間によって大きく異なり、木材の燃焼品質に影響を及ぼします。水の含有量は、木材表面の水分（特に降水などの外部流体によるもの）と内水（細胞壁、細胞腔、細胞間格子に保存された水）で構成されます。

水の含有量は、水含有量または木材の水分含有量（木材の湿度）のいずれかで示されます。これらの仕様は、それぞれ異なる基準値で異なります。 **In accordance with DIN EN ISO 17225, they are given in**

mass percent (wt-%) [23]. The **water content M** is the most important quality parameter for wood fuels. It describes the water  $m_w$  in the moist fuel in relation to its total mass, which is composed of the mass of the anhydrous fuel  $m_B$  and the water  $m_w$  contained in it.

$$Y_{H_2O} = \frac{m_w}{m_B + m_w}$$

$$M = \frac{m_w}{m_B + m_w} * 100$$

$Y_{H_2O}$  Mass fraction of water in the fuel [kg/kg].

M Water content [wt-%]

u Wood moisture [wt-%]

$m_w$  Mass of water in the fuel [kg]

$m_B$  Mass of anhydrous (biomass) fuel [kg]

In contrast, the **wood moisture u** describes the amount of water  $m_w$  bound in the fuel, related to the anhydrous amount of fuel  $m_B$ . Values > 100% are therefore possible for u.

$$u = \frac{m_w}{m_B} * 100$$

エネルギー使用の分野では、水分含有量の表示が広く受け入れられるようになりました。木材の含水率の表示は、従来の林業以外ではかなり珍しいものです。木材の水分は、記載されている含水量から計算でき、その逆も可能です(表4.2)。

Table 4.2 含水率の変換M-木材の水分u。

Water content M [%]	Wood moisture content u [%]
0	0
20	25
25	33
40	67
50	100
60	150

### 4.4.2 灰含有量

灰分は、燃料が完全に燃焼したときに残る灰の量です。燃料に含まれる灰は、その無機部分、主にシリコン、カリウム、ナトリウムなど、4.2章に記載されている微量元素で構成されています。

灰には、燃焼後に灰に付着する微量元素や重金属も多く含まれています。たとえば、燃料中の鉄濃度が50 mg / kg (wf) の場合、燃料の灰分が0.5% (wf) (つまり、無水燃料1kgあたり5gの灰) になると、灰(鉄がFe2O3として灰中に完全に存在すると仮定) から10,000 mg / kg (第9章)。

灰分含有量Aは、使用される燃料の質量m<sub>B</sub>、i (参照状態 i を指定する) に対する燃料中の灰分質量から計算される。

$$V_{Ash} = \frac{m_A}{m_{B,i}}$$

$$A = \frac{m_A}{m_{B,i}} * 100$$

$V_{Ash}$  Mass fraction of ash in the fuel [kg/kg].

A Ash content [wt-%]

$m_A$  Mass of ash in the fuel [kg]

$m_{B,i}$  Mass of the fuel in the reference state [kg].

### 4.4.3 真および総熱量の値

木材燃料の燃焼(完全)中に放出される熱は、真発熱量(NCV)または総発熱量(GCV)で示されます。総発熱量(「加熱値の上昇」も参照)は、指定量の燃料[MJ/kg]の燃焼中に放出されるエネルギーの絶対量を表します。この値には、放出される熱に加えて、煙ガス中の水蒸気の形をしたエネルギー(潜熱)も含まれ、凝縮によって使用可能になります(「凝縮技術」)。バイオマス燃焼システムでは水

通常は、蒸気の形で排ガスとして排出します。そのため、凝縮中に放出された水の気化のエンタルピーを利用することはできません。そのため、木材のエネルギー含有量は通常、低位カロリー値(「加熱値低下」として与えられます。この値は、燃料[MJ/kg]のエネルギー含有量から、水蒸気の形で排出ガスに含まれるエネルギー量を引いたものです。これは燃料の水の含有量に直線的に依存します(図4.2)。表4.3は、水の含有量が発熱量に影響を与えていることを示しています。

発熱量は、EN ISO 18125:2017-08 [24]に従ってラボで計算されます木材の燃焼中、水蒸気は燃料に含まれる水から一方は生成され、他方では酸素に結合された水素の反応から生成されます。総熱量(GCV)から真発熱量(NCV)を計算するには、この水蒸気の凝縮中に放出されたエネルギー量をGCVから減算します。

$$NCV = GCV - h_v * Y_w \left[ \frac{MJ}{kg} \right]$$

$$Y_w = \frac{M_{H_2O}}{M_{H_2}} * Y_{H_2} + Y_{H_2O} \left[ \frac{kg}{kg} \right]$$

$$NCV = GCV - 2.441 * (8.937 * Y_{H_2} + Y_{H_2O}) \left[ \frac{MJ}{kg} \right]$$

- $Y_w$  Specific water content of the exhaust gases during complete combustion [kg/kg].
- $h_v$  Evaporation enthalpy of water  $h_v = 2.441$  MJ/kg
- $M_i$  Molar mass of the fuel parameter i [kg/kmol].
- $Y_i$  Mass fraction of the fuel parameter i [kg/kg]

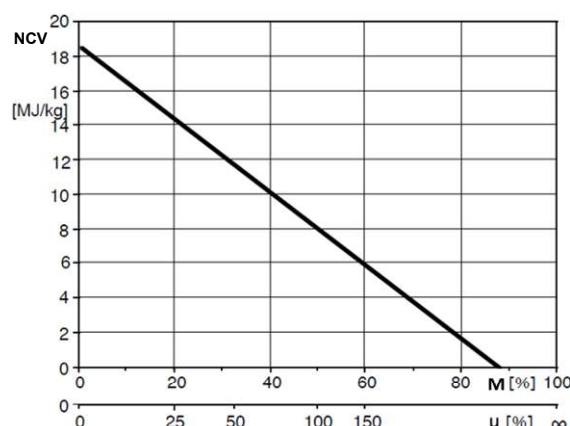


図4.2 木材の真発熱量(NCV)、含水量Mと木材水分uの関係

表4.3木材の発熱量Mは、さまざまな種類の木や測定単位の水含有量Mに応じて算出されます。 Assumption for calorific value in kWh/kg (anhydrous reference basis): 5.2 for softwood and 5.0 for hardwood [25].

Water content M in [wt-%]		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tree type/density <sup>1)</sup>	Unit of measurement	Net calorific value as a function of the water content M												
Spruce 379 kg <sub>wf</sub> /fm	kWh/kg	5.20	4.91	4.61	4.32	4.02	3.73	3.44	3.14	2.85	2.55	2.26	1.97	1.67
	kWh/fm	1,971	1,957	1,942	1,925	1,906	1,885	1,860	1,832	1,799	1,760	1,713	1,656	1,584
	kWh/rm	1,380	1,370	1,360	1,348	1,334	1,319	1,302	1,282	1,259	1,232	1,199	1,159	1,109
	kWh/LCM	788	783	777	770	763	754	744	733	720	704	685	662	634
Pine 431 kg <sub>wf</sub> /fm	kWh/kg	5.20	4.91	4.61	4.32	4.02	3.73	3.44	3.14	2.85	2.55	2.26	1.97	1.67
	kWh/fm	2,241	2,226	2,209	2,189	2,168	2,144	2,116	2,083	2,046	2,001	1,948	1,883	1,802
	kWh/rm	1,569	1,558	1,546	1,533	1,518	1,500	1,481	1,458	1,432	1,401	1,364	1,318	1,261
	kWh/LCM	896	890	883	876	867	857	846	833	818	801	779	753	721
Beech 558 kg <sub>wf</sub> /fm	kWh/kg	5.00	4.72	4.43	4.15	3.86	3.58	3.30	3.01	2.73	2.44	2.16	1.88	1.59
	kWh/fm	2,790	2,770	2,748	2,723	2,695	2,664	2,627	2,586	2,537	2,480	2,411	2,326	2,221
	kWh/rm	1,953	1,939	1,923	1,906	1,887	1,864	1,839	1,810	1,776	1,736	1,687	1,628	1,555
	kWh/LCM	1,116	1,108	1,099	1,089	1,078	1,065	1,051	1,034	1,015	992	964	930	888
Oak 571 kg <sub>wf</sub> /fm	kWh/kg	5.00	4.72	4.43	4.15	3.86	3.58	3.30	3.01	2.73	2.44	2.16	1.88	1.59
	kWh/fm	2,855	2,835	2,812	2,786	2,758	2,726	2,689	2,646	2,596	2,537	2,467	2,380	2,273
	kWh/rm	1,999	1,984	1,968	1,951	1,931	1,908	1,882	1,852	1,817	1,776	1,727	1,666	1,591
	kWh/LCM	1,142	1,134	1,125	1,115	1,103	1,090	1,075	1,058	1,038	1,015	987	952	909
Poplar 353 kg <sub>wf</sub> /fm	kWh/kg	5.00	4.72	4.43	4.15	3.86	3.58	3.30	3.01	2.73	2.44	2.16	1.88	1.59
	kWh/fm	1,765	1,752	1,738	1,723	1,705	1,685	1,662	1,636	1,605	1,569	1,525	1,472	1,405
	kWh/rm	1,236	1,227	1,217	1,206	1,193	1,179	1,163	1,145	1,123	1,098	1,067	1,030	983
	kWh/LCM	706	701	695	689	682	674	665	654	642	627	610	589	562

<sup>1)</sup> Values for kg (wf) per fm without drying shrinkage (density) [26].

The heating values for the cubic metre (rm) were calculated as a flat rate of 0.7 fm/rm and for the loose cubic metres (LCM) of wood chips as 0.4 fm/LCM (for particle size class P16S).

#### 4.4.4 ボリュームの仕様

4.4.3, に示すように、発熱量の値は燃料の質量であり、水の水含有量に大きく依存します。しかし、供給された燃料量の計量は、インフラが不足しているか高すぎるため、小規模なプラントでは不可能な場合がよくあります。したがって、特に小規模なプラントでは、容量ベースで見積燃料量を調整し、この方法で燃料を請求することが一般的です。木材に関連して一般的に使用される林業および木材産業とは異なる容積仕様があります (表 4.4を参照)。

Table 4.4 Room dimensions for energy wood [27].

第2 specification	Definition	Unit
Solid cubic metres	Standing timber stock, 1 m <sup>3</sup> corresponds to 1 m <sup>3</sup> of solid wood mass, in the case of layered wood without spaces between.	fm, m <sup>3</sup>
Cubic metre	Layered wood; corresponding to 1 m <sup>3</sup> including the spaces in between (around 0.8 fm)	rm

Loose cubic metres (bulk cubic metres)	Loosely offloaded quantity of wood; used for logs, wood chips, shavings or similar (approx. 0.4 fm)	LCM (German: Srm)
--	---	-------------------

重要なパラメータは、燃料のかさ密度[kg/LCM]です。これは主に、木材や水の種類に大きく依存する物理的な密度[kg/m<sup>3</sup>]の影響を受けます。かさ密度は、処理された燃料の無腔をACカウントすることもできます。木製の破片および粉砕された材料の場合、これは燃料の充填のスペースを決定的に影響を与えます。密度またはかさ密度と発熱量の値によって、燃料の体積関連エネルギー密度[MJ/m<sup>3</sup>]または[kWh/m<sup>3</sup>]が決まります (表 4.5を参照)。これは、ストレージおよび輸送コストを見積もるための重要なパラメータです。燃料質量 mは、燃料密度 ρ と体積Vから計算できます。(m = V \* ρ)。

ただし、かさ密度は多くの要因に依存するため、非常に不正確な量と見なされます。不均一な燃料寸法がかさ密度を低下させることは一般的に真実です。木材チップの均質性は、燃料の準備プロセスと原料の両方の影響を受けます。シュレッダーまたは低速で動作するチップパーを使用して処理すると、-

多くの破片や擦り切れた骨折を伴う細長い不均一な寸法になります。このような材料のかさ密度は、高速ドラムチップパーで処理された木材よりも低く、そのチップはより滑らかなエッジとより高い割合の微粉を持っている傾向があります。丸太からの破片は均一な次元を持っている間、薄くなる残りの木か景色の維持木に異なった微および粗い結び目の程度が含まれている、また、寸法も非常に異なるため、均一な粒子サイズ（空気ギャップの減少）を使用したり、輸送中に粒子をジョグしたりするなどして、バルクマテリアルを圧縮すると、体積が減少することに注意してください。

固体立方メートル（木の未チップ）からバルク立方メートル（木屑）への転換は、平均的です

表4.5. さまざまな燃料のバルク密度とエネルギー含有量です。

Energy source	Water content [wt-%]	Bulk density [kg/LCM]	Energy content [kWh/rm]	Volume per energy content [m <sup>3</sup> /MWh]
Wood chips (HH) <sup>1)</sup>	30	250 - 330	900 - 1,100	1.10 - 0.90
Wood chips (WH) <sup>1)</sup>	30	160 - 230	600 - 800	1.70 - 1.25
Bark (HH)	50	500	1,000	1.00
Bark (WH)	50	320	750	1.33
Sawdust (HH)	40	230 - 270	650 - 750	1.50 - 1.33
Sawdust (WH)	40	150 - 190	450 - 550	2.20 - 1.80
Sawdust	15	170	717	1.39
Wood shavings	15	90	380	2.63
Briquettes	2	900 - 1,500	4,500 - 7,500	0.17
Pellets	2	670	3,000 - 3,500	0.30
Hard coal	-	870	8,300	0.12
Heating oil extra light <sup>2)</sup>	-	840	10,000	0.10

<sup>1)</sup>HH: hardwood, WH: softwood; <sup>2)</sup>LCM equals m<sup>3</sup>

## 4.5 自動木製点火システム用の燃料供給

### 4.5.1 概要

エネルギー供給に使用される木材（短回転作物を除く）は、木材加工の残留物または共同製品として、あるいは森林管理（木の薄化など）の際に蓄積されます。図4.3DIN EN ISO 17225 [23]「バイオマス固体燃料-燃料仕様-燃料クラス」には、さまざまなソース、加工、使用経路が示されています。この図は、2014年から順次拡大され、さまざまな木材燃料の分類が含まれています。

- パート1：一般的な要件
- パート2：木材ペレットの分類
- パート3：木材ブリケットの分類
- パート4：木材チップの分類
- パート5：木材の塊を分類
- パート6：木材以外のペレットの分類
- パート7：木材以外のブリケットの分類

緩め係数2.8を使用できます。かさ密度の終端処理を解除する手順については、EN ISO 17827[28]規格で説明されています

要約すると、提供されるボリュームの決定は非常に簡単で安価です。ただし、エネルギー量や燃料価格の表示には適していません。燃料の密度、かさ密度、および水含有量の変動するため、このような情報は非常に不正確です。関連するパラメータの正確なインディケイションは、燃料質量の基本、およびそれぞれの参照状態または水含有量に応じてのみ可能である。容積による計算は、燃料貯蔵面積の設計と輸送量の見積りに適していますが、請求に不均等であることが証明されています（セクション 4.7）。

- パート8：熱処理および圧縮バイオマス燃料の分類（回収）
- パート9：産業用途向けの粗粉碎木材および木材チップの分類

エネルギー供給に使用される木材の材料流量は、次の3つの原材料源に割り当てることができます。(1) 林業 (2) 短回転プランテーションでの木材の栽培 (SRC) (3) この堆積物は、横方向管理 (LMW) の残留材料として蓄積されます。特に、収穫後の材料使用に適していますが、森林や木材加工の際にはさまざまな種類のエネルギー用木材が生産されています。さまざまな加工ステップにより、木材加工業界内の燃料として使用される、自社のエネルギーニーズに対応した中間調製品が製造されています。この内部使用のための広告では、林業の木材は最終製品に加工され、丸太、ペレット、およびチップ、破碎された材料の形でエンドユーザーに提供されます。SRCウッドは通常、収穫直後にチップを入れ、木材チップの形で（大型）消費者に配送されます。同様の回復経路が景観維持木材にも存在します。これは通常、保守措置後に収集され、提供されます

エネルギー回収のために材料をシュレッダー処理します。材料の使用サイクルから再移動した後、廃棄木材を適切な工場に送り、エネルギー回収を行います（図4.3を参照）。

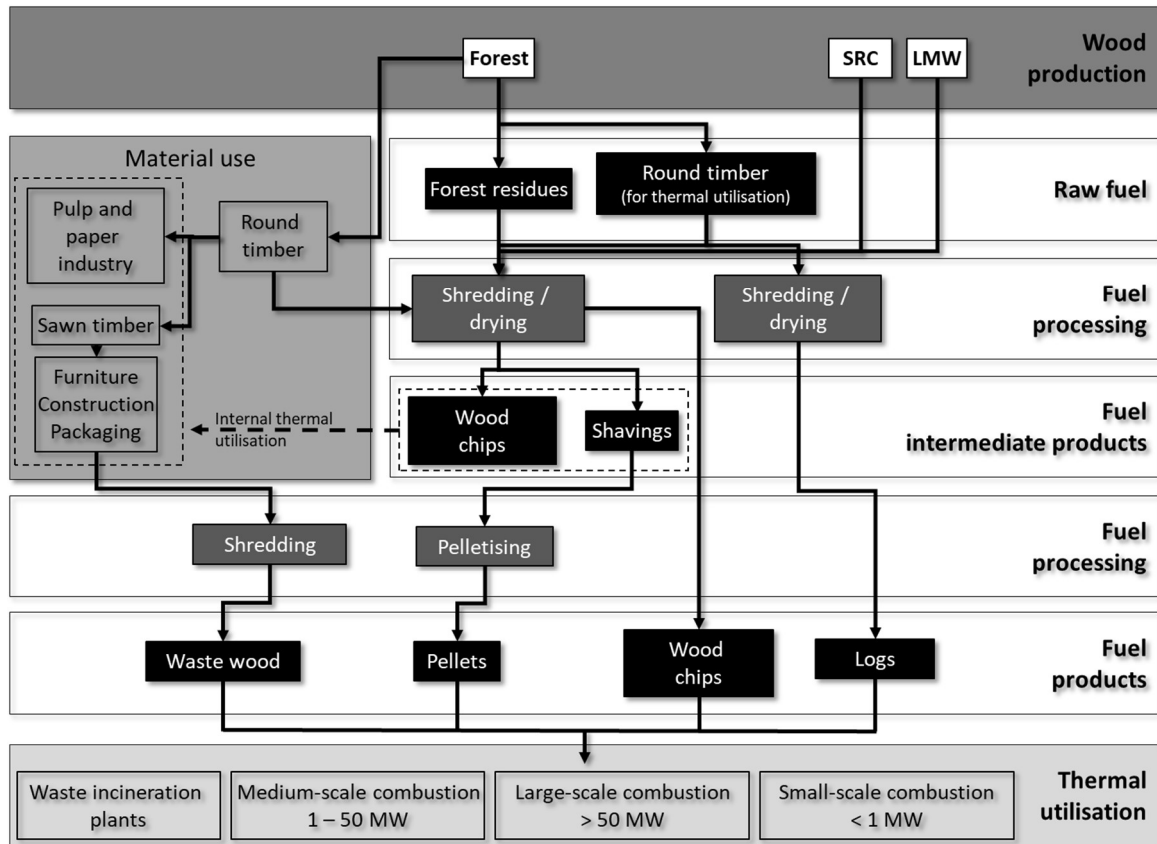


図4.3木材からの材料フロー図

### 4.5.2 木材燃料の種類

森林残留物および丸木は次のとおりです。森林の利用と維持は、活発に利用されるいわゆる森林残留物を生み出しています。これは薄くなることからの残余木、第二に材料として木の使用のための幹材の抽出からの残余である(ほとんど王冠端の木)。直径が小さいため、両方の商品種別には、多くの場合、高いパークの内容物があります。また、不拡散な森林の場合には特に、高い針材の内容物が含まれるため、プラント技術への要求が高まっています。また、脆弱な丸太を目標除去した丸木を積極的に活用しています。ほとんどの場合、針、小枝、枝などの高灰の含有物を持つ木の成分は、高品質の燃料で維持されます。

ショートローテーションコピー（SRC）から燃料を供給します。短回転雑木林では、通常、エネルギー回復を目的として、ポプラや柳などの急成長する木材が栽培されています。収穫は主に冬に行われます。つまり、木に葉がない場合です。SRCの木材チップの水含有量は、森林残留物や丸い木材から収穫したての木材チップよりも高くなる傾向があります。SRC 木材にはまた、比較的比較的生密度が低い。これと高水含有量は、特にボリュームベースのアカウンティングで考慮する必要があります。

SRC木材チップの灰含有量は、一般に、両商品種別の樹皮と枝の含有量が増加したことから、森林残留物の含有量に匹敵します。同様に、発熱量（乾燥基準値）は、森林残留物と比較してもきわめて大きい値です。製造業者が低含水率燃料の使用を頻繁に指定するので、特により小さい炉で新しい収穫されたSRCの木製の破片を燃やすことは推薦されません(最大 30~35%)です。目的の水の内容物は、(自然な)乾燥させるか、SRC木材チップと乾燥燃料を混合することで達成できます [29]

整地メンテナンス用木材（LMW）：整地メンテナンス用木材は、交通エリア（道路、鉄道、水路）、電力線、都市部の緑地に沿った、ヘッジや堤防の整備から生まれます。合成は非常に異なっている場合もあります。例えば、ソフトウッド（アダー、ポプラ、柳など）、ハードウッド（メープル、ヘーゼル、ホーンビームなど）に加えて、蓄積されます。地方自治体では、庭や公園の廃棄物、およびスクラブの切削物は、集荷または配送システムを通じて、海波を集めます。このグリーン廃棄物には、堆肥化や発酵によるリサイクルに適した、高割合のハーブ性材料が含まれています（特に夏）。冬には木質の部分が多く蓄積されるので、この部分は他の部分のリサイクルには重要です [30]特殊な文献では、環境保全における灰、重金属、塩素などの汚染物質の含有量が部分的に増加していることがよく指摘されています

木材を燃料として使用することで、承認手続きやプラント技術の要件が増大する可能性があります。[31]調査によると、冬の塩の拡散が道路や隣接する農業地の肥料化に影響を及ぼしていることがわかりました。しかし、陸域の木材で測定された塩素の含有量は、森林チップのものと同様である。そのため、木のどの部分が木材チップに加工されるかが決定的な要因となります。特に、木材 [32]に比べて、高濃度のバークを持つ細かい枝では、灰と塩素の中に含まれるものが発見されました

**廃木材**：材料のために使用される木は有用な生命の終わりになる。この廃棄

木材はさまざまな素材から作られ、段階的にリサイクルされています。この目的のために、適切なサイトで収集および処理されます。ここでは、マテリアルフローは、さらに使用率を考慮して分割されています。材料の使用に適した汚染されていない廃木材は、二次原料として再利用されます。材料の使用に適さなくなった過剰な量または汚染された廃棄木材は、エネルギー回収 [33]に送られます「廃木材」という用語で収集された材料は、特に異物の含有量や不純物に関して不均質性が特徴です。廃棄物の原産地、組成、危険物質との競合に応じて廃棄物を分類することで、廃棄物をさまざまなカテゴリーに分類することができます (表 4.6)。

表4.6 廃棄物のカタログ化欧州廃棄物リスト[34]および環境・交通・エネルギー・通信省からの廃棄物の輸送リスト[35]に準拠

Waste category (chapter of the list)	Waste code	Description
wastes from wood processing and the production of panels and furniture, pulp paper and cardboard	03 01 01	waste bark and cork
	03 01 04*	sawdust, shavings, cuttings, wood, particle board and veneer containing hazardous substances
	03 01 05	sawdust, shavings, cuttings, wood, particle board and veneer other than those mentioned in 03 01 04
	03 03 01	waste bark and wood
packaging (including separately collected municipal packaging waste)	15 01 03	wooden packaging
	15 01 10*	packaging containing residues of or contaminated by hazardous substances
construction and demolition wastes (including excavated soil from contaminated sites)	17 02 01	wood, instead of this code 17 02 97 or 17 02 98 is used in Switzerland
	17 02 04*	glass, plastic and wood containing or contaminated with hazardous substances
	17 02 97	CH: waste wood from construction sites, demolitions, renovations and conversions
	17 02 98*	CH: problematic waste wood
wastes from the mechanical treatment of waste	19 12 06*	wood containing hazardous substances
	19 12 07	wood other than that mentioned in 19 12 06
municipal wastes (household waste and similar commercial, industrial and institutional wastes) including separately collected fractions	20 01 37*	wood containing hazardous substances
	20 01 38	wood other than that mentioned in 20 01 37
	20 03 07	bulky waste

\* wastes classified as hazardous according to the European List of Waste [34]



Table 4.7 Exemplary classification of waste wood in Germany and Switzerland.

Germany		Switzerland		
Category	Description according to Altholzverordnung (AltholzV) - Waste Wood Ordinance	General description	Luftreinhalteverordnung (LRV) - Ordinance on Air Pollution Control	
A I	Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz - Natural or only mechanically processed waste wood	Naturbelassenes Waldholz - Natural forest wood	Naturbelassenes Holz (stückig und nicht stückig) Bst. a+b	Holzbrennstoffe
		Restholz aus Sägereien - Waste wood from sawmills	Unbehandeltes Altholz Bst d 1	
A II	Verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel. - Glued, painted, coated, lacquered or otherwise treated waste wood without halogen-organic compounds in the coating and without wood preservatives.	Restholz aus Zimmereien, Schreinereien - Waste wood from carpentries, Joineries	Unbehandeltes Altholz Bst d 1	Anhang 5, Ziffer 31, Absatz 1
		Behandeltes Altholz ohne Holzschutzmittel, halogenorganischer Beschichtung oder PCB - Treated waste wood without wood preservatives, halo-organic safe coating or PCBs	Restholz Bst c	
A III	Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel. - Waste wood with halogen-organic compounds in the coating without wood preservatives	Behandeltes Altholz mit halogenorganischer Beschichtung, ohne Holzschutzmittel - Treated waste wood with halogen-organic coating, without wood preservatives	Altholz Bst a	
A IV	Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz [...] sowie sonstiges Altholz, das [...] nicht den Kategorien A I - A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz. - Waste wood treated with wood preservatives [...] and other waste wood which [...] cannot be assigned to categories A I - A III, with the exception of PCB waste wood (which contains polychlorinated biphenyls and is covered by the relevant Waste Ordinance).	Beh. Altholz mit Holzschutzmittel - Treated waste wood with wood preservative		
PCB-Altholz - PCB-waste wood	Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung ist und nach deren Vorschriften zu entsorgen ist, insbesondere Dämm- und Schallschutzplatten, die mit Mitteln behandelt wurden, die polychlorierte Biphenyle enthalten. - Waste wood that is PCB within the meaning of the PCB/PCT Waste Ordinance and must be disposed of in accordance with its provisions, in particular insulation and soundproofing boards that have been treated with agents containing polychlorinated biphenyls.	Mit PCB behandelte Holzabfälle - Waste wood treated with PCB	Übrige Brennstoffe aus Holz, gelten nicht als Holzbrennstoffe  Anhang 5, Ziffer 31, Absatz 2	

ドイツでは、廃棄物コードによるカタログ化に加えて、廃木材カテゴリ(表 4.7)に分類されています。スイスでは、廃木材は木材燃料とは見なされませんが、大気汚染防止 (LRV) [36].のオルディナンスに従って廃棄されます。廃棄物木材AIとAIIドイツの廃棄物分類によれば、LRVの廃棄物許容量に対応しています。これは、木材燃焼式毛皮焼成で焼失する可能性があります (Table 4.7)。汚染された品揃えを使用した仕分け (PVCコーティングまたはプレサイン含浸木材の残留物など)の熱回収については、プラント技術および排出ガス対策に関する各国固有の規制を遵守する必要があります。工業用木材または製材残留物という用語は、木材加工業界の副産物であり、その自然の形でのみ木材燃料として認められています。オーストリアでは、廃材も廃棄物として分類され、燃料としてではなく副産物として分類されます

木材加工産業は燃料としても利用できます。廃木材の熱利用は、特殊廃棄物や廃棄物焼却プラント、バイオ生残留物 (紙やボード産業など)の産業プラントなどでほぼ確実に行われます。適切な公式許可を得て、バイオマスの廃木材を廃熱プラントに共存させることができます。

### 4.5.3 燃料の準備

機械的シュレツダ処理：機械的シュレツダ処理は、2つの基本原則に従って実行できます (図4.4を参照)。

- 木材チップの生産には、鋭利な工具 (ドラムまたはディスクチップ) を使用した切削工程が適しています。木材チップは、良好な流れを持ち、均質な燃料を形成します。特に森林の生産に使用されます

チップは製材工場や木材加工工場で使用されています。ISO 17225-4に準拠した木材チップは、切削工具を使用して製造する必要があります。

- 切れ味のない工具（リップの歯を持つ低速のチップ・パー、ハンマ・ミル、スクリュ・チップ・パーなど）を使用して破碎し、破碎した燃料を生産します。シュレッド素材のウェッジは、簡単に破碎でき、流れが悪く、特に不均一です。このツールは不純物に対する影響が少ないため、主に整地メンテナンス分野で使用されます。

**乾燥と保管**燃料の貯蔵はサプライチェーンの重要な部分である。第一に、保存時に自然乾燥処理を行うと、水の含有量が減少するため、品質が向上することがあります。また、燃料供給を需要に応じて維持するためにも、ストレージは重要な役割を果たします。原則として、次のようなさまざまな可能性があります。チップング前または後の保管、自然乾燥または技術乾燥、屋外または倉庫での保管などがあります。可能なアプリケーションと、それぞれの方法の利点と欠点を以下に示します [37]



図4.4 木材チップ(鋭利な工具でカット、左)と破碎した木材(先の尖った工具で切り刻む、右)の違い

収穫後、適切な保管場所に、木材を数週間から数か月かけて杭の形で残すことができます。この乾燥前処理により、水の含有量が50%未満から30%未満に低下します。乾燥前の保管場所として理想的なのは、通気性が高く、日当たりが良く、森林の近くにあり、乾燥した透過性のある土壌があり、一年中利用できる場所です。

木材チップの自然乾燥は対流によって行われます。山の中で自己加熱すると、周囲の温度差が生じます。その結果、パイルから暖かい空気が立ち上がり、湿気を取り除き、クーラとドライヤの空気が横方向に流れます。木材チップのサイズと形状は、重要な役割を果たします。形状は、屋根の形状に似ている必要があります（「尖った円錐」）。これは対流(煙突効果)を支持し、降水は、干し草の表面の空洞を集めることはできません。また、拡散開放フリースで覆われているため、降水からの保護が可能ですが、内部からの蒸発も可能です。ヒープの高さは、自発的な通信バスによる火災のリスクを回避するために4 mを超えてはなりません。一方、技術的な乾燥ははるかに高速ですが、コストがかかります。バイオガスのCHPなどの発電所からの廃熱や、エア・コレクター[38]を使用した太陽乾燥も乾燥に使用できます。

多くの場合、木材チップは、収穫したばかりの木材で、水の含有量が50%を超えるものから作られています

使用前に、カバー付きまたは未接続の一時保管場所または暖房設備に長期間保管します。新しい木材チップを水含有量の高いもので保存する場合、さまざまな問題が発生する可能性があります。

- バイオマスプロセスは木材チップの山を加熱することが可能で、点火も可能です。
- フィルの上部に水が凝縮し、カビが発生し、健康に害を及ぼす可能性があります。
- 分解プロセスと木製分解菌類は有機物質（濃度の低下と灰含有量の増加）を低減します。燃料パラメータが原因で窒素の蓄積などが抑止される場合があります。

このような危険性は、材料を水にすばやく30%未満乾燥させ、適切な保管条件で保管することで低減できます。微粉の割合が低い、粗い、鋭い刃の木製の破片は理想的である。これにより、空気の循環や水分除去のための表面空間が提供されます。保管期間は長すぎないようにしてください。ガイドラインは3ヶ月です。保管および使用には、適切な順序でフローを行う必要があります（「ファーストインファーストアウト」の原則）。

屋外で保管する場合は、地面が乾燥していること、およびその場所が太陽が降り注ぐこと、および風にさらされていることを確認してください。未舗装面とは異なり、舗装面は、大型車両で年間を通して走行できます。砂利を使用したピッチは、表面を密閉しないため、効果的であることが証明されています。ただし、ここやその他の未舗装の場所では、鉱物性の土壌や腐植土や石の堆積によって燃料が汚染されている可能性があります。木材チップバンカーや倉庫などの建物に保管する場合、燃料は降水から保護されます。凝縮水の形成と形成される金型に対抗するには、適切な空気循環を確保する必要があります。

**圧縮ペレット化**：固体燃料の木製のペレットは、乾燥した天然のおがくずや木材の削りくずを添加したものと添加しないものを押すことで、製造されます。DIN EN ISO 17225-2には、原材料およびペレット特性（直径および長さ、水含有量、灰含有量および融解挙動、機械的強度、微粉内容、添加物、発熱量、かさ密度、要素含有量）は、商用および国内（A1、A2、B）および産業用途（I1、I2、I3）での使用に応じて分類されます。

ペレットは非常に乾燥した燃料ですが、貯蔵中に燃料のガス放出と自己加熱につながるプロセスが発生します。木材に含まれる抽出物質（樹脂、脂肪、遊離脂肪酸）は、乾燥時の高温または沈殿時の圧力の影響により、燃料の表面に到達し、大気酸素と接触します。これにより、揮発性有機炭化水素（VOC）、一酸化炭素（CO）、および二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の放出につながる酸化反応がなくなります。ブチリック酸やアルデヒドなどの有機化合物は、迷惑な臭気を引き起こす可能性があります。無臭ガスCOおよびCO<sub>2</sub>は、換気が不十分な保管室で酸素不足につながるおそれがあり、人員の窒息や中毒の危険性があります。燃料の自己加熱（外熱酸化反応と吸着熱の両方）により、ペレットが空気中の水分を吸収するときに発生しと組み合わせて使用します。

COなどの可燃性ガスが存在すると、特に大規模な収納室では、自然燃焼が発生する可能性があります。したがって、ペレットの保管場所は常に十分に換気されている必要があります（14.2.9章および19章を参照）。ガス放出は、燃料の使用年数と保管期間の増加に伴って減少します。その他の影響を与える要因としては、充填中の機械的負荷（微細な材料の摩耗を防ぐ最短経路）と保管中の温度（クーラ、アクティビティの低下）[39]があります。

#### 4.5.4 品質パラメータ

木質燃料は、材料の膨張や製造工程の違いにより品質に大きな違いがあります。低排出ガス、トラブルのない、エネルギー効率に優れた木材システムの運転は、システムに適合した適切な燃料（第5章および第13章）を使用した場合にのみ可能です。例えば、小型の燃焼システム（標準シリーズ装置）は、特に水の含有量が少ない均一な特性、灰の含有量、および微粉の対象となります。また、請求に関しては、燃料品質の正確な評価も不可欠です。表を参照

4.8 では、燃料の「一目で」評価に使用できる重要な品質パラメータの概要を示します。

Table 4.8 Typical characteristics for assessing fuel quality.

Quality parameters	“Good” quality	“Poor”
Water content	low	high
Ash content	low	high
Calorific value	high	low
Particle shape	sharp-edged	rough
Fine fraction	low	high
Excess lengths	low	high
Impurity content	low	high

表4.9 には、木材および落葉樹および保守OU木の木工および廃材の重要な燃料パラメータの一般的な値範囲が記載されています。木種の柳とポプラは、短いロテーションまたは造園維持木材（SRCおよびLMW）の木材には模範的な存在です。リストされている値は、大きな排煙範囲をカバーしていることに注意してください。一般的な値は、統計的に抑止された基準点です。実際の燃料組成は、それとは異なる場合があります。例えば、仕様変更の位置によって異なります。したがって、計画担当者、サプライヤ、および工場の運営会社は、設計の個々の値を決定する必要があります。バイエルン州環境局のPhyllis2 [40]やFREDなどのオンラインデータベースです [41] さまざまな燃料に関する追加データが含まれています。

表4.9 木材およびバークの代表的な燃料パラメータ [23] [33] [42]を参照

Parameter	Unit (Reference state: wf)	Value range Typical value	Wood (without bark, leaves, needles)		Bark		SRC and LMW		Waste wood
			Softwood	Hardwood	Softwood	Hardwood	Pasture	Poplar	
Ash- content	wt-%	Value range Typical value	0.1 - 1.0 0.3	0.2 - 1.0 0.3	< 1 - 5 1.5	0.8 - 3.0 1.5	1.1 - 4.0 2.0	1.5 - 3.4 2.0	0 - 2
Caloric value	MJ/kg	Value range Typical value	18.5 - 19.8 19.1	18.4 - 19.2 18.9	17.5 - 20.5 19.2	17.1 - 21.3 19	17.7 - 19.0 18.4	18.1 - 18.8 18.4	18 - 20.2
Caroon	wt-%	Value range Typical value	47 - 54 51	48 - 52 49	48 - 55 52	47 - 55 52	46 - 49 48	46 - 50 48	n.a.
C Hydrogen	wt-%	Value range Typical value	5.6 - 7.0 6.3	5.9 - 6.5 6.2	5.5 - 6.4 5.9	5.3 - 6.4 5.8	5.7 - 6.4 6.1	5.7 - 6.5 6.2	n.a.
H Oxygen	wt-%	Value range Typical value	40 - 44 42	41 - 45 44	34 - 42 38	32 - 42 38	40 - 44 43	39 - 45 43	n.a.
O Nitrogen	wt-%	Value range Typical value	< 0.1 - 0.5 0.1 <sub>1)</sub>	< 0.1 - 0.5 0.2 <sub>1)</sub>	0.3 - 0.9 0.5	0.1 - 0.8 0.3	0.2 - 0.8 0.5	0.2 - 0.6 0.4	n.a.
N Sulphur	wt-%	Value range Typical value	< 0.01 - 0.02 < 0.02	< 0.01 - 0.05 0.02	< 0.02 - 0.05 0.03	< 0.02 - 0.20 0.03	0.02 - 0.10 0.05	0.02 - 0.10 0.03	n.a.
S	wt-%	Value range Typical value	< 0.01 - 0.03 0.01	< 0.01 - 0.03 0.01	< 0.01 - 0.05 0.02	< 0.01 - 0.05 0.02	0.01 - 0.05 0.03	< 0.01 - 0.05 < 0.01	0.02 - 0.20
Chlorine Cl	wt-%	Value range Typical value	< 0.0005 < 0.0005	< 0.0005 < 0.0005	< 0.0005 - 0.002 0.001	n.a.	0 - 0.01 0.003	n.a.	n.a.
Fluorine F	wt-%	Value range Typical value	30 - 400 100	< 10 - 50 20	400 - 1,200 800	30 - 100 50	3 - 100 50	n.a. 10	n.a.
Aluminium Al	mg/kg	Value range Typical value	500 - 1,000 900	800 - 20,000 1,200	1,000 - 15,000 5,000	10,000 - 20,000 15,000	2,000 - 9,000 5,000	4,000 - 6,000 5,000	n.a.
Calcium Ca	mg/kg	Value range Typical value	10 - 100 25	10 - 100 25	100 - 800 500	50 - 200 100	30 - 600 100	n.a. 30	n.a.
Iron Fe	mg/kg	Value range Typical value	200 - 500 400	500 - 1,500 800	1,000 - 3,000 2,000	1,000 - 3,200 2,000	1,700 - 4,000 2,500	2,000 - 4,000 2,500	n.a.
Potassium K	mg/kg	Value range Typical value	100 - 200 150	100 - 400 200	400 - 1,500 1,000	400 - 1,000 500	200 - 800 500	200 - 800 500	n.a.
Magnesium Mg	mg/kg	Value range Typical value	40 - 200 100	n.a.	9 - 840 500	n.a. 190	79 - 160 97	n.a. 20	n.a.
Manga- nese Mn	mg/kg	Value range Typical value	10 - 50 20	10 - 200 50	70 - 2,000 300	20 - 1,000 100	10 - 450 n.a.	10 - 60 25	n.a.
Sodium Na	mg/kg	Value range Typical value	50 - 100 60	50 - 200 100	20 - 600 400	300 - 700 400	500 - 1,300 800	800 - 1,100 1,000	n.a.
Phospho- rus P	mg/kg	Value range Typical value	100 - 200 150	100 - 200 150	500 - 5,000 2,000	2,000 - 20,000 2,500	2 - 2,000 500	n.a.	n.a.
Silicon Si	mg/kg	Value range Typical value	< 0.1 - 1.0 < 0.1	< 0.1 - 1.0 < 0.1	0.1 - 4.0 1.0	0.1 - 4 0.4	< 0.1 < 0.1	< 0.1 - 0.2 < 0.1	0.39 - 15.4
Arsenic As	mg/kg	Value range Typical value	< 0.05 - 0.50 0.1	< 0.05 - 0.50 0.10	0.2 - 1.0 0.5	0.2 - 1.2 0.5	0.2 - 5 2	0.2 - 1 0.5	n.a.
Cadmium Cd	mg/kg	Value range Typical value	0.2 - 10.0 1.0	0.2 - 10.0 1.0	1 - 10 5	1 - 30 5	0.3 - 5 1	0.3 - 2 1	0.1 - 5.3
Chrome Cr	mg/kg	Value range Typical value	0.5 - 10.0 2.0	0.5 - 10.0 2.0	3 - 30 5	2 - 20 5	2 - 4 3	2 - 4 3	3.4 - 668.4
Copper Cu	mg/kg	Value range Typical value	< 0.02 - 0.05 0.02	< 0.02 - 0.05 0.02	0.01 - 0.1 0.05	n.a. < 0.05	< 0.03 < 0.03	< 0.03 < 0.03	0.02 - 36.1
Mercury Hg	mg/kg	Value range Typical value	< 0.1 - 10.0 0.5	< 0.1 - 10.0 0.5	2 - 20 10	2 - 10 10	0.2 - 2 0.5	0.2 - 1.0 0.5	n.a.
Nickel Ni	mg/kg	Value range Typical value	< 0.5 - 10.0 2.0	< 0.5 - 10.0 2.0	1 - 30 4	2 - 30 15	0.1 - 0.2 0.1	0.1 - 0.3 0.1	9.3 - 3,314.3
Lead Pb	mg/kg	Value range Typical value	< 2 < 2	< 2 < 2	0.7 - 2.0 1.0	1 - 4 2	0.2 - 0.6 0.3	n.a.	n.a.
Vanadium V	mg/kg	Value range Typical value	5 - 50 10	5 - 100 10	70 - 200 100	7 - 200 50	40 - 100 70	30 - 100 50	n.a.
Zinc Zn	mg/kg	Value range Typical value							

1) The typical nitrogen content varies depending on the wood species: spruce 0.1, silver fir 0.17, beech 0.22 [43]. n.a. = not available.

**水の含有量** は燃料の質に関して最も重要なパラメータである。水の含有量は、完成した燃料の保存性と安定性、および乾燥の必要性（目標水含有量30 ~ 35%未満）、または最適な混合のために不可欠な要素です。熱エネルギーを使用して燃焼中に燃料に含まれる水を最初に蒸発させる必要があるため、この値は直接的に発熱値に影響を与えます。凝縮技術を使用しないと、蒸気を凝縮しても熱エネルギーを回収できません。さらに、水の含有量は燃焼中に放出されるCOおよび粉塵排出量、および灰の蓄積に影響を与えます。水の質量と乾燥時の収縮効果は、燃料のかさ密度に影響します。

収穫したばかりの丸太（芯材と辺材）の代表的な水量は45~55%で、SRCの材料は55%を超えることがよくあります。技術的または自然乾燥により、水の含有量を15~35%大幅に削減できます。水含有量が15%未満の木材チップは、通常、技術的な乾燥によってのみ製造できます。一方、特に乾燥した燃料は、木材ペレットであり、使用する燃焼技術に応じて標準的な水含有量が10%未満であるため、燃料内の特定の水含有量を超えてはなりません（第5章）。小中出力レンジのボイラーでは、メーカーや議会が比較的高い要求を燃料にしています。また、タイプ試験に適合して定義された水含有量範囲を満たしている必要があります（例：シリーズ機器の場合、マイクロアプリケーション/ペレットストーブが15~20%未満の場合）  
< 35%）。大規模な加熱（出力）プラントでは、水の水含有量が35%を超える場合や、切り出したての木材[37][44]でも、信頼性の高い操作が可能です。

**燃料の灰含有量** は、燃焼中の粒子排出とスラグ形成に影響を与え、また、プラント運転中の総灰生成の廃棄コストにも影響を与えます。灰材の含有量が高いため、プラントコンポーネントの摩耗や腐食が容易になります。灰は、化学組成に応じて肥料として、セメント製造の集計として、リサイクルされます。材料のリサイクル経路が不可能な場合（過剰な重金属汚染など）は、灰を適切な埋立地に廃棄する必要があります [44]

表4.9に示すように、灰の内容は次のように異なります。木材の種類やバークの種類によって、0.1%と5%が異なります。DIN EN ISO 17225-4では、木材チップ（A1~B2）の4つのクラスが定義されています。1%未満から3%未満です。灰の含有量が高いのは、通常、バークと針材の比率が高いためです。例えば、木の直径が小さいか、小枝の比率が高いほど、木に対するバークの比率が高くなります。影響を与えるもう1つの要因は、無機質材（土壌や石など）による汚染である。

バークまたは木材の典型的な**発熱量**（乾燥参照基準）は17.1から21.3 MJ/kgです（表

4.9）、バークがより広範囲の変動をカバーしています。ソフトウッドの発熱量はCの含有量がわずかに高いため、ハードウッドよりも高くなる傾向があります。これまでに、この側面は他のパラメータと比較して二次的に重要です。灰形成のマイナーおよび跡要素の増加した濃縮物のために、バークの灰の内容は通常関連木のよりかなり高いです。これは、バークの発熱量が、対応する木材の発熱量 [21]の上下の両方になる可能性があることを示しています。灰の含有量が非常に高く、特殊菌による鉱物不純物やリニンの分解によるサンプル量が多い場合は、発熱量を減少させます [44]

**粒子径** は、燃料の貯蔵および乾燥の動作だけでなく、流動特性との関係にも大きく影響します。粒子のサイズは、生産および準備のステップによって大きく影響されますが、木材の種類および選択した商品種別によっても異なります。小型の同価帯や細かい物質の割合が高いと、バンカ充填中に発生する粉塵排出が制限され、粉塵が発生する可能性があります。さらに、高い割合の微粉が燃焼品質に悪影響を与えます。燃料ベッドの安定した空気供給が妨げられ、ホットスポットが形成されます。これにより、灰に含まれなくなった排煙内の微量物質による粉塵含有量の増加に加え、灰やたいか耐火物の摩耗が増加します。大型、長すぎる、またはフリンジ（鋭利ではない）粒子は、搬送スクリーンなどのコンベアシステムの詰まりを促進し、保管エリアでの詰まりを引き起こす可能性があります。高品質の木材チップは、均質であり、微粉の割合が低く、長さが短く、エッジがシャープである[37]

異物含有量は、燃料内の異物の割合です。金属部品、石、廃棄物（粗い異物）に加えて、このカテゴリーには特定の付着物や鉱物系の土壌（細かい異物）が含まれます。粗い異物が誤って燃料とともに切り刻むと、チップ自体、コンベアシステムまたは加熱システムのコンポーネント、時には異物によって損傷することがあります。土を付着させると、チップブレードの摩耗が増加し、灰の含有量が増加します。暖房（出力）設備での燃焼中、異物による灰含有量の増加、灰の融解挙動の変化、燃料や灰の重金属含有量の増加などにより、廃棄コストの増加、プラント部品の腐食とスラグの発生が発生します [44]

燃料のさまざまな組成とその燃焼特性を可能な限りアカウンタに変換するために、バイオマスDHプラントのQMは燃料分類を作成しました（表4.10および表4.11を参照）。

表4.10 Part I - EN ISO 17225-1に準拠した仕様に基づいたバイオマスDHプラント向けQMの燃料および粒子サイズの分類では、EN ISO 17225-4のSクラスが追加されています。

Fuels	Short designation	Particle size	Water content	Nitrogen content	Fines content < 3.15	Ash content with foreign content	Energy content Regarding harvest Fluctuation range MWh/LCM
		mm (see Table 4.11) P	Mass-% as delivered M	Mass % on anhydrous Reference basis N1 <sup>1)</sup>	mm Mass-% as delivered F	Mass % on anhydrous Reference basis A	
Quality wood chips from forest residue (round) wood (WS) <sup>1)</sup> and industrial residue wood (IS) <sup>1)</sup>	fine WS-P16S-M20 IS-P16S-M20	16S	15 - 20	0.1 - 0.5 (0.2)	F05	A1.0	Softwood (WH): 700 - 900 Hardwood (HH): 1,000 - 1,200
	rough WS-P31S-M20 IS-P31S-M20	31S	15 - 20	0.1 - 0.5 (0.2)	F05	A1.0	WH: 630 - 850 HH: 950 - 1,150
Wood chips from forest residues (WS) <sup>1)</sup> and industrial residues (IS) <sup>1)</sup>	WS-P31S-M35 IS-P31S-M35	31S	20 - 35	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 600 - 800 HH: 900 - 1,100
	WS-P31S-M50 IS-P31S-M50	31S	30 - 50	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 550 - 750 HH: 850 - 1,050
	WS-P31S-M55+ IS-P31S-M55+	31S	30 - 60	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 500 - 700 HH: 800 - 1,000
	WS-P45S-M35 IS-P45S-M35	45S	20 - 35	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 550 - 750 HH: 850 - 1,050
	WS-P45S-M50 IS-P45S-M50	45S	30 - 50	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 500 - 700 HH: 800 - 1,000
	WS-P45S-M55+ IS-P45S-M55+	45S	30 - 60	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 450 - 650 HH: 750 - 950
	WS-P63-M50 IS-P63-M50	63	30 - 50	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 450 - 650 HH: 750 - 950
	WS-P63-M55+ IS-P63-M55+	63	30 - 60	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 400 - 600 HH: 700 - 900
Poplar and willow from forest and landscape	PWW	31S	30 - 60	0.2 - 0.8 (0.3)	F10	A5.0	450 - 700
		45S			F10		400 - 650
		63			F10		350 - 600
Poplar and willow from short rotation areas	PWK	31	30 - 60	0.5 - 3.0 (0.5)	F25	A10.0	400 - 650
		45					350 - 575
		63					300 - 500
Wood from landscape maintenance	LH <sup>1)</sup>	31	30 - 60	0.4 - 1.0 (0.5)	F25	A10.0	400 - 800
		45					350 - 750
		63					300 - 700
Thinning residues from coniferous and deciduous trees Ø < 80 mm and crown wood	DH	31	30 - 60	0.4 - 1.0 (0.6)	F25	A10.0	WH: 400 - 650
		31					HH: 650 - 900
		45					WH: 350 - 600
		45					HH: 600 - 850
		63					WH: 300 - 550
63	HH: 550 - 800						
Sawdust	SP	< 4	35 - 50	0.1 - 0.3 (0.1)	-	A3.0	WH: 450 - 550 HH: 650 - 750
		45	30 - 65+	0.3 - 0.9 (0.5)	F05	A10.0	WH: 700 - 850
45	F05	HH: 950 - 1,150					
63	F05	WH: 650 - 800					
63	F05	HH: 900 - 1,100					
Bark uncrushed <sup>2)</sup>	Ruz	n.V.	30 - 65+	0.3 - 0.9 (0.5)	F05	A10.0	-
Residual wood from wood processing <sup>3)</sup>	RHH	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	-
Waste wood <sup>4)</sup>	AH	45	< 30	0.5 - 1.5 (0.8) <sup>2)</sup>	F10	A10.0	550 - 750
		63			F10		500 - 700
Pellets <sup>5)</sup>	PEL	n.V.	-	-	-	-	-



表4.11 Part I - EN ISO 17225-1に準拠した仕様に基づいたバイオマスDHプラント向けQMの燃料および粒子サイズの分類では、EN ISO 17225-4のSクラスが追加されています。

この分類は、可能な限り燃料規格ISO 17225に基づいています。偏差については記載されています。

- 1) 契約上の合意がない限り、ポプラや柳を含むことはできません。木材チップに付着している含有量は、重量によって最大20%の無水物となります。
- 2) CEN/TS 14588に準拠しています。木材加工業界の副産物として、木屑の有無にかかわらず製造された木材チップです。スイスでは、製材残留物の未加工木材チップのみが工業残留物 (IS) の木材チップとみなされています。
- 3) 水含有量分類が燃料規格ISO 17225に適合していません。
- 4) DE: Waste wood category A IおよびA II ; の位置は次のとおりです。木材セクターのコンセプトは木材第3四半期と第4四半期です。CH: 廃木材は木材燃料とはみなされません (大気汚染防止規則: 付属書5、番号3、段落2、レターA) を参照してください。
- 5) Observe pellet standards according to ISO 17225-2
- 6) 変動範囲は、異なるバルク密度によって決定されます。
  - 杭からログをチップングすると、枝で木全体をチップングするよりもバルク密度が高くなります
  - 木材チップのサイズ分布の割合が60%であることは、バルク密度に影響します (細かい木材チップの割合が高いほど、バルク密度が高くなります)。
  - フェーエルプレバレーションプロセス、チップングまたはシュレダ処理は、バルク密度に大きな影響を与えます (フェーエルの破碎は、フェーエルの破碎よりもバルク密度が低くなります)。燃料のバルク密度は、チョッパー燃料よりも低くなります)。
- 7) 針、葉、小枝を使用します
- 8) 質量の数値 (Pクラス) は、指定されたシーブ開口部の開口部サイズ (ISO 17827-1) に適合する粒子サイズ (質量比が95%以上) を参照します。サンプルが複数のクラスの条件を満たしている場合は、可能な限り低いクラスに割り当てる必要があります。粗分割は、照射された重量によって5%以下となります。
- 9) 高品質の木材チップ (粗い、細かい) の場合は、国別の基準の追加的な強化要件を遵守する必要があります。
- 10) 木材加工RHHおよび廃木材AHの残留木材については、EN ISO 17225-1表5b (24ページ) および付属書B (表B.1) 43ページに従って、燃料分析に基づいて化学成分を決定します。廃木材の場合、最大灰含有量に加えて、最大異物含有量 (m % (無水ベース) の砂、石、ガラスも決定されます。
- 11) 窒素含有量については、値の範囲と通常値が括弧内に表示されます。標準値は、脱窒の設計に重要です。
- 12) 廃木材の窒素含有量は、その組成 (天然廃棄物の割合と基板材質[MDF、チップボード、合板など]) によって異なります。純粋な基板材料では、最大6%の窒素含有量が期待できます。

ただし、これらは常にケースごとに定義する必要があります。

WH: ソフトウッド (ソフトウッド: スプルース、ファー、パイン、ダグラスファー、カラマツ) ソフトウッド: メープル、チェリー、アルダー)

HH: ハードウッド (ハードウッド: オーク材、ビーチ材、エルム、スウィート栗、アッシュ材) robinia, hornbeam (hail beamen)、hazel, sica, walnut、フルーツツリー (チェリーを除く) があります。以下はすべての燃料に適用されます。

HH > 1.5 kWh/kgDAMPです

Classification of particle sizes of wood chips and coarse shredded wood					
Particle size	Main share* min. 60 %/95 % <sup>1)</sup>	Fine material share* < 3.15 mm	Coarse fraction* > 31.5 mm, ≤ 6 %	Maximum length of the particles	Cross-section of the oversized particles
P16S	3.15 mm - 16 mm	F15	> 31.5 mm, ≤ 6 %	≤ 45 mm	< 2 cm <sup>2</sup>
P31S	3.15 mm - 31.5 mm	F10	> 45 mm, ≤ 6 %	≤ 150 mm	< 4 cm <sup>2</sup>
P31	3.15 mm - 31.5 mm	F25 <sup>2)</sup>	> 45 mm, ≤ 6 %	≤ 200 mm	< 4 cm <sup>2</sup>
P45S	3.15 mm - 45 mm	F10	> 63 mm, ≤ 10 %	≤ 200 mm	< 6 cm <sup>2</sup>
P45	3.15 mm - 45 mm	F25 <sup>2)</sup>	> 63 mm, ≤ 10 %	≤ 350 mm	< 6 cm <sup>2</sup>
P63	3.15 mm - 63 mm	<sup>3)</sup>	> 100 mm, ≤ 10 %	≤ 350 mm	< 8 cm <sup>2</sup>
P100	3.15 mm - 100 mm	<sup>3)</sup>	> 150 mm, ≤ 10 %	≤ 350 mm	< 12 cm <sup>2</sup>

- 1) 質量の数値は、円形開口部 (ISO 17827-1) の指定されたシーブ開口部サイズに適合する粒子サイズ (質量比が60%以上) に関連しています。バークやシュレダにかけた場合、微粉を含む主要な一部分は95%の質量比を持つものとします。家庭用および小型の商業暖炉の使用のための木製の破片および粗い粉砕された木のために、Sのクラスは使用されるべきである。可能な限り低い特性クラスが示されます。2) ニードル、リーフ、小枝を使用します 3) 微粉の内容は燃料によって異なります

4) 標準から逸脱した推奨事項は次のとおりです。スクリーコンベアを使用した燃料輸送および燃料供給システムに適しています  
\*粒子サイズ (質量%) が納品時状態です

### 4.5.5 供給戦略

木材燃料の供給には、木材の回収 (伐採、枝払い、背中の枝払い)、破碎 (チップング)、サイロまたは中間保管場所への輸送、必要に応じて中間保管、リロード、輸送などの個別の処理手順が含まれます。コストは、主に処理するボリュームに依存し、重量には依存しません。従って、針葉樹のためのエネルギー内容あたりの価格は通常堅木のための約10-15%高いです。供給戦略の選択は、特に各地域の枠組みの条件によって異なります

(場所とアクセス性、燃料市場と需要、既存の物流、燃料供給会社、インフラなど)。それぞれの要件に合わせて調整する必要があります。木材が森林に残っている間にチップに加工され (丸い木材の杭や新たな切り出しから)、そこから消費者に輸送される場合、これを直接サプライチェーンと呼びます。中間ストレージが存在しないため、これが最もコスト効率の高いサプライ・オプションとなります。いかに、それは厳密に計画され、信頼できる燃料物流を要求し、供給の安全が極度な条件下でも保証されるように注意することを取らなければならない

冬の天候や道路状況などがあります。さらに、木材チップは、森から新鮮なもので、最大60%の水含有量を持つことができることに注意してください。

上記の手順とは対照的に、不直なサプライチェーンでは、エネルギー木材は一時的にチップまたは丸い木材の形で倉庫または倉庫の倉庫または保管ヤードに直接保管されます。また、森林から撤去された後は、外部の場所に保管されます。一時保管は、供給を中断せずに行うことができ、供給と燃料の購入の柔軟性が向上します。また、運転条件と季節に応じて使用される燃料混合物の調整が可能になります。特に高地では、森林や暖房設備へのアクセスが制限されているため、供給の安全を確保するためには、暖房設備に直接中間貯蔵を行う必要があります。貯蔵の間、燃料はあらかじめ乾燥され、燃料の購入の高い柔軟性は価格の優位性に起因できる。しかし、投資コストや不正操作コストが高いため、供給コストが増加します。高品質の木材チップや乾燥した遮蔽された燃料など、表4.10に記載されている特定の燃料は、通常、間接的なサプライチェーン経由でのみ供給できます。燃料またはボイラを選択するときには、この点を考慮し、燃料供給業者と協議する必要があります（第13章を参照）。

2つのタイプ（混合サプライチェーン）を組み合わせることで、中間燃料貯蔵施設の張力を小さくしてコストを節約できます。同時に、高い供給セキュリティも保証されています。中間貯蔵設備の構造が必要なら、相乗効果を使用するために、木の火システムを供給するために最大可能な貯蔵ヤードをセットアップできるかどうか検討するべきである。木材チップに加えて、丸材も必要に応じて山に積み、チップを埋め込むことができます。

**混合品揃え：**不利な特性を持つ品揃えは、より高い品質と混合することによっても使用できます。例えば、パークと高含水、乾燥した残留木材、またはスラング傾向と低灰材チップの傾向がある景観維持木材の組み合わせが適しています。混合燃料は一般に費用効果が高く、ますます重要になっている。プラントの円滑な運転を確保するために、ボイラーの使用率について依存するボイラーメーカーにより、許容される燃料混合物を決定する必要があります。燃料混合物の水含有量は、公称出力と低負荷運転の両方において特に重要な基準です（発熱量<燃焼システムの最小出力）。

## 4.6 分析

水含有量を決定するための標準的な方法として、DIN EN ISO 18134-1 [45]およびDIN EN ISO 18134-2 [46]（簡易方式）に準拠した105° Cでの乾燥による燃料の重量測定が通常使用されます。水分含有量は、乾燥時に重量が一定になるまで燃料の質量を損失して計算できます。この方法は、正確に認識されますが、時間の節約と労力にかかる作業にもなります。実際には、燃料供給会社と暖房設備のオペレータの両方が、またはの購入および販売時の透明な請求のために、水の内容をできるだけ早く、前十分に、のために、決定する必要があります

提供の品質を評価します。この目的のために、さまざまな迅速な測定デバイスが市販されています。これらの装置は、重量的、電氣的、または赤外線放射線によって、燃料の水含有量をさまざまな方法で決定します。さらに、測定方法は、抽出サンプルの手动測定や燃料フローの自動測定などによって異なります。迅速な測定方法では、乾燥オープンでの抑止力の精度は得られません。したがって、請求目的には適していません。ただし、燃料バッチの定性的評価のために十分に正確な値を提供します [47]

**バイオマスの灰含有量** は、標準DIN EN ISO 18122 [48]に従って決定されます。ラボでは、酸化雰囲気の中で、所定の加熱速度で550° Cのマッフル炉でサンプルを加熱（燃焼）します。燃焼残留物は計量され、灰含有量は灰と燃料の質量比から計算されます。

**発熱量**は、ボンブ熱量計の標準EN ISO 18125:2017-08 [24]に基づいて決定されます。ここでは、指定された条件下で、高解像度で酸素中に、分析サンプルの計量量が燃焼されます。

## 4.7 燃料供給契約と請求

### 4.7.1 燃料供給契約

燃料供給契約は、熱設備の運転会社と燃料供給会社の間で締結され、加熱設備に適した燃料の連続供給を保証することを目的としています。契約で基本ポイントを指定する必要があります。

- 燃料分類の定義
- 品揃えの配送数量と比率、配送方法
- 燃料価格、価格調整（インデックス化）、および請求方法
- 契約期間および解約条件、管轄区域

木燃料を買い、販売するとき、取引されるエネルギー量は決定的である。ただし、これはさまざまな燃料パラメーター（密度、かさく密度、水含有量、木材の種類）に依存します。燃料供給（1つまたは複数の供給業者）の構造および暖房設備の既存のインフラストラクチャに応じて、異なる請求方法（容積、重量、または発生する熱量）が問題になります。

### 4.7.2 ボリュームに基づいて課金

ボリューム単位の課金は広く使用されています。納入価格は、水含有量の関数として、異なる木材を仕分けするためのかさ立方メートルあたりのエネルギー量のガイドライン値に基づいて決定されます。しかし、これはエネルギー消費のための最も不正確な方法である-



これは、供給される燃料のエネルギー含有量が、変動する（固体）密度、かさ密度、および水分含有量によって大きく異なる可能性があるためです。たとえば、1立方メートルのビーチチップは、1立方メートルのスプルースチップよりもエネルギーが約50%多く消費されています。したがって、ボリウム単位で課金する場合の重要な差別化基準は、硬材と軟材の密度が異なることです。トウヒ、モミ、マツ、ダグラスファー、カラマツ（一般的に軟木）、軟弱なサクラやアダーなどの軟弱なものは、ハードウッド（一般的には、メープル材、オーク材、ブナ材、エルム、甘い栗の木など）よりも低（エネルギー）のでんまめがあります。アッシュ、ロビニア、ホーンビーム、ハゼル、バーチ、クルミ、フルーツの木-チェリーを除きなさい。

しかし、燃料のかさ密度は、木材チップとの取引時に固体密度が変動するよりもさらに大きな影響を与えます。これは、本質的には、粒子の大きさ、内容物に対する微粉、輸送中の振動による圧縮などの外部からの影響によって決定されます。DIN EN ISO 17225-1は、木材チップのバルク密度を 150 kg/LCM および 450 kg/LCM に指定します。図4.5は、この変動範囲に基づいて、単位体積あたりのエネルギー含有量（燃料の水含有量に応じて異なる）が存在する範囲と、木材チップの容積ベース請求の価格範囲を示しています。これは、1 MWh [49]あたりの平均価格が30ユーロであることに基づいています。水の含有量または燃料のかさ密度に関する知識が不十分な場合、価格が大幅に変動する可能性があります。したがって、この請求方法は推奨されません。また、燃料パラメータが十分な精度でわかっている場合のみ推奨されます。

ボリウムごとの課金の利点は次のとおりです。

- ボリウムごとの課金のデメリットを簡単に判断できます。
- エネルギーの内容については、大きな不確実性があります

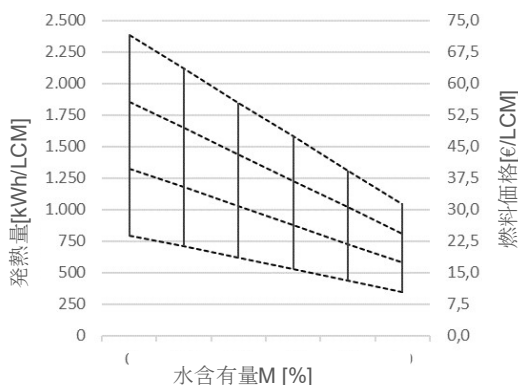


図4.5木材チップの燃料価格の体積関連の発熱量と指針値は、150 kg/rm（底）～450 kg/rm（上）のバルク密度の水含有量に応じて算出されます。計算の基準は30€/MWhです。

#### 4.7.3 重量に基づいた課金

大規模なプラントで一般的な重量による課金の場合、燃料の水含有量が考慮されます。納入の価格は、に基づいて決定されます

1トンあたりの乾燥燃料のエネルギー含有量の基準です。たとえば、50 %の水分含有量を持つ森林に新鮮な木材チップの発熱量は、2.3 kWh/kgです（図 4.6）。20トンの供給では、46 MWhのエネルギー量に相当します。平均価格30

€/ MWhの場合、トラック積載量が20トンの場合、価格は1,380ユーロになります。

水の含有量は、取引されるエネルギー量に大きな影響を与えますが、軟木と硬材の間の質量関連の加熱値はわずかにしか異なりません。樹脂やリグニンの含有量が多いため、軟質の発熱量は（質量による）硬材のカロリー値をわずかに上回っています。ただし、これらの値は天然燃料であるため、自然変動の影響を受けません（表4.9、図4.6）。

重量は通常、荷降ろしの前後にトラックの重量を測定することによって決定されます。トラックに内蔵された重量センサーを使用する場合は、サプライヤが十分な精度を保証する必要があります。実際の水含有量を測定するには（第 4.6章）、複数のサンプルまたは代表的な複合サンプルのいずれかを分析する必要があります。

重量ごとの課金の利点は次のとおりです。

- 木材の種類とかさ密度に依存しません
- エネルギーの内容については、大きな不確実性があります

重量による充填には次のような欠点があります。

- 重量と水含有量の測定が必要です

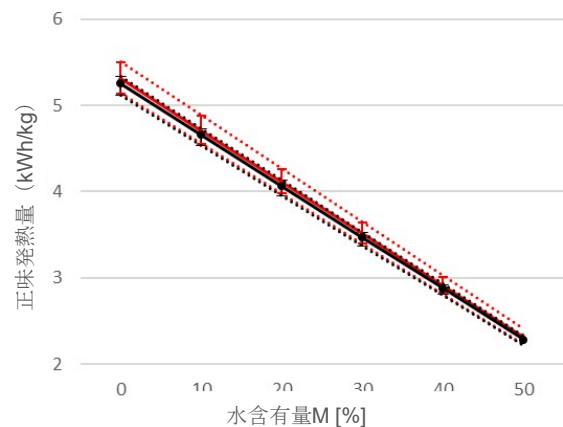


図4.6水含有量の関数として、軟木(赤)と硬材(黒)の質量関連の純熱量を示します。

#### 4.7.4 熱発生量に応じた課金

発生した熱量に応じて課金すると、ボイラーの一次回路に熱計が再加熱され、システム内で放出された熱の量を記録できます。これは、専門家の手で、熱量計の技術ガイドラインに従って設置し、完璧である必要があります（7.4.3章も参照）。ただし、燃料のエネルギー含有量とシステムによって発生するエネルギーの測定量には違いがあります。

関連する損失。したがって、契約当事者は、供給契約の請求手順を指定する必要があります。たとえば、発正熱の燃料価格（1 MWhあたり€）は、プラントの定義済み年間使用率（例 85%）です。年間利用率は、ボイラーの効率とスタンバイ時の損失を考慮した式で決定されます（20.12）。実際の年間効率が合意した値と異なる場合、燃料価格は線形に調整されます。

このタイプの請求では、使用されている燃料の総量（熱量計装備のヒータ回路内）を単一の会社から購入することを想定しています。対応する供給契約では、定期的に熱発生量を読み取るだけで請求に十分です。ただし、他の方法や変更された方法（追加の品質基準や複数の供給会社の使用など）も適用できます。

発生する熱の量に応じた請求は、熱プラントの運転会社にとってリスクが低いことを意味します。保存関連物質の劣化による発熱量の変動による損失は、燃料供給業者の責任です。したがって、燃料供給装置会社は、プラントまたはジャストインタイム供給で適切な保管条件を確保する必要があります。

発熱量に応じて課金する利点は次のとおりです。

- 水の含有量に依存しません
- 木材の種類とかさ密度に関係なく、熱量に応じた請求の欠点は次のとおりです。

た請求の欠点は次のとおりです。

- システムの年間利用率によって異なります。
- 必要量の年間の程度を予測することができます

## 5 熱生成の設備部品

### 5.1 アプリケーションの領域

自動燃焼式ボイラーは、性能範囲が広く提供されています（図5.1）。スペクトルは、単一家庭家の暖房から、100 MWを超える燃焼熱出力を持つボイラーまで多岐にわたります。バイオマスDHプラントの最も一般的な用途は、200kW～2MWの中程度の出力範囲にあり、森林からの木材チップと木材加工からの残留木材の両方が燃料として使用されています。以下に、基本原則、適用分野、最も重要な燃焼タイプの最も一般的な設計を示します。使用される燃料と燃焼技術は相互に依存していません。そのため、自動木材炉の選定・運用においては、プラントの技術基準に基づく木材分類の評価が決定的となります。これには、貨物のサイズ、許容範囲を超えた部分の割合、パークと微粉、水の含有量（第4章）が含まれます。表5.1には、木材燃焼システムの最も重要な種類、一般的な出力範囲、燃料の概要が記載されています。13章では、使用可能な燃料に応じて、最適な燃焼技術の選択についてさらに詳しく説明します。

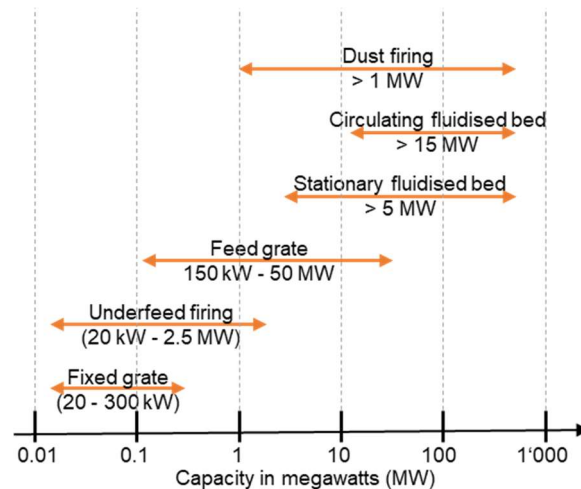


図5.1 バイオマス燃焼システムの最も重要な応用分野

図5.1 バイオマス燃焼システムの最も重要な応用分野

Type	Power range	Fuels	Water content [%]	Ash content [% wf]
Fixed grate	20 - 300 kW	Wood chips	10 - 35	
Underfeed firing content	20 kW - 2.5 MW	Wood chips, sawdust, pellets, max. dust 50 %.	5 - 50*	< 2
Feed grate	150 kW - 50 MW	Pellets, wood chips and most biomasses, max. dust content 50 %.	5 - 60	< 50
Stationary fluidised bed	from 5 MW from 20 MW	Different biomasses Diameter < 10 mm Diameter < 80 mm	5 - 60	< 10
Circulating fluidised bed	15 MW - 100 MW	Different biomasses Diameter < 10 mm	5 - 60	< 10
Dust firing	1 MW - 100 MW	Different biomasses Diameter < 5 mm	usually < 20	< 2

\* Mostly up to M35, with sufficiently long uncooled burnout zone up to M50 possible.

## 5.2 燃焼の基礎

エネルギープラントでの燃焼中は、燃料に結合されたエネルギーを完全に放出する必要があります。これには完全な燃焼が必要です。燃焼設備は、燃料の品質が変動しても完全な燃焼が可能な方法で設計および配置されている必要があります。その後、プラントのオペレータは、有機燃料コンポーネントを可能な限り効率的にCO<sub>2</sub>およびH<sub>2</sub>Oに変換できるように、完全燃焼を実現する方法でプラントを運転する作業になります。固体燃料の燃焼プロセスは、以下のサブプロセスに細分化できます（図5.2）。

- 加熱と乾燥
- 脱気と熱分解
- 揮発性燃料成分が
- 燃焼

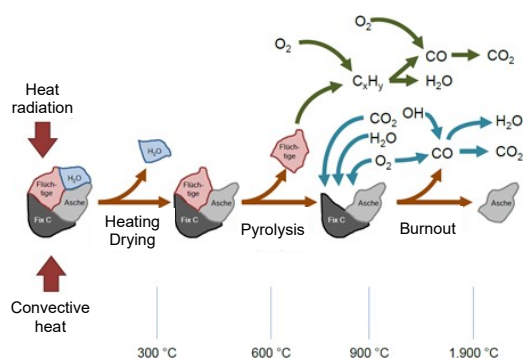


図5.2 燃焼プロセスの簡略図

燃焼のタイプによっては、表示されているサブプロセスは、必ずしも順次実行する必要はありませんが、ある程度重複する可能性もあります。燃焼プロセスの開始時に、燃料内に含まれる水分が蒸発します。つまり、燃料が加熱され、プロセス内で乾燥します。燃料のさらなる加熱中に熱分解が始まり、揮発性の高い燃料コンポーネントがガスフェーズに入ります。これは、適切な燃焼温度に達したときに燃焼を開始させるために、可燃性ガスの混合物を促進します。さらに、残りの固体燃料成分は燃焼空気からの使用可能な酸素にも反応します。この有機燃料成分の化学的変化では、均質（反応パートナーガス）反応と不均一（固相と気体相の反応）反応が区別されます。固体燃料の不均一な燃焼は自然ガスのようなガス燃料の予混合圧縮着火より大いに複雑、要求するものである。

## 5.3 燃焼技術

### 5.3.1 概要

以下では、バイオマス加熱（出力）プラントで最も一般的な燃焼技術について説明します。これらの技術は、基本的に固定ベッド、流動床、粉塵燃焼システムに分類できます（図5.3）。

乾燥および脱気に必要な熱は、加熱操作中に燃焼の種類に応じてさまざまな方法で供給されます。粉塵が発生すると、流入する燃料粒子が高温の煙道ガスに接触します。流動床炉では、流動床内の固体粒子によって熱が移動します。このような場合、熱伝導は伝導性です。火格子燃焼システムでは、主に周囲の燃焼室の壁から放射される放射によって熱が供給されます。炉を始動するときは、電気式熱風ブロウ（低含水率が35%未満の燃料、低出力範囲が900 kW以下のプラント）またはガス式パイロットバーナー（高出力範囲が900 kWを超え、最大燃料水分が約55%）のいずれかを使用します。燃料の着火に使用されます。

スタンド式シリーズユニットと個別に適合した産業用ボイラーの間には、基本的な違いがあります。燃料品質の劣化が増加しているため（例：湿潤材、不規則な破片、粗悪な破片、針材、パーク、葉による凝固、異物含有量の増加など）、より堅牢で複雑な技術を使用する必要があります。この複雑な技術技術は、小規模なプラントでは技術的に限界の範囲で実現可能です。さらに、必要なテクノロジーにより、具体的な投資コストが高くなります（1 kWあたりの設置容量は€）。

シリーズユニットの具体的な投資コストは比較的低いものの、これらの工場では高い燃料品質が求められています。標準シリーズのユニットは、乾燥燃料に適しています。また、水含有量が35%未満の複数の木材チップに適しています。また、500 kWまでの容量を使用でき、最大1,500 kWまではほとんど使用できません。乾燥した自由に流れる燃料は、低コストのサイロ排出システムによってボイラーに輸送できます。このような装置は、森林に新鮮な木材チップには適していません。経験により、燃料が湿りすぎた場合には、煙突火災、排出制限値の超過、汚れや工場の摩耗の増加、臭気の迷惑、サイロからの木屑排出の問題が発生する危険性があることが示されています。また、木材チップ用の採用システムも、150 kWを超える低出力域でさらに開発されています。ボイラーの具体的な投資コストはここでは高くなっていますが（同じボイラー出力で最大50%）、このような産業用ボイラーは燃料の柔軟性が大幅に向上しています。高い資本コストは、特に長い運転時間と組み合わせて、低燃料コストによって補われます。

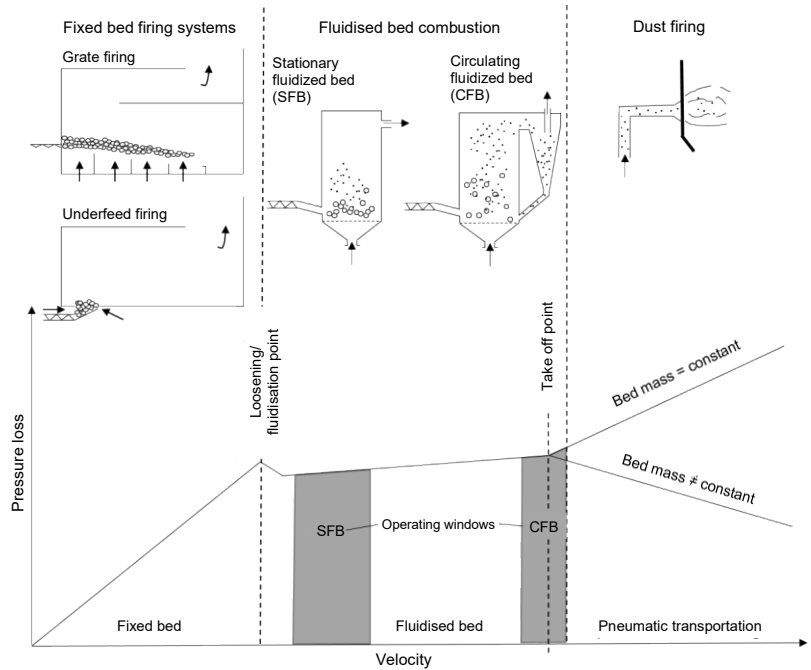


図5.3 燃焼技術の概要。プラントを通過する燃料ガスの流量と燃料輸送の種類に応じて分類

### 5.3.2 固定ベッド燃焼システム

アンダーフィード燃焼（図5.4）では、燃料はスクリーコンベアーを使用して、低レベルからファイヤートラフ（レトルト）に供給されます。そこで、燃料は乾燥して脱気され、炭が燃え尽きます。可燃性ガスが完全に酸化されるように、二次空気が追加され、高温の燃焼ガスと混合されてから、高温のアフターバーナーチャンバーに入ります。下流の熱交換は、熱は高温の燃焼ガスから放出され、排煙が除去されます。通常、灰は手で排出する必要がありますが、自動灰出しシステムを備えた炉もあります。このシステムには、バーナー後に可動式格子と灰出しスクリーが付いています。アンダーフィード燃焼システムのボイラーの定格出力は、約2.5 MWに制限されています。特に、製粉、ペレット、木材チップ（最大粒径50 mm）などの木目の細かい木材燃料に適し、含水量は5～50%です。燃焼室およびアフターバーナーチャンバーの設計は、水分含有量に適合させる必要があります。灰が多い燃料では、高温燃焼室からの灰の排出に関する問題が発生します。さらに、燃料表面の灰層が焼結または溶けると、ベッドからの燃焼ガスの放出が短時間ブロックされ、燃焼ガスの各ブレークスルーで安定しない燃焼条件が発生する可能性があります。アンダーフィード炉の投資コストは、火格子炉の投資コストよりも低くなっています。連続燃料入力と安定した静かな燃料ベッドにより、シンプルで良好な出力制御と低排ガス低負荷運転が可能です。しかし、この種の構造はあまり使用されていません。

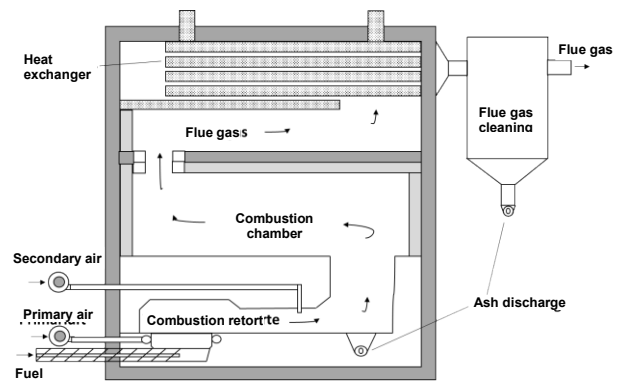


図5.4 アンダーフィード点火システムの機能原理

完全に自動化された木製燃焼システムでは、多くの場合、傾斜した火格子を持つ格子型の燃焼システムが使用されます（図5.5）。これらは、1～3つの回転可能なエレメントで構成できます。火格子に燃料がアクティブに移動していません。燃料は閉じた状態（1）の火格子に押し入れられ、静かな残り火のベッドの基礎となります。1回の操作（例 8時間）、燃料供給が停止します。次に、火格子全体またはその要素を横に傾けて開きます（2）。灰が落ちます。種火ゾーンは、傾斜していない火格子部分に残ります。これにより、火格子を閉じた後に再点火するためのエネルギーを節約できます。2つのエレメントを持つ傾斜した火格子は、ステップ破断格子とも呼ばれます。両方のエレメントを開くと、燃焼室を完全に清掃できます。



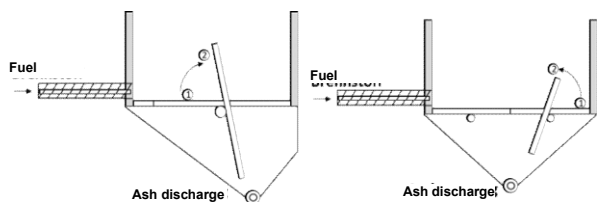


図5.5チルトグレート（左）またはステップクラッシャグレート（右）の燃料負荷と灰出しの機能原理、(1) 閉位置、(2) 開位置です。

フィード火格子燃料システム（図5.6）では、燃料は火格子（スクリューコンベアまたは油圧インサート）に水平に押し込まれ、火格子エレメントの動きによって燃焼室をさらに通過します。灰の除去は、火格子の端で行われます。燃焼空気の一部は、火格子を通して主空気として供給されます。これは複数のゾーンに分割できます。最初のゾーンでは、燃料の乾燥が行われ、続いて中間ゾーン（これがメイン燃焼ゾーン）で脱気が行われ、最後のゾーンでチャコールバーンアウトが行われます。火格子を介したゾーン制御された一次空気供給により、燃料の燃焼停止動作、連続部分負荷動作、および一次燃焼ゾーンの低減大気の設定を調整できます。二次空気は火格子の上に混合され、NO減少のためにより有利に、二次燃焼ゾーンの空間分離と、後続の燃焼室で燃焼するための可燃性ガスとなります。

火格子は、燃料ベッドを均質化し、エア経路を改善するための、燃料輸送、ストップ、循環の機能を実現します。さまざまな火格子ゾーンへの均一な一次空気供給を確保するには、火格子上で最も均一な燃料配分が可能である必要があります。したがって、均一でゆっくりとした火格子の動きを確保するためには、個々の火格子要素の送り速度を正しく調整することが、効率的な操作に不可欠です。不均一な占有により、スラグ、未燃焼粒子の渦、および高飛灰含有物が発生する可能性があります。このため、完全燃焼を達成するためには、空気の余剰が大きくなります（筋が通っている）。火格子エレメントが過度に動くと、灰中に未燃焼の炭素が発生するか、または火格子の燃料消費が不十分になります。さまざまな火格子ゾーンに分散された赤外線バリアを使用して、木材の高さを制御し、送り速度を調整します。

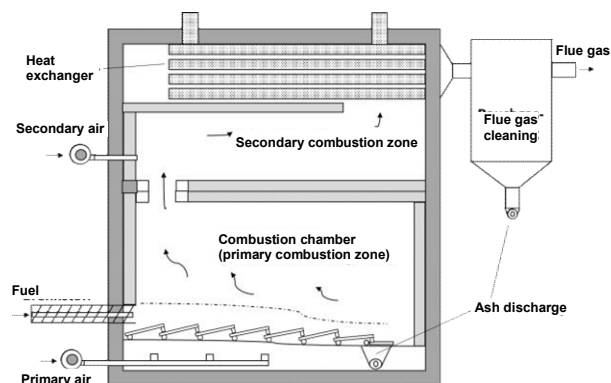


図5.6 火格子燃焼システムの機能原理

火格子燃焼システムは、高灰含有量、可変ルーメン、高含水量の燃料に適しています。燃焼中に放出されるエネルギーの一部は、燃料に含まれる水を蒸発させるために必要です。燃料の上に輻射カバーが付いているため、高いガス抜き温度が得られます。50%を超える水含有量の燃料を使用する場合、炉には冷却されていないバーンアウトフルーが必要です。供給火格子炉は、主にカウンターフロー原理に基づいて実現されています。これにより、目標の排ガス再循環が可能になります。また、燃料が水を含む燃料の場合は、高温の燃焼ガスも新鮮な燃料で覆われた火格子に送り返されるため、燃料の乾燥は火格子の最初のゾーンで行われます。このようにして、最大60%の水分含有量の燃料を使用することができます。さらに、燃料とガスの移動方向に基づいて、燃焼室の形状の2つのタイプ（共流と中流）が消えます（図5.7）。

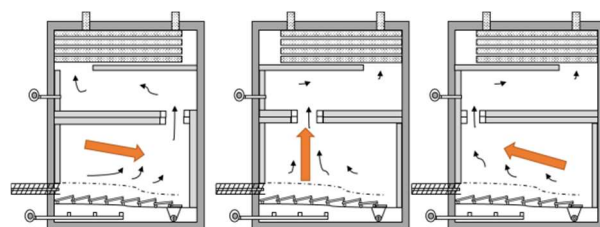


図5.7火格子炉の構造原理。直流（左）、中流（中ドル）、カウンター電流（右）

ファンの助けを借りて、一次燃焼用空気は、火格子と燃料ベッド、およびポスト燃焼ゾーンの二次空気を介して下から供給されます。さまざまなポイントでのエア供給は、システム全体で負圧を確保する排気ガスファンによって支えられています。均一な空気供給と低排出燃焼のためには、微粉の割合が低い木材チップの均質なランプが重要です。バイオマスのDH植物では、傾斜した水平の移動の火格子は最も一般的である。火格子は、交互に固定された可動火格子要素で構成されています。燃料は、可動火格子エレメントを前後に動かして、繰り返し輸送されます。これは、未燃焼の燃料粒子と燃焼した燃料粒子を混合し、燃料ベッドの表面を再生して、火格子の均一な燃料範囲を実現します。水平移動火格子には、傾斜した火格子要素があります。その動きによって

非常に均質な火格子カバーで、局所的な過熱によるスラグの発生を広く防止します。傾斜移動火格子より傾斜移動火格子の1つの利点はより密集した設計である。

灰の融点が低い燃料や乾燥した燃料では、水や空気による火格子冷却が必要になることがよくあります。また、燃焼室の温度や火格子上の燃料ベッドの温度を制御するもう1つの方法は、排ガス再循環です。燃料ベッドにスラグが発生しないように、一次排煙の使用を考慮する必要があります。この場合、CO<sub>2</sub>濃度の高い、酸素濃度の低い排ガスフローの一部が、燃焼空気と一緒に燃料ベッドに供給されます。混合比は、目的のサブ化学量論的燃焼空気比（空気不足）によって解除されます。燃焼室の過熱は、スラグの発生や燃焼室のライニングの摩耗の原因となり、二次排ガス循環によって防止できます。この場合、CO<sub>2</sub>濃度の高い、酸素濃度の低い排ガスフローの一部が、燃焼空気と一緒に燃料ベッドに供給されます。これにより、燃料ベッドまたはバーニアアウトゾーンの温度を最大200 Kまで下げることができ、メンテナンスとサービスを削減できます。

### 5.3.3 流動床燃焼

流動床式燃焼システムでは、固定式燃料ベッドはありません。燃料は、高温のベッド材料とともに、通常は砂と灰の大環状不活性材料であり、急速に流入する一次空気（通常は再循環ガスコンポーネントを使用）によって流動されます。そのため、粒子は流動状態になります。ベッドの材質は熱伝導の機能を満たしています。放出された燃焼熱を吸収し、流動床全体で再び放出します。混合が良好で、温度分布が非常に均一であるため、燃料の熱変換には良好な状態が得られます。空気の流速が速いため、流動床の圧力低下が大きくなり、使用する送風機の出力が高くなります（火格子燃焼と比較して約100 mbar高くなります）。炉の始動時に、燃焼室に燃料を追加する前に、通常はガスまたはオイル燃焼式始動バーナーを使用して、ベッド材料を約600° Cまで加熱する必要があります。

流動床炉は、異なる水と灰の含有量の燃料に適しています。ベッド材料のスラッグ、腐食、凝集の傾向が温度とともに上昇するため、燃焼温度は燃料依存の灰軟化温度以下に維持する必要があります。硫黄と塩素を分離するために、添加剤（石灰岩など）を燃焼室に直接導入することが適しています。このようにして、SO<sub>x</sub>やハロゲン化合物などの汚染物質の放出は、機器に多額の費用をかけることなく回避できます。燃焼温度が比較的低いため、実際にはサーマルNO<sub>x</sub>は形成されません。燃料に含まれる窒素からのNO<sub>x</sub>の生成は、低過剰空気（エアステーキング） [50]によって制御できます。そのため、流動ベッド燃焼システムは、バイオマス内残留物のエネルギー利用に適しています。

静止型と循環型流動型のベッド炉は区別されます。1 ~ 2 m/sのガス速度では、ベッド材料が固定流動床を形成します。この層の上では、燃料は燃焼室に供給され、流動床に落ちてそこで脱気されます。プロセス中に放出された可燃性ガスの完全酸化は、二次空気の追加を使用して、上記の自由空間で行われます。特別な燃料の準備は必要ありません。粒径が10 mm未満であれば十分です。ベッド寸法が大きいため、この技術は80 MWまでのプラントに適しています。高いガス速度（5 ~ 10 m/s）では、流動床からベッドの材料がますます放出されています。燃焼室排出後、再度分離され、再循環されます（循環流動床、図5.8）。この技術は、固定流動床と比較して、添加剤を添加すると固体がより強く混合されるという利点があり、これにより添加物の消費量が削減されます。

経済的な理由から、特に循環流動床は、30 MW以上の工場でのみ使用されています。

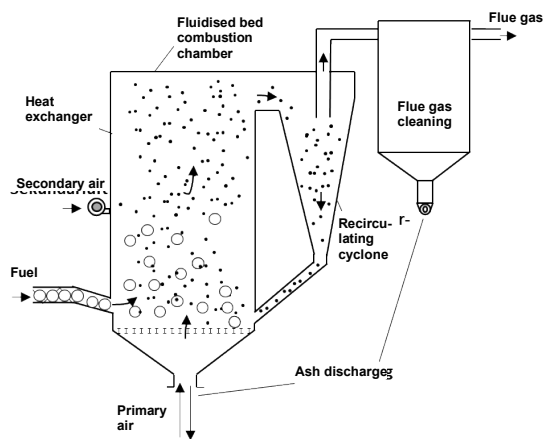


図5.8 循環流動ベッド燃焼システムの作動原理

### 5.3.4 粉塵燃焼

木材加工業界で一般的に生産されているように、粉塵含有量が50%を超える燃料は、アンダーフィードや火格子燃焼システムでの使用には適していません。これには、ブリケット化またはペレット化による処理が必要になります（第4.5章）。燃料は、ダスト燃焼システムで直接使用することもできます。この燃焼技術は、他と組み合わせて使用することができ（例えば、火格子または流動床噴射）、燃料のステーキングを可能にします（第5.6章）。

インジェクションまたはダスト燃焼システムでは、粉塵燃料（最大径10~20 mm、水含有量20 %未満）が空圧で燃焼室に導入されます。このプロセスでは、キャリアエアが一次空気として機能します。燃料粒子は炉に入った直後に脱気し始めます。揮発性コンポーネントの燃焼は、二次および三次空気を追加することによって行われます。

ダスト燃焼システムは、多くの場合、スワールバーナーの形で設計されています（図5.9）。ここでは、一次、二次、および三次のエアジェットが、環状ノズルを通して燃焼室に同心的に吹き飛ばされます。一次空気

ストリームとフューエルノズルは炎の中心にあり、ここでは一次燃焼ゾーンが形成されます。空気のスレージングは、より高速に流れる二次および三次の空気流によって行われます。これにより、排気ガスが吸引され、進行中に酸化されます（図5.10）。

燃料と空気の混合が良好で、燃料粒子の粒度が小さいため、CO排出量が少ない（完全燃焼）バーンアウト品質が高くなります。燃料供給は、燃焼特性に大きな影響を与えることなく、公称負荷の約25%の部分負荷まで継続的に調整できます。この技術のもう1つの利点は、空気のスレージングと必要な過剰空気の減少によるNOx値の減少です。燃焼温度が高く、燃焼室の壁に高いエネルギー密度があるため、水または排ガス再循環による冷却の可能性を提供する必要があります。熱負荷が高く、腐食が激しいと、耐火粘土 [51] [52]が急速に摩耗することがあります。

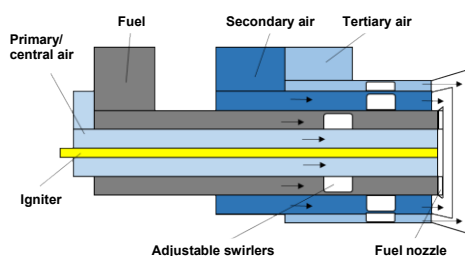


図5.9では、スワールバーナーの断面

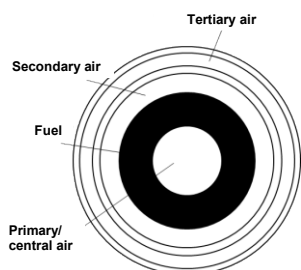


図5.10スワールバーナーの炎内でのエアスレージングの原理（空気と燃料のノズルの正面図）

## 5.4 ボイラー部の熱交換

燃焼室で放出される熱は、燃焼ガスから循環熱伝達媒体（通常は液体または蒸気水）への熱交換器を介して、CHP工場内またはプロセス熱用に熱油も変換されます。高い熱伝達は、ボイラーの効率を高めるために重要である（20.11章）。これを確実にを行うために、熱交換器表面の動作上の堆積物を定期的に除去する必要があります（第5.5章を参照）。

それぞれの要件に応じて、異なる構造、動作原理（共流、カウンター流、またはクロス流）、および超構造（水平または垂直）が使用されます。バイオマスボイラーでは、

煙管ボイラー（管内の排ガス）と水管ボイラー（管外の排ガス）が広く使用されています。熱伝達媒体が外部の燃焼ガスと接触する熱交換器チューブ内にある場合、水管ボイラーと呼ばれます。水管ボイラーは蒸気発生のための優勢な設計である。煙管ボイラーでは、煙管ガスは熱伝達媒体が流れるチューブを通過します。このタイプの構造は、熱伝達媒体として水を使用し、シェルボイラーとしても知られ、主に温水生産に使用されています。煙管には、いわゆるタービュレータが含まれています。これらのスパイラル状のコンポーネントは、排ガスを旋回させ（気流の乱流を増加）、熱交換器チューブへの熱伝達を改善します。また、タービュレータはクリーニング・デバイスとしても機能します（第5.5章）。

排ガスの露点を下回る温度になると、腐食性の可能性のあるガスコンポーネントが凝縮されます。ここでは、水の含有量と燃料中の硫黄と塩素の含有量の両方が重要です。硫黄または塩素含有量が少ないと、水蒸気分圧が低下し、燃料の水分含有量が増加するにつれて排ガスの露点が増加します。排ガス中の酸露点は、硫黄含有量と塩素含有量が増加し、燃料内の水の成分と過剰な空気に応じて、水蒸気含有量が増加します。硫黄または塩素含有物が多い燃料（廃棄木材、特に道路の盛土からの木材、木材加工からの残留木材など）の場合、酸性露点は水蒸気よりも大幅に高くなり、最高200°C [53]まで100°Cを超えます

排ガスがそれぞれの酸露点の下で冷却されると、硫酸または塩酸が発生し、腐食損傷（表面腐食、孔食腐食）の原因となります。しかし、腐食防止のための決定的な要因は、排ガス温度だけでなく、排ガスが接触する表面の温度でもあります。ボイラー内の熱交換器表面の腐食の問題を最小限に抑えるため、ボイラー製造業者はボイラー内の水の最低入口温度を規定しています。水の含有量が高いほど、入口温度の最小値は高くなります。ボイラーの最低リターン温度は、ボイラー回路内の水流混合回路（三方弁）を介して、リターン（ボイラーの戻り温度保護）への流量を適切に混合することによって確保されます（7.2章を参照）。同時に、ボイラー製造業者が指定する最小流量と最大流量を遵守して、確実に供給し、さらには流れを確保し、局所的な過熱を防止する必要があります。

硫黄と塩素の含有量が非常に高い燃料を使用するプラントでは、燃料中の硫黄、塩素、水の含有量に応じて、ボイラーの入口温度を80°C ~ 110°Cに上げる必要があります。ボイラー部の排ガスが酸露点より低温で冷却されないようにするため、腐食による損傷を避けることができます。表面温度が酸露点温度を下回るシステムコンポーネントで使用します



排ガス（エコノマイザなど）の表面は、排ガスの表面に腐食性のある材料（ステンレス鋼）を使用する必要があります。また、電解粒子セパレータのセパレータ電極（プレートまたはインナーチューブ）の冷却面は、バイオマスボイラーの低負荷運転中に腐食の影響を受けやすくなります。

熱発生およびボイラーシステムは、一般的な健康および安全原則、作業および設計の規範、設置および操作の基準に従い、公式の許可、対応する型式の承認、証明書、受け入れテスト証明書を必要とし、対応する安全装置（安全温度リミッタなど）を装備する必要があります。安全プレッシャリミッタ、熱放出安全装置、安全バルブ、一定の監視なしのオペレーション用装置、緊急電源などがあります。ボイラーまたは発熱の水流システムで許容できない温度または圧力の上昇が、どの動作状態でも、停電時にも防止されるようにする必要があります。このため、適用される国内法規制を明示的に参照してください（第19章も参照）。

ボイラーを設置する際には、作動装置にアクセスできること、および作動のためのスペース、特にメンテナンス（清掃）のためのスペースが確保されていることを確認する必要があります。

## 5.5 ボイラー煙管の自動洗浄

作動中は、高温の排ガスに接触する煙管に汚れが発生します。熱交換器の汚れが増すにつれて、熱伝導率が低下し、排ガス温度が上昇します。これは、システムの効率に悪影響を及ぼします。これは、定期的に煙管を清掃することで防止できます。自動洗浄システムは、空気圧縮空気パルス、機械的プロセス、または圧力波によるブラストクリーニングを使用して、検査用の堆積物を除去します。ただし、ブラストクリーニングは、広い出力範囲のプラント固有の要件にのみ使用されます。

小型の燃焼システムでは、設計が適切であれば、開いた回転チャンバドアを介してブラシを使用して排ガスチューブを手動で洗浄できます。ボイラーチューブの内壁から堆積物を除去するもう1つの可能性は、ボイラーチューブ内でスチールスパイラル（タービュレータ）を上下に動かすことです（手動または電氣的）。

200 kWを超える燃焼システムで全負荷運転時間が多い場合は、空気圧サージクリーンシステムが使用されます（図5.11を参照）。定期的に、熱交換器の堆積物は圧縮空気のパルスで除去されます。これにより、燃焼システムの年間効率が3~4%向上し、容易になります  
cleaning. Manual cleaning is required again only after > 2,500 full load operating hours (service interval).



図5.11ボイラーチューブの自動洗浄（出展：Schmid ENERGY Solutions）

## 5.6 排出ガス

排出ガスを最小限に抑えて燃焼を確実にするためには、燃焼システムの設計と制御が決定的に重要です。目的は使用される燃料の最も完全な燃焼を達成することである。このプロセスでは、燃料に含まれる炭素が、供給された空気からの酸素生成物で酸化されます。この再作用の主な製品は、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）と水蒸気（H<sub>2</sub>O）です（表5.2）。

完全燃焼の副産物は窒素酸化物（NO<sub>x</sub>、主にNOおよびNO<sub>2</sub>の技術的燃焼プロセス）です。これらは呼吸器に刺激的な影響を与えます。また、地球座標系の酸性化や地上オゾン形成、第二粒子状物質の発生も促進します。基本的に、NO<sub>x</sub>の3つの形成経路を区別できます。大気中の酸素と大気中の窒素との反応により、1300°Cを超える温度でサーマルNO<sub>x</sub>が形成されます。窒素酸化物は、主に炭化水素基が存在するため、化石燃料の燃焼中に比較的少量で形成されます。温度に応じて、昇華型温度が上昇します。バイオマス燃焼の通常温度範囲は800°C ~ 1,200°Cです。これらの低温のため、木材の燃焼中に燃料に含まれる窒素化合物から実際にはNO<sub>x</sub>が形成されません。燃焼室の形状と制御を最適化することにより、NO<sub>x</sub>の生成を大幅に減らすことができます（燃料のステージングまたはエアのステージング、第5.3章を参照）。

表5.2. バイオマス燃焼の生成物

Formation mechanism / source	Product
complete combustion	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
incomplete burning	CO, soot, unburnt C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>
By-products of complete combustion	NO <sub>x</sub>
Fuel impurities	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub> , ash and trace elements

不完全燃焼の場合は、一酸化炭素（CO）、未燃焼炭化水素（C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>）が排出されます。

多環芳香族炭化水素（PAH）、タール、すす、アンモニア（ $\text{NH}_3$ ）、亜酸化窒素（ $\text{N}_2\text{O}$ ）が発生します。粉塵排出は、粒子のサイズに応じて2つの分数に分割されます。粗灰（ $1.0 \mu\text{m}$ 以上）とは、燃料ベッドから取り戻された粒子を指します。微粒子（ $0.01 \sim 1.0 \mu\text{m}$ ）は、主に燃焼中に蒸発する燃料中の無機成分によって生成されます。排ガスが冷えると、再び凝縮して塩を形成します。これにより、のサイズ範囲の粒子が生成されます

$0.1 \mu\text{m}$ 。無塗装の木材で、バーク含有量が少ない場合は、主にカリウム化合物（硫酸カリウム $\text{K}_2\text{SO}_4$ など）が形成されます。無機燃料コンポーネントが固体コンポーネントとして直接排ガス流に入ると、冷却中に結晶化核として機能し、成長することがあります。このプロセスでは、サイズ範囲が約 $1 \mu\text{m}$ の粒子が形成されます。これらは塩でもありますが、主にカルシウム化合物（酸化カルシウム $\text{CaO}$ など）です。この形成経路は、特にバーク含有量が高い燃料（Ca含有量が高い燃料）で重要です。燃焼温度が $600^\circ\text{C}$ を超え、完全な燃焼が達成された場合、炭素粒子からの粉塵排出は通常、2次的に重要です。

その他の関連する排出ガスとしては、硫黄化合物（二酸化硫黄 $\text{SO}_2$ 、三酸化硫黄 $\text{SO}_3$ 、水素水フェド $\text{H}_2\text{S}$ ）、塩酸（ $\text{HCl}$ ）、ダイオキシン、およびフランズ（PCDD/F）があります。未処理木の硫黄や塩素の濃度が低く、灰中の塩素や硫黄の割合が比較的高いため、 $\text{SO}_2$ と $\text{HCl}$ の排出量が少なくなります。ダイオキシンおよびフランズは、未燃焼のハエ灰粒子の表面で $200^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ の温度範囲で形成されます（de novo合成）。天然木材が最先端のプラントで燃焼する場合、PCDD/F排出量は通常問題ではありません。完全な燃焼、メンバーベッドからの粒子のスワイプアップの低減、効率的な粉塵分離により、大幅な削減が可能です。それにもかかわらず、デノボ合成の温度範囲での長い滞留時間は避けるべきである。

燃焼中、無機成分および微量元素（重金属など）も燃料マトリックスから放出されます。燃焼中と煙突に向かう途中の両方で、元素の挙動は異なり、個々の微量元素は異なる揮発性を示します。それらの個々の蒸発温度により、プロセスのさまざまなポイントで再び蒸発および凝縮します。沸点が高い元素（Al、Cr、Fe、Mn、Si）は揮発性が低く、そのため底部灰のほとんどの部分が残っています。沸点がやや低い場合（As、Pb、Cd、Zn）、エレメントは燃焼過程で蒸発し、粗灰または微細灰が冷めて煙霧ガスから分離されたときに、粗い灰または細かい灰で吸収または吸収されます。酸素と反応するか、沸点が非常に低い元素は、まず排出ガス（N、S、Hg）に入ります。これらは、排煙洗浄システム（目的の脱窒化、脱硫）で個別に処理されます（図5.12）。

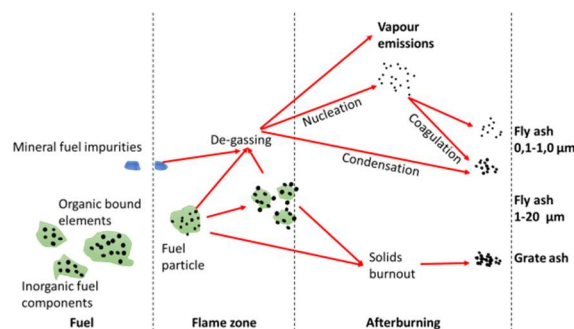


図5.12燃料時間と燃焼後の微量元素の挙動

## 5.7 排出ガス削減の主な対策

炉からの排出ガスを削減するための主要な手段設計手段と運転パラメータの適切な制御の両方を提供します。上記の燃焼プロセスの各段階を最適化することで、燃焼からの排出量を削減することができます。このコンテキストで決定的なのは、燃料と空気が高温範囲（ $> 850^\circ\text{C}$ ）の燃焼ガスとよく混合される安定した高燃料ベッドです。この文脈では、供給される空気と必要な空気の比率（過剰な空気数  $\lambda$ ）が本質的な役割を果たします。理論的には、過剰な空気比  $\lambda=1$ は（化学量論的に）完全な燃焼を達成するのに最適です。実際には、合計過剰空気比は $1.3$ ～です

$1.8$ は大型システムに使用され、 $1.5 \sim 2.0$ は中小規模システムに使用されます。これにより、燃料、排ガス、および供給される空気の最適な混合が可能になります。過剰空気比  $\lambda < 1$ は不完全燃焼につながり、燃料に蓄えられたエネルギーの一部のみが熱エネルギーとして放出されます。燃焼プロセス（ $\lambda$ ）に供給される空気が多すぎる場合は、次のようになります

>1)冷却が発生し、燃焼が不完全になります。過剰な空気数の最適化は、燃焼を幾何学的に1次および2次燃焼ゾーンに分割することで実現できます。一次燃焼ゾーンでは、燃料の乾燥と熱分解/脱気は、サブ化学量論的条件（ $\lambda < 1$ ）およびチャコールの酸化で行われます。二次燃焼ゾーンでは、二次空気（ $\lambda > 1$ ）[54]を供給することにより、可燃性ガスが完全に酸化します優れた制御システムを備えた近代的な炉では、未燃焼の排ガス成分の濃度を効率的に低減することができます。一次および二次排ガス再循環（5.3.2章を参照）は、燃焼条件を最適化し、排出ガスを削減するための主要な手段としても使用されます。

また、設備に適した空気を供給することは、固定式ベッド炉からの粉塵排出量を削減するうえで非常に重要です。燃料ベッドはできるだけ静かで安定している必要があります。一次空気は均一に流れるため、粒子がかき混ぜられたり、閉じ込められたりすることはありません。ただし、これにより、燃焼ゾーン内の可燃性ガスと空気の混合が少なくなります。そのため、必要な総過剰空気を低く抑え、プラントの効率を高めるために、二次燃焼ゾーンでは最適な混合に重点を置いています。これは、次によって実現できます

可燃性ガスが高速に達する狭いダクト断面です。二次空気は、スタッガノズルを介して高速で供給されます。他の可能性には、渦またはサイクロンのような二次燃焼室が含まれます。全体的に、過剰な空気は最小限にする必要がありますが、完全なバーンアウトを可能にするには十分に高くする必要があります。

窒素酸化物の削減の主要な手段として、空気のスレーシングおよび燃料のスレーシングプロセスが利用可能です ([55]、[56]、[57]、[58]) (図5.13)。どちらのプロセスでも、以下のような反応のように、酸素不足の下で燃料分解中に形成された窒素成分が互いに反応し、安定した害のない分子窒素を生成する還元ゾーンが作成されます。

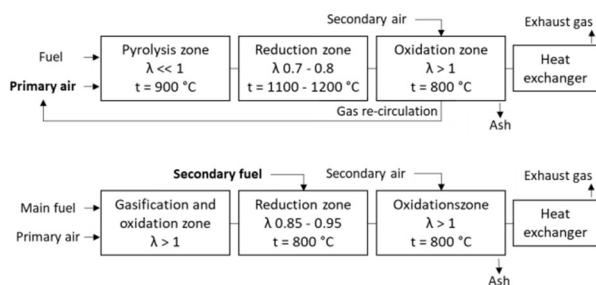
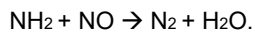


図5.13 NO<sub>x</sub>を削減しないためのエアスレーシング(上)およびフューエルスタグ(下)の原理

どちらの方法も改造できません。エアスレーシングは、新しいプラントで200 kWを超える場合に使用され、燃料スレーシングは約5000 kWから使用されます。このプロセスでは、窒素含有量が低い燃料では約30 ~ 50%、窒素含有量が高い燃料では50 ~ 70%の削減です ([55]、[56])。燃料スレーシングの削減可能性は、燃焼出力の動作範囲がやや広いと、やや高くなっています [57]。

燃焼ガスが還元ゾーン (最小 0.3 s、 $\lambda = 0.7 \sim 0.8$ ) で、高温 (1100° C ~ 1200° C) ([55]、[57]) であること。これを実現するには、プラントの技術を段階的燃焼用に設計し、すべての運転パラメータを正確に制御する必要があります。二次空気が一次燃焼ゾーンにバックミキシングされないようにするには、一次および二次燃焼ゾーンを構造的に分離する必要があります。灰や形態スラグが豊富な燃料を使用することは、高温のために非常に重要です。これに対して、燃料のスレーシングでは、反応条件への適合が多少少なくても済みます。ここでは、二次燃料が2番目の燃焼室に追加され、高温の燃焼ガス (約 800° C) とすばやく適切に混合されます。たとえば、木くずが適しています。一次空気の不足 ( $\lambda = 0.85 \sim 0.95$ ) から開始して、燃料を追加することで条件を低減します。どちらの場合も、空気が過剰な下流の酸化ゾーンで完全燃焼が行われます。

## 5.8 排出ガス削減のための二次的措置

### 5.8.1 除塵

サイクロンは粗い粉塵の分離に使用されます。マルチクラロンは、大量のフローに使用されま

す。マルチシークロンは、複数の個別のサイクロンを1つのハウジングに結合したパラレル接続です。サイクロンは遠心分離器です。粒子を含むガスは、接線方向に流れ (図5.14または軸方向に 図5.15)、シリンダ状のサイクロンチャンバーに流れ、そこで回転フローに設定されます。このプロセスでは、灰の粒子がサイクロンシェルの壁に流れ出て、そこからほりの排出方向に下方に浮遊します。洗浄されたガスは、浸漬パイプを介してサイクロンから排出されます。

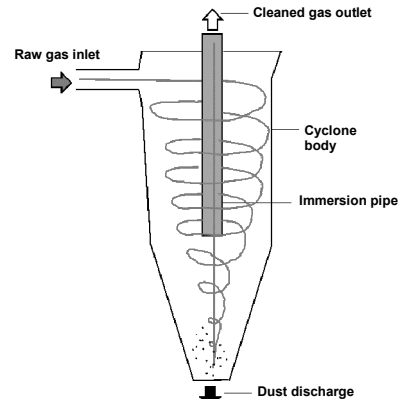


図5.14に示すように、シングルサイクロン (接線区切り) を使用します。

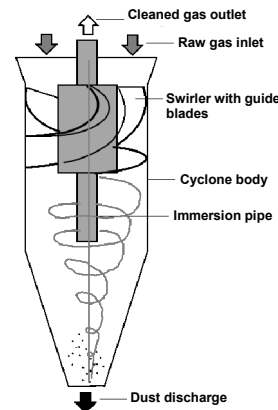


図5.15に示すように、シングルサイクロン (接線区切り) を使用

木材燃焼プラントにおけるサイクロンの分離効果は、10 μ mを超える粗い灰粒子に限定されています。原則として、120 ~ 200 mg/m<sup>3</sup>のクリーンガス値 (11 vol.% O<sub>2</sub>) が達成されます [59]。分離効率は、回転フローの円周速度とサイクロンの形状デザインによって異なります。円周方向の速度が速いほど、粒子が小さくなり、堆積することができます。ただし、速度が上がると、圧力損失も増加します。一方では、燃焼レートが低くなり

、排煙速度が低下するため、分離効率が低下します。さらに、粒子が非常に低い密度で遠心力が低すぎる場合、 $10 \mu m$ を超える粒子を確実に分離することはできません。

サイクロンは、比較的小さなスペース要件と低投資コスト、およびオペレーティング・コストにより、木材加熱システムで最も頻繁に使用されるダスト・コレクション方式です。ただし、通常は、粉塵制限値に準拠するために単独で使用するだけでは不十分です。そのため、サイクロンは、下流の粉塵分離プロセスの粗粉塵事前分離に使用されます。これにより、ダウンストリームフィルタユニットの粉塵負荷が軽減されるため、作業効率が向上します。湿式分離プロセスでは、污泥管理および廃棄コストを削減できます。

ファブリックフィルタでは、埃を含んだ生ガスがフィルタ媒体を介して外部から吸い込まれます。フィルタ媒体は通常、シリンダ状の支持繊維に吸収されます。フィルタケーキはフィルタ媒体に形成され、排ガスの流れに逆風になる圧縮空気の短いブラストによって定期的に清掃されます（図5.16、図5.17）。

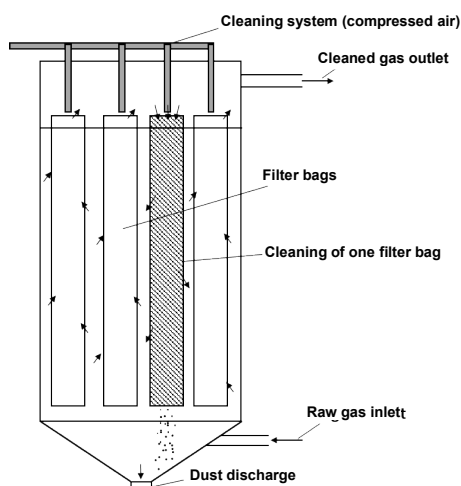


図5.16ファブリックフィルタの概略図  
フィルターバッグエレメントを平行に配置します。3つのエレメントが作業位置にあり、4つ目のエレメントはカウンターフロー原理（圧縮空気による清掃）で清掃されます。

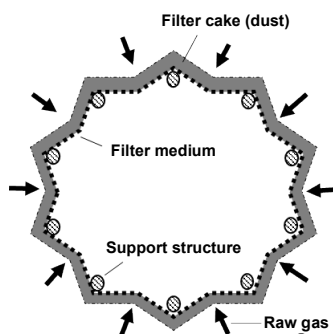


図5.17は、フィルターバッグの断面

一般的なフィルター媒体は、化学成分および排ガスの温度（など）に応じて表面処理されるニードルフェルトです（テフロン、PTFEラミネート加工）を使用しています。

作動の重要な要因は排ガス温度である。これは、排出ガスの凝縮によってフィルタが詰まることがあり、フィルタメディアの早期交換が可能になるためである。動作範囲は $180 \sim 220^\circ C$ です（最大排液温度は $250^\circ C$ 、最低排液温度は $140^\circ C$ 以上）。排煙内の水蒸気の量が多いことが重要です（例：湿った燃料、部分負荷/低負荷運転）。また、スパークおよびメンバの粒子分離が必要です。ファブリック・フィルタは中間投資を行っていますが、 $100 kW$ を超える電力範囲では比較的高い運用コストが使用されています。コンパクトフィルタユニットには、必要なスペースが少なく済みます。ファブリックフィルタの分離効率は高くなります。原則として、 $1 \sim 5 mg/m^3$ のクリーンガス値（ $11 vol.\% O_2$ ）が達成されます[59]へアラインの亀裂や布の穴などの漏れがあると、分離効率が大幅に低下します。吸収剤（添加剤）を加えることで、 $HCl$ 、 $SO_x$ 、ダイオキシン（ $PCDD/F$ ）をさらに分離する可能性があります。

静電沈殿では、電界を使用して粒子分離が行われます。「電気集塵機」という用語も口語的に使用されていますが、セップアレーションはろ過によって行われなかったため、以下に「電気集塵機」という用語を使用しています（図5.18）。電気集塵機は、電圧源に接続されたスプレー電極と接地された収集電極で構成されています。ガス分子は電子の電流によってイオン化され、生ガス中の粒子に付着します。この方法で充填された同価は、それ自体をカラム型電極に取り付け、そこに沈殿させます（図5.19）。電気集塵機は、低容量でも使用できます。分離効率は高く、クリーンガス用テントは $5 \sim 50 mg/m^3$ （ $11 vol.\% O_2$ ）ですが、スペース要件が高く、投資コストが高く、運用コストも中程度です。

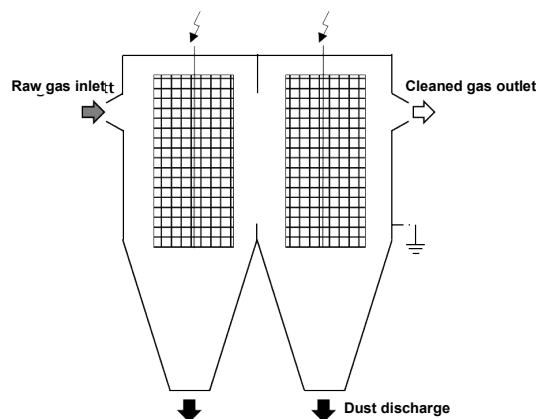


図5.18ファブリックフィルタの概略図



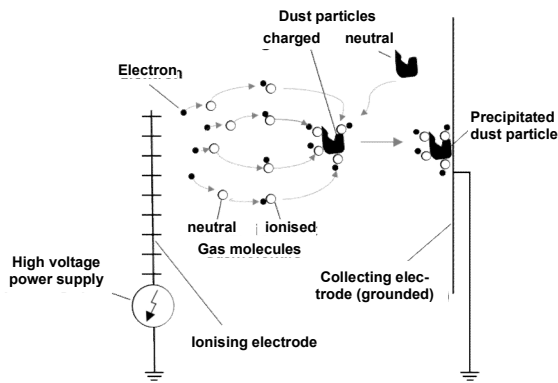


図5.19電気集塵機の物理的な動作原理を示します。

乾燥電気集塵機が最も一般的に使用されます。通常、この設計はプレートまたはチューブタイプの電気集塵機です。プレートタイプの電気集塵機は、現在、200 kWを超える定評ある技術として、定期的に洗浄されています。必要なスペースは高く、高さは上流側のボイラーにほぼ対応しています。高電圧がオンになっている限り、排ガスの露点を下回る温度になるまで、排気を事前に排気する必要があります。短絡のリスクを低減するために、絶縁体はガスフローから補助的に設定され、多くの場合、追加加熱されます。これらの対策にもかかわらず、高電圧は、天然木の排ガス温度が80°Cに達した場合にのみオンにできます（、など）130°C（廃木材用）です。指定された制限値を下回っています

メーカーによっては、電気セパレータは無効になっています。そのため、起動時および最小負荷動作時に、以下のことが行われます。

定常状態での動作は、できるだけ早く確認する必要があります。このため、元の側のボイラバイパスを使用して、電気セパレータ内の排ガス温度をすばやく上げることができます。直列ユニットでは、電気セパレータをボイラーに直接組み込むことができます。最大5,000 kWの木材加熱システムには、チューブ状静電沈殿器が用意されています。内部スプレー電極を備えたフィルタチューブがいくつか配置されています。内部チューブ壁（=沈殿電極）の清掃は、ブラシを使用した機械的な清掃によって行われます。プレートタイプの電気集塵機と比較して、スペース要件は小さくなりますが、露点以下の落下に関しても同様の要件が適用されます。

また、液体ガスの凝縮と組み合わせて使用する湿式静電沈殿装置もあります（13.7.2.3章を参照）。排液ガス中の水蒸気が凝縮されるためには、最大リターン温度が45°C未満である必要があります（乾燥燃料ではさらに低い温度）。水蒸気の凝縮過程では、帯電した粉塵粒子が凝縮核として使用され、水滴に組み込まれた凝縮水汚泥として分離されます。分離の程度は凝縮水の含有量によって増加し、外部水の必要量は最小限に抑えられます。汚泥処理と水処理も考慮する必要があります。

バイオマスDHプラントのQMプロセスを説明します。

**ダストコレクターの年間最低利用可能量**

電気集塵機は、関連する粉塵排出を伴うすべてのフェーズで有効である必要があるため、運転最適化（マイルストーン5）の過程で定義および確認する必要があります（図5.20）。

	Downtime	Precipitator operating time (ESP meter)	Follow-up time
ESP	inactive	Operation electrostatic precipitator (ESP)	
Firing	Firing operating time (firing meter)		Downtime / standby
	Startup	Heating operation	Shutdown

図5.20炉と静電沈殿装置の一般的な動作サイクル（FAQ 38を参照）。

始動、加熱、シャットダウンは、1つの作動フェーズとして組み合わせられ、起動時の作動時間に対応しています。セパレータの動作時間は、電気セパレータが点火（緑色）と同時に作動している場合のみカウントできます。電気セパレータにスイッチオン遅延または故障がある場合、ダウンタイムが発生します（赤色）。電気セパレータが燃焼システムよりも長い時間作動している場合、これは運転時間としてカウントしてはならない運転時間です。燃焼システムのシャットダウン/スタンバイ中は、燃焼システムの作動時よりも粉塵の排出量が大幅に少なくなります。電気集塵機のフォローアップ時間により、粉塵の排出量をさらに削減することができます。電気集塵機の使用可能性は、通常1年間で終了し、蓄積された沈殿装置の運転時間（緑）と蓄積された炉の運転時間（黒）の比率として定義されます。

$$\text{Availability [\%]} = \frac{100 * \text{Precipitator operating time Furnace}}{\text{operating time}}$$

電気集塵機とファブリックフィルタの両方で、始動時にメーカーが指定する最低温度（燃料によって異なる）にできるだけ早く到達し、最低負荷動作時に温度低下を避ける必要があります。分流器/フィルタへの入口の最大許容温度も遵守してください。システムの設定と動作モードは、この問題に大きく影響します。たとえば、木材加工工場や廃棄物焼却プラントは、一般にバンド負荷モードで稼働していますが、住宅用の熱供給エリアでは、単価または二価のバイオマスDHプラントの稼働率が高くなっています。

**統合と運用の最適化に関する注意事項**

（第16章も参照してください）

- 2つのバイオマスボイラーを備えたシステムでは、1つの粒子セパレータと1つの煙突のみを備えたソリューションは推奨されません。各ボイラーに独自の粒子セパレータと煙突を装備する方がコストが高くなりますが、ボイラーラインが明確であるため（フルガス側のクロスインパクト、最適な煙突断面、部分負荷の操作の問題が少ないなど）、メリットがあります。
- 排ガス温度が120°Cを超える場合は、電気集塵機またはファブリックフィルタの前後に排煙熱交換器（エコマイザー）を取り付ける必要があるかどうかを確認する必要があります。排ガス温度が低い場合は、熱交換器を静電沈殿器の後に取り付ける必要があります

電気集塵機に含まれる煙煙の成分が凝縮されないようにしてください。

- 排ガスの熱交換器内の熱交換面が排気ガス側で常に濡れていることが重要です。これはぬれたと乾燥の間で交互になる区域で造り上げることができる望ましくない沈殿物を防ぐ唯一の方法である。
- 運用最適化の概念では、単にリリース信号ではなく、自動データ記録中に「粒子分離機運転中」（高電圧スイッチオン、バイパスクローズ、または洗浄水の噴射）が記録されるように、明確に指定する必要があります。

## 5.8.2 脱窒

廃棄木材、チップボード残留物、未処理の硬材または軟質材などの窒素が豊富な燃料で、高濃度のパークを持つ場合は、二次的対策を使用してNOxを推定し、定められた排出制限に準拠する必要があります。アプリケーションの範囲については、13.9.2章で詳しく説明します。脱硝対策は、後付けが困難であるか、不可能である。したがって、燃焼技術と燃料範囲を決定する際には、使用を考慮し、必要に応じて最初から計画する必要があります。

SNCR（セレクトティブ非触媒リダクション）プロセスでは、還元剤が燃焼室の直接の還元ゾーンに噴射されます。使用される還元剤はアンモニア（NH<sub>3</sub>）または尿素溶液（NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>）であり、非腐食性で扱いやすくなっています。高温では、NH<sub>2</sub>基のラジカルが形成され、元素窒素（N<sub>2</sub>）なしで再推定されます。反応ゾーンでは最適な混合が必要です。850~950°Cの温度範囲で0.5秒程度の停滞時間を目標としています。還元剤の投与には、元ガス中のNOx測定が必要です（モル比 $n = \text{NH}_3 / \text{NO}_x$  [mol/mol]=約2）。SNCRプロセスの脱窒の平均度は50~75%であり、最適な反応条件下では最大95%が可能です [57]このプロセスは通常、新しいプラントで使用されますが、個々のスペースの空き状況に応じて後付けすることもできます。また、新しいプラント「SNCR-READY」を構築するオプションもあります。この場合、SNCRプロセスに必要なコンポーネント（還元ゾーン、注入用開口部、ガスタンクを減らすためのスペース確保など）を備えた炉が完全に準備されています。試運転後に脱硝が必要であることが明らかになった場合は、迅速に後付けを実行できます。

SNCRプロセスでは、反応条件を正確に制御する必要があります。ベルト負荷運転に最適で、湿式スクラバーと組み合わせて使用します。上記の温度範囲外での還元剤の注入は、アンモニア、気候関連の亜酸化窒素（N<sub>2</sub>O）、シアン化水素（HCN）、およびイソシアン酸（HNCO）などのニトロジェンの副産物の形成を支持します。

還元剤を触媒コンバーターと組み合わせて使用する場合、SCR（セレクトティブ触媒リダクション）と呼ばれます。SCRにより、95%以上の脱窒を可能にし、アンモニアのスリップを低減します。ダイオキシンの発生を抑えるため、酸化触媒を内蔵することをお勧めします。NOxの測定とモル比の正確な制御を行います

（ $n = \text{NH}_3 / \text{NO}_x$  [mol/mol]=約1）が必要です。動作モードでは、下流の粉塵分離による高粉塵と、上流の粉塵分離による低粉塵が区別されます（図5.21）。低粉塵プロセスの温度範囲は200~

250°C。250~450°Cの高粉塵処理に使用します

ここでは、排ガス温度を下げるために下流のエコノマイザーが推奨されています。高粉塵プロセスでは、粉塵による触媒コンバーターの詰まりが発生することがあり、場合によっては残留木材や廃棄木材にはサブタブが使用されることがあります。また、どちらの場合も、ヒ素、リン、またはアルカリ金属などの触媒ポイズンが触媒物質 [51]を非活性化する可能性があります。触媒コンバーターに入る前に、触媒の毒がほこりなどで分離されている場合は、汚染の傾向が再び生じ、触媒コンバーターエレメントの耐用年数が長くなります。従って、バイオマスDHプラントでは、中毒や詰まりの問題が原因で、QMによって高粉塵処理が行われることはありません。

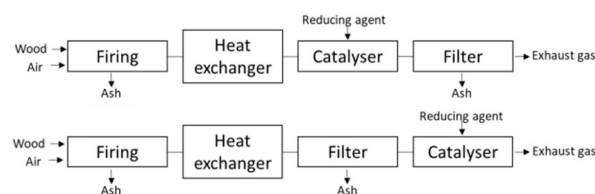


図5.21セレクトティブ触媒リダクション（SCR）の高粉塵プロセス（上）と低粉塵プロセス（下）を示します。

## 5.9 エコノマイザーと排ガス凝縮による熱回収

ボイラーを離れた後、熱交換器を追加して排ガスをさらに冷却すると、熱効率が向上します（13.7.2章）。

エコノマイザーは、システムリターンを予熱するための追加熱交換器です。ここでは、排液ガスは約75~80°C（露点の真上）まで冷却されます。加熱システムが始動するか、または排液の温度が設定温度を下回ると、設定温度に達するまで、高温の排液の一部がダンパを介して直接排液に供給されます。効率化の大きな可能性があるため、木材熱発生を計画する際には、常に経済者の利用を検討する必要があります。たとえば、空気比  $\lambda=2$  を超えると、排ガスを10 K冷却することで、燃焼効率が約1% [60]向上します。過剰な空気比と水含有量に依存することで、5~7%の効率で増加します。必要な過剰空気比を低（ $\lambda < 1.8$ ）に保つには、適切な燃焼制御が必要です。

排液ガス凝縮システムは通常、3つの段階で構成されています。The flue gases leaving the boiler first pass

経済的には、コンデンサ（上流にクエンチが発生）を経由し、下流に空気予熱が必要な場合に備えます（図5.22）。用途範囲は通常、1 MWを超えたプラント用です。燃料コストが高く、プラントの運転時間が長い場合（バンド負荷運転）、約500 kWから始まる小規模なプラントも可能です。消費者からの平均リターン温度は、排ガスの露点よりも低く、少なくとも10° C低くなければなりません。コンデンサの低温リターンを別途考慮する必要があります。

コンデンサでは、排出トガスは露点の下までさらに冷却されます。これにより、排ガスに含まれる水蒸気の一部が凝縮されます。この過程では、大量のエネルギーが実用的な形で放出されますが、主に潜熱です。燃料の水の含有量は重要な役割を果たします。燃料を使用してプロセスに入る水分が多いほど、蒸気が再び凝縮されます。排液ガスを冷却できる温度が低いほど、排ガス凝縮システムはより効果的に機能します。燃焼での総過剰空気比が少ない場合、燃料内の水の含有量が高くなり、加熱回路の戻り温度が低くなります（< 40° C）の場合、燃焼システムの効率は最大20%向上します。コンデンサの入口エリアでは、作動状態に応じて、液体ガス側に変化する箇所があります。これは、自然に濡れたり乾いたりしている場合があります。このような領域には、堆積物や腐食の危険性があります。このような問題を回避するために、クエンチは排気ガスを保湿して露点まで冷却する上流に設置されることがよくあります。加湿された排気ガスがコンデンサに到達すると、さらに冷却が行われ、温度が露点を下回ります（凝縮水が沈殿します）。これにより、コンデンサ内の乾燥した部分が防止されます。

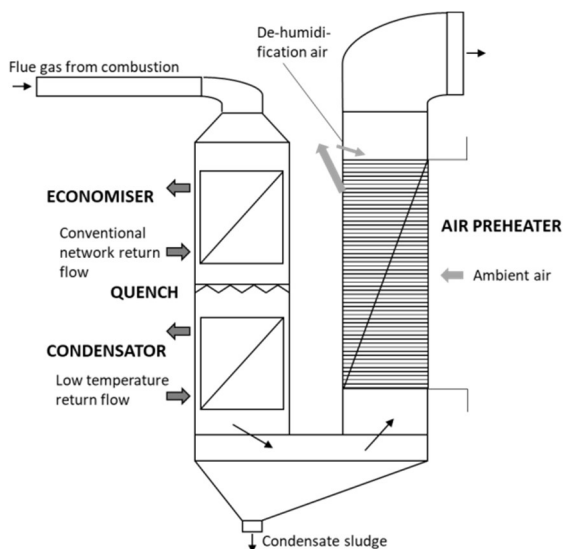


図5.22 排液ガス凝縮システムの概略図

生成された凝縮水汚泥は、堆積物タンクなどの重金属が含まれているため、液体相（凝縮水）から分離し、その後、埋立処理または工業処理を行う必要があります。この分離は、重金属の液相への溶出を防ぐために、pH7.5より大きい値で発生する必要があります。燃焼

品質が高く（CO < 250 mg/m<sup>3</sup> 11 vol.% O<sub>2</sub>）、中和段階（pH制御）を使用した後、過量の凝縮水は、汚泥分離後に、現地の規制に準拠して下水システムに排出できます。

原則として、システムには少なくとも1つの空気予熱器があり、その中で排ガスが供給エアにさらに熱を伝達します。この予熱された空気の一部は燃焼空気として使用され、もう一方は冷却された排ガスと混合されて、下流のパイプラインや煙突でさらに結露が発生するのを防ぎ、煙突での噴煙の形成を低減します。完全な脱気化は絶対に必要ではありません。これには技術的な利点はありませんが、視覚的な効果しかありません。これは、観光地や集落付近のバイオマスDHプラントにとって特に重要です。

排ガス熱交換器を統合する場合は、排ガスクリーニングコンポーネントとの正しい配置を確認するように注意する必要があります。液体ガス凝縮システムと湿式電気集塵機を組み合わせることで、約95%の微細粒子を含む集塵効率を実現します。乾式電気集塵機または布製フィルタが、経済器または排ガス凝縮システムの上流に取り付けられている場合、これらのコンポーネントの汚染を大幅に削減し、凝縮水汚泥の廃棄コストを削減できます。

## 5.10 プロセス制御技術

### 5.10.1 基本情報

プロセス制御技術という用語は、さまざまな用途で使用されます。基本的に、プロセス制御技術は、測定および制御技術（I&Cテクノロジー）全体と、プラントの関連データストリームで構成されます（用語の詳細については、[61]を参照）。I&Cは、設備の運用を自動化し、必要な制御、規制、監視タスクをすべて網羅します。適切なI&Cシステムと制御コンセプトの統合は、効率的で低排出ガスで安全な設備運用の前提条件であり、そのためにバイオマスDHプラントの計画および実行の重要なコンポーネントとなります。バイオマスDHプラントのQMプロセスを説明します。このトピックでは、標準水流方式（[62]）について詳しく説明します。測定・制御技術の基礎は、バイオマスDHプラントの計画・建設・運用に関する具体的な話題を除いて、ここでは扱いません（例：[63]）。

バイオマスDHプラントが最初に建設されて以来、プロセス制御技術は大きく発展してきました。完全に自動化されたプラントのオペレーションを可能にする、包括的なI&C機器は、最先端の技術です。現在では、シリーズ生産の小型ボイラーでさえ、完全自動制御システムとデジタル・ユーザー・インターフェイスを装備しています。

## 利用規約

**制御**とは、設定する変数（制御変数）を継続的に測定し、基準変数（セットポイント）と比較するプロセスです。比較の結果を再表示すると、制御変数が参照変数と一直線になるように制御変数に影響します。影響の再硫化シーケンスは、クローズドコントロールループで発生します。対照的に、**調整**は、設定する変数を測定せずに、最も重要な影響を与える変数（妨害変数）に応じて、設定可能な変動が影響を受ける（制御される）オープンな一連のアクション（制御チェーン）を表します。したがって、設定される変数の実際の値はチェックされず、制御チェーンには影響しません（[63]を参照）。

測定技術の重要な課題は、定量的に測定装置（センサ）を用いて技術プロセスを記録し、測定変数を用いてプロセスを制御および調整するための基礎を提供することです（詳細については、[64]を参照）。

EN 61131-Part 1 [65]によれば、**プログラマブルロジックコントローラ（PLC）**は、ロジック制御、シーケンス制御、ティムリングなどの特定の機能を実装するためのユーザ指向制御命令の内部ストレージ用のプログラマブルメモリを備えた産業環境で使用するデジタル操作のエレクトロニックシステムです。カウントおよび算術ファンクション。デジタルまたはアナログの入出力信号を介して、機械およびプロセスの変数を制御します。

バイオマス加熱プラントのプロセス制御技術は、以下の基本的な課題を満たす必要があります。

- システム全体を完全に自動制御および制御するため、通常の手動操作は必要ありません。また、可能であれば、運用担当者が常に存在することはありません
- すべての運転状態で安全なプラント運転を確保します（個人および工場の保護）。
- お客様に熱供給を保証します
- あらゆる動作条件で最適なシステム動作を実現します。
- システムの動作と監視（システムの可視化/現在の動作ステータスの表示、設定ポイントと制御パラメータの設定、システムコンポーネントのオン/オフの切り替えなど）を行います。
- リモートアクセスおよび障害メッセージ
- 関連するすべての動作データ（測定データ）の取得、処理、および永続的な保存、準備、および（履歴）測定データトレンドの視覚化を行います。
- すべての課金データを記録し、永続的に保存します（顧客の消費）。
- 必要に応じて、システムの手動操作と緊急操作を有効にします。

起動およびシャットダウンプロセス中のプラント運転、および特別または予期しない運転条件（メンテナンス、クリーニング、および運転中の小規模な修理）が含まれます。

動作、個々のコンポーネントの故障、テストの実行、緊急動作、極端な負荷状態）は、通常、運転者が手動で（手動操作）または半自動操作で行います。

中程度の圧力と温度を持つ熱源システム（例：温水システム110°C未満）では、通常、運転者が常時立ち会いは必要はありません。温水および蒸気システムでは、常駐が必要になる場合があります。また、無人[66]または無期限の監視なし（「Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung」 BOSB）での運転のための追加の安全再調整装置が必要になる場合があります。永続的な監督なしで運用する場合は、各国の規制および指令を確認し、いかなる場合でも遵守する必要があります（第19章を参照）。

プロセス制御システムは、さまざまなタスクを実行する複数のレベルで構成されています（図5.23）。

## 機能細分化と技術設計

プロセス制御システムは、実行するタスクに応じて、ユーザレベル、下位のI&Cシステム（個々のコンポーネントの制御など）、およびマスタI&Cシステム（設備全体に関連するタスク）に分割できます。この機能関連の細分化は、制御概念と個々の制御タスクの定義、および機能的な説明の作成に役立ちます。

ただし、これらの3つのレベルでは、個々の技術コンポーネント（制御ユニット）の物理的な制限や配信制限が自動的に再送信されることはありません。**プロセス制御システムの技術設計**はさまざまな要因に依存し、3つの機能レベルと同様に構造化する必要はありません。たとえば、下位およびマスタI&Cシステムのオペレーティングレベルは、単一のPLCでケースごとに実現することも、異なる工場出荷担当者（インターフェイスを介して相互に接続されている）から3つの異なるユニットを組み合わせて提供することもできます。

マスタおよびサブ累進のI&Cシステムとしての機能関連の指定は、I&C技術者間では必ずしも共通ではありません。これは、物理コンポーネントまたは配送制限に向けてより重視されているため、他の指定が使用されている可能性があります（マスタシステムなど）。

**ユーザーレベル**は、制御盤のマスタコンピュータ（熱設備コンピュータ）またはコントロールパネル（ディスプレイ）を介して実現されます。オペレーティング・レベルは、マスタおよび下位レベルのI & Cシステムとのインターフェイスを持ち、システムの完全な動作を可能にします。ここでは、システムの現在の運用状況と現在の運用データを監視し、設定点、時間プログラムなどを調整できます。ほとんどの場合、システムの視覚的に使用して調整できます。より高い認証レベル（サービス技術者、製造業者など）を使用して、詳細な制御設定を行うこともできます。システムの操作（自動、半自動操作、手動操作など）は、マスタコンピュータまたはコントロールキャビネットから直接選択します。必要なシステムコンポーネントはすべて可能です



また、操作レベルを介して手動で制御することもできます。制御盤の操作エレメントを介して、システムの手動緊急操作をマスターコンピュータから独立して行うこともできます。

**マスターI&Cシステム** は、個々の熱源（ボイラー用電源信号）の調整や負荷管理、ストレージ管理など、すべての上位レベルの制御および規制機能を担当します。また、多くの場合、ボイラ室の水流システム（ポンプ、ヒーターハウス内のフィッティング）およびヒーターネットワークのネットワークポンプの制御にも使用されます（第 8章も参照）。マスターI&Cシステムには、個々のシステムコンポーネントの下位I&Cシステムへのインターフェイスがあり、相互にリンクされています。多くの場合、データの再調整は、マスターI&Cシステム（第 5.10.2章を参照）を介しても実現されます。

**下位のI&Cシステム** は、設備の個々の機能グループの特定の制御および規制に使用されます。機能グループとは、たとえば、関連するすべてのドライブ、骨材、フィッティング、または、機能的なグループオイル/ガスボイラー、粒子状セパレータ、排ガス凝縮システム、水処理などを備えたバイオマスボイラです。これらの下位のI&Cシステムは、通常、各コンポーネントのメーカーから供給されます。また、コンポーネントに応じて、SIM（水処理工場など）の自律制御コントローラから、バイオマスボイラー用の複雑なPLCまでさまざまです。これらの

I&Cシステムは、個々のコンポーネントの安全な操作と、その制御および制御タスクを引き継ぎます。バイオマスボイラーの場合、たとえば、炉への燃料供給、格子速度、燃焼空気および排ガスファン（負圧制御）、排ガス再循環、燃焼室温度などです。灰の除去、炉の排出、ボイラーの流量温度、安全関連の制御および規制作業などを制御できます。主なコンポーネントのI & Cシステムは、高レベル出力やその他の設定仕様などを処理し、システムの視覚化とデータ記録をシームレスに行うために、マスターI&Cシステムおよびオペレーティングレベル（マスタコンピュータ）とのインターフェイスおよび通信オプションを備えている必要があります。可能であれば、すべての補助システムを少なくとも1つの作動信号と故障信号を持つマスターI&Cシステムに統合し、可能であれば最も重要な作動パラメータを使用することを推奨する。また、暖房ネットワークの個別の変換ステーションのコントローラは、基本的に自律的に機能する下位のC&Iシステムとして考慮されます。また、中央のマスターC&Iシステム、リモートアクセスオプション、および中央データの記録（第 8.5章を参照）への最新の接続も備えています。

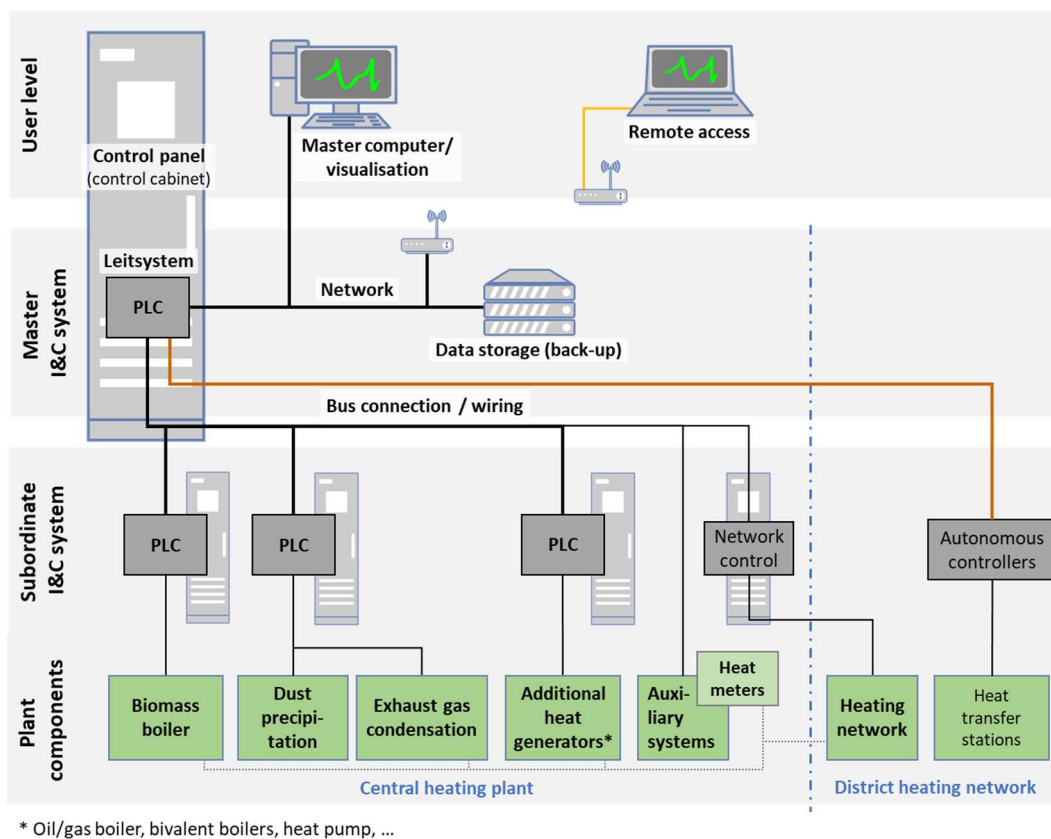


図5.23 プロセス制御システムの機能関連のサブ部を、オペレーティングレベル、マスターC&Iシステム、および下位C&Iシステム(例:加熱ネットワーク付きの熱源)に分類します。

### 技術的な実行

プロセス制御システムおよび前述のレベルは、さまざまな方法で実装できます (QM Holzheizwerke標準水流方式の表6 (パート1 [62]) も参照)。小規模なシステムでは、通常、下位のC&Iシステムはないため、バイオマスボイラーのC&Iシステムでは3つのレベルすべてを引き継ぐことができます。現代のバイオマスボイラーは、標準装備としても、暖房回路や蓄熱回路、太陽熱システムなどを制御するオプションをすでに備えています。この場合、バイオマスボイラーのコントロールパネルから直接操作を行い、マスターコンピュータを使用しません。データ記録用に追加の機器が再利用される場合があります。

建物管理システムを持つ大型施設では、バイオマスボイラーを建物管理システム (マスターI&Cシステム) に従属I&Cシステムとして統合し、データ取得も統合しています。大規模なバイオマスDHプラントでは、設計に応じて、バイオマスボイラーのPLCがマスター制御システムのタスクを引き継ぐことができます (拡張プログラミングや他のプラント部品の統合など)。または、別のPLCベースのマスター制御システムがあります。また、高レベルの制御タスクは、異なるコントローラまたはメーカーに分けることができます (たとえば、バイオマスボイラーのPLCによる蓄熱タンクの制御と暖房設備の水流システム、および熱伝達ステーションのメーカー独自のユニットによるネットワーク制御)。

プロセス制御システムの構造と、N必要な場合、制御機能を異なるコントローラ/PLCに分散させる方法については、計画の過程で詳細に定義し、その後のプラントの入札および建設においても慎重に考慮する必要があります。

I&Cシステムの構造と制御コンセプトは、バイオマスDHプラントのQMに不可欠なコンポーネントであり、QM Holzheizwerke [62] の標準的な水流方式および7章の「熱源水流システム」で詳細に説明されています。

### 5.10.2 測定機器およびデータの収集の要件

暖房設備、暖房ネットワークの総合的な計測機器、測定された運転データの伝送、保存、可視化に適した制御技術は、現代バイオマスDHプラントの最先端技術です。これは、良心的な運用管理と、包括的な運用最適化を行う上で重要な基盤となります (第16章を参照)。包括的で長期的なデータ収集により、重要な資産が再事前に整備されます。これは、継続的な運用管理と最適化に加えて、将来的な設備拡張の計画や工場の近代化と改修にも大きな価値があります (第18章を参照)。データ収集の計画と実行を支援するために、バイオマスDHプラントのQMにはが用意されています。

一般的な水流方式（[62]を参照）と組み合わせた測定ポイントの包括的なリストと、動作データの提示と評価に関する推奨事項（FAQ 8を参照）を示します。

データ収集システムおよび視覚化（操作室のPC上-図5.24を参照）は、特に次の最小要件を満たしている必要があります。

- すべての測定値を高時間分解能で自動記録および保存します（バイオマスDHプラントの場合はQM [62]：測定間隔10秒、平均記録間隔5分を推奨）。
- 最も重要なパラメータと個々のコンポーネントの動作状態（瞬時値）を含むグラフィカルシステムの図を使用して、システムを視覚化します。
- 設定可能なダイアグラムとパラメータの形式で、時間的な予測（傾向）をグラフィカルに表現します
- 測定、計算、および保存されたすべての操作データを、一般的に再読み取り可能なデータ形式（.csv形式のテキストベースファイルなど）で簡単にエクスポートできます。
- 固定されていないシステム上のすべての動作データを定期的にバックアップします

地域暖房ネットワークでデータ通信を行うことにより、地域熱伝達ステーションの運転データを制御技術とデータ記録に統合する必要があります（第 8.5章を参照）。顧客データのリモート読み取りに関しては、該当するデータ保護ガイドラインを遵守する必要があります。リモートアクセスのトピックを追加し、熱供給契約でデータ読み取りをリモートするか、既存のお客様との合意を得ることが推奨されます。



図5.24 バイオマスCHPプラントの制御室（出典：AEE INTEC）。

機能の説明では、マスターコントロール（負荷管理、ストレージ管理、水流加熱システム、加熱ネットワーク）に重点を置いて、それぞれの制御コンセプトの基本原則を定義しています。制御コンセプトの詳細なプログラミングと実装は、メーカーまたはのC&I技術者のタスクです

現在のバイオマスDHプラントでは、運用管理やシステムの単環化を容易にするため、オペレーティング・スタッフの視覚化・制御システムへのリモート・アクセス・オプションも用意されています。必要に応じて現在のプラントデータにすばやくアクセスできるようにするには、計画担当者および特定の製造業者がこの可能性を事前に確認する必要があります。複数の人/会社が対応するリモートアクセスを持っている場合は、責任と能力を正確に定義し（必要に応じて限定されたオーソリティーを持つ）、すべての変更（設定点や制御パラメータの調整など）を文書化してコミットする必要があります。

### 5.10.3 計画と実行

一般的な計画プロセスでは、I & Cシステムの計画をアカウントにする必要があります。特に、主な計画担当者は、I&Cシステムの構造（5.10.1章を参照）とそれに由来する責任を早期に定義し、その後、入札や契約の仕様でアカウントにする必要があります。

計画の過程で、包括的な機能の説明を作成する必要があります。これは、特に詳細な計画と実行の基礎（特に水流配線と制御）であり、運用の最適化を成功させるためには、基本的に必要な前提条件でもあります。

サプライヤです。たとえば、バイオマスボイラーの下位C&Iシステムの設計は、通常ボイラの供給範囲に含まれています。主な計画担当者は、機能の説明と仕様に合わせて、I&Cシステムおよびデータ取得の基本的な要件への適合性を確認する責任があります。

機能の説明には、次の要素が含まれています。

- 関連するすべてのオペレーティングステータス（制御記述を含む）のシステムの機能の詳細な説明です。
- 操作中に調整できる最も重要な制御パラメータの概要です
- 水流系統図に従って、測定ポイントのリストを完成させます。測定位置、測定範囲、時間分解能、および測定精度は、測定点ごとに指定する必要があります（第16章を参照）。
- 自動データ記録の説明です（基本原理、データまたはファイル構造、データ保存場所、データ保存の仕組みなど）。

制御技術を設計する際には、特に次の点に注意を払う必要があります（「Mus-ter-Ausschreibung Holzessel」も参照）。QM Holzheizwerkeのバイオマスボイラーのサンプル入札です。

- 防塵設置場所で、電子部品の最大動作温度を超えないようにしてください。内部の熱負荷が高い場合（インバーターなどによる）、ベンチレーション/エアコンを用意する必要があります。
- キャビネット内または追加の制御キャビネット（システム拡張）用に約20%のスペースを確保します。
- 使用するコンポーネント（標準制御キャビネット、均一なセンサなど）の最適な標準化が可能です。
- 使用するコンポーネントとシステムの互換性を確保し、すべてのレベルとシステムパーツ間の通信を確保します。
- スペアパーツの長期的な可用性を確保します。
- 責任の定義と明確な境界とインターフェースを定義します。
- 関連するすべての規制、規格、ガイドラインに準拠しています。
- 回路図、データシート、およびデータポイントリスト（入札仕様に統合）を含む包括的な技術資料です。
- フィールドデバイスと配線の明確で専門的なラベルを作成します。
- 個々のコンポーネントのすべての故障メッセージを、無電圧接点経由でマスタPLCに転送します。
- 最も重要な（安全性の高い）システムコンポーネントを手動で制御するために、プレーンテキストでラベル付けされた手動切り替えレベルです。手動切り替えレベルにはインターロックが必要です。
- リモート・アクセス・オプションとエラー・メッセージの転送です
- 特定のアクセス権とユーザーの権限ごとに割り当てることができます。
- 操作担当者向けの使いやすい説明と説明です。



## 6 燃料の貯蔵、燃料の搬送 および灰出し設備部品

### 6.1 予備的なコメント

この章では、燃料貯蔵、搬送、および灰の除去のコンポーネントについて説明します。これらの構成要素の適切な選択と寸法付けは、第 14 章で説明します。

第 19 章では、火災および事故の防止、爆発の予防 (ATEX, BGI Informationen 739-2) (ライトバリア、スイッチオフロック、アクセス保護、柵、ガードレール、発酵ガスの抽出など) が含まれています。

### 6.2 燃料貯蔵

#### 燃料排出システムでサイロを燃料化

燃料サイロは、木屑や塵の混合が限られているため、非常に湿った木材チップやブリケットを乾燥させるのに適しています。それらはトラックからの燃料をひっくり返すことによって満たすこと容易である。通常、床面のサイロとして設計されているため (図6.1)、保管容量は高価です (土木工事や鉄筋コンクリート)。燃料サイロには自動排出システム (14.3章を参照) があり、サイロから保存された燃料を伝達します。



図6.1 地下サイロ (出展: Andres Jenni)。

#### 排出装置付き移動式コンテナシステム

移動式コンテナシステム (図6.2) には、森林内の木材チップ、または燃料供給業者が充填します。

充填された容器 (約30m<sup>3</sup>の充填量) は、トラックによって区切られています。コンテナに設置された排出システムは、炉の固定充填装置と連動しています。燃焼システムは、容器の燃料排出を制御します。2つ目のフルコンテナは、必要に応じてすぐに切り替えることができ、連続燃料供給が遮断されないように、予備として準備されています。暖房設備の公称出力に応じて、複数の容器が必要です。コンテナ内での木材チップの連続供給が必須です。コンテナはレンタルすることもできます。

木材チップ用の排出容器は、木材チップ、破砕したバーク、おがくずに適しています。一般的に、この排出技術は、大型の燃料粒子や石による影響を受けません。固定 (インモバイル) 燃料サイロの代替または代替として機能します。

固定サイロに投資コストがなく、木材チップの納期が短いという利点があります。

不利な点は燃料の供給者への依存である。また、暖房システムの外には収納スペースが必要です。特に冬には、容器の簡単な視覚保護は有利であることを証明する (風化)。コンテナのレンタルコストのため、運転コストは比較的高くなっています。冬には凍結の危険性があります。



図6.2サイロの代わりに充填されていないモバイル木材チップコンテナ (出典: Holzenergie Schweiz)

#### 地上のサイロ

地上サイロ (図6.3) は、最大小径がP63、最大粒子長が200 mm、水分含有量が55%以上の燃料に適しています。用途は、サイロ内の燃料の回転時間が短い大規模なバイオマスDHプラントです。これによりブリッジングが防止されます。

充填は通常、スクレーパチェーンコンベアと、円形のサイロの上にある分配システムを介して行われます。

排出はフライスクリューで行います (6.4.1章を参照)。



図6.3 の地下サイロ (出展: Gotwald GmbH)

#### チップサイロ

チップサイロ (図6.4)は、木材加工工場の木材チップ、おがくず、サンディングダストに適していますが、乾燥した木材チップや花嫁にも適しています。充填は通常空圧です。安全装置の再ガード爆発防止 (ATEX) の要件は、特に遵守する必要があります (第19章「チップサイロに関する規制」を参照)。



図6.4 のチップサイロ(出展: Wooden Energy Swit- zerland).

#### ペレットのを保管

木製ペレットは、密閉された乾燥した保管室または容器に保管されます。スチール製、プラスチック製、または布製のタンクを設置できます。通常、充填は空気圧で行われます。床面の大きなサイロがある場合は、チップの平が必要になることもあります。小型の保管タンクからの放出は、スクリューコンベアまたは空気圧によって行われます。大型の保管タンクの場合は、多関節アーム排出システムが取り付けられていることがよくあります。微粉の量を最小限に抑えるために、ペレットを保管場所に送り、可能な限り最短のルートでゆっくりと排出する必要があります。木材チップの保管に使用される追加搬出装置 (サイロ販売業者など) は提供しないでください。保管室への水の浸入 (壁や充填装置など) や、店舗内での結露の発生 (冷水管、低温、非断熱保管室の壁/天井、または湿った運搬空気による低温ペレットの保管場所への流入など) は、いかなるコストでも避ける必要があります。その他の情報については、ストレージルームのパンフレット Lagerung von Holzpellets (ドイツ社会主義) Deutscher Energieholz-und Pellet-Verband(DEPV) [67] (第14.2.9章も参照) を参照してください。

#### 倉庫

バイオマスボイラが1 MWを超える大規模なバイオマスDHプラントでは、包括的な床面のサイロではなく、1日のサイロを持つ倉庫 (図 6.5) を検討する必要があります。貯蔵倉庫はすべての燃料のために適する。充填にはコストがかかります。通常、燃料はダンプトラックからコンベアシステムを使用して尾根部の高さより下に移動し、保管倉庫に分散するか、ホイールローダで管理する必要があります。The

一方、倉庫自体は低価格です。ストレージ・ウェアハウスは'中間保管施設としても使用されます



図6.5 の地下サイロ(出展: Franz Promitzer)

#### 外部倉庫

木材チップや木屑は、一時的に屋外のストックパイル (図6.6) または丸太杭 (図6.7) に保管できます。屋外用収納は、暖房設備に直接設置できます。1年中トラックや森林でアクセスできる中央の場所に設置できます。



図6.6 木製チップの屋外での中間保管(出典: AEE INTEC)。



図6.7 加熱プラントでの杭の記録(出典: AEE INTEC)。



## 6.3 サイロと倉庫の充填

### 6.3.1 木材チップサイロ化充填

地下サイロへの充填は、ほとんどの場合、供給口を通してトラックから燃料を傾けることで行われます。充填口を最適に配置するか、サイロ化されたディストリビューターを使用することで、大量の充填を行うことができます。

#### サイロ蓋

サイロ蓋の構造は、トラックが直接埋まっている地上のサイロにとって非常に重要です。サイロの蓋を移動するように設計されていない場合は、高さ20 cm以上のコンクリートの縁に配置する必要があります(図

6.8 および 図6.10)を参照これにより、雨水がサイロに侵入するのを防ぐことができます。駆動可能なカバー 図6.9が必要な場合は、排水チャンネルやヒンジ部分を清掃せずに、充填後にカバーを閉じるように注意する必要があります。ウォータードライブオンのサイロ蓋は高いコストと高い位置に浸透しないようにする必要があります。

サイロ蓋は、スプリット設計でも製造できます。これにより、強度が向上し、個別の蓋部品の重量が軽減され、使いやすくなります。さらに、このような配置により、充填口の横に落ちる木材チップの数が減り、木屑の詰まりがトラックから落ちても、サイロの蓋がダムエイジングする危険性はありません。

充填口は、地域の事故防止規定に従って保護グリッドまたは格子で覆わなければなりません(第 19章も参照)。木材チップがブリッジする傾向があるため、充填中に保護格子に引っかかる可能性があります。これにより、材料の流れが遅くなり、オフロード時間が長くなります。問題のないオフロードの場合は、サイロの蓋を90°以上(つまり、デッドセンターを超えて)開ける必要があります。

これにより、チップング車両用に十分なスペースが確保され、同時にサイロリッドが閉じないようにします。



図6.8サイロの蓋が開いているときにアクセスできません(出典: Schmid ENERGY Solutions)



図6.9サイロの蓋は背景ではアクセスできず、前景ではアクセスできません。両方とも閉じた状態(出典: Schmid ENERGY Solutions)



図6.10アクセスできない折りたたみ式の蓋(左が閉じていて、中央が開いていて、右がいっぱいです)(出典: Patrik Küttel)

#### フィリングスクリー

建物の地下にサイロがある場合、充填スクリー(図6.11)は、充填シャフト(排出トラフ)からサイロへの燃料輸送を行い、さらに充填レベルを上げます。水平の充填スクリーは、サイロの天井の下にある燃料を、サイロの全長にわたってパッフルに送ります。充填スクリー(200 LCM/h超)の搬送能力が

高いため、アンローディングします最後のオフロードプロセス中でも、10分未満の時間が可能です。充填スクリーは、あらゆる種類の木材チップ、破碎したパーク、およびおがくずに適しています。また、大型の燃料粒子や石による影響も受けません。

次のような利点があります。

- 高充填レベルのサイロ。その大部分は建物の下にあり  
ます。
- 加熱システムのスペースを有効に使用しま  
す。欠点は次のとおりです。
- 投資コストが増加します
- 燃料供給業者のオフロード時間が若干長くなりま  
す



図6.11 の地下サイロ(出展: Holzenergie Schweiz)

#### サイロ分配器

サイロディストリビュータ (図6.12)は'木材チップを水平に搬送し'形状に関係なく'サイロが均等に充填されるようにします'サイロディストリビュータは充填スクリュウのように機能しますが、充填口から反対方向に2つの方向で動作します。水平の充填スクリュウは、サイロの天井の下にある燃料を、サイロの全長にわたってバブルに送ります。充填ねじ (250 LC/h超) の搬送能力が高いため、最後のオフロード操作でも10分未満の無負荷時間を実現できます。構造上の条件が許容される場合は、サイロの蓋を1枚ではなく、サイロの蓋を3枚取り付けることをお勧めします。充填スクリュウは、あらゆる種類の木材チップ、破碎したパーク、およびおがくずに適しています。また、大型の燃料粒子や石による影響も受けません。

サイロディストリビュータには次のような利点があります。

- 低消費電力です
- 燃料の形態や水の含有量に依存しません
- 大きな不純物の影響を受けません
- サイロが長くなる可能性があります
- サイロの蓋を追加する必要は

ありません。

主な欠点は次のとおりです。

- 投資コストが増加します

図6.12 の地下サイロ(出展: Schmid ENERGY Solutions)

#### 地上のサイロおよび倉庫用の垂直スクリュウコンベアシステム

地上のサイロや倉庫の場合、垂直型のスクリュウコンベアシステム (図 6.13) は、排出トラフからサイロまたは倉庫への燃料輸送を行います。水平に配置された輸送スクリュウは、燃料を排出トラフから垂直スクリュウコンベアシステムに運びます。これにより、垂直方向に上方 (最大搬送高さ約18 m) 移動し、水平方向に配置された分配スクリュウに移動します。吐出シュートの容量が搬送車両の輸送量よりも大きい場合、搬送能力はダブルスクリュウシステムでそれぞれ約60 lcm / hに達し、120 lcm / hに達します。垂直スクリュウコンベアシステムは、あらゆる種類の木材チップ、吠えや鋸塵に適しています。最大ランプサイズはP100です。

サイロディストリビュータには次のような利点があります。

- 高レベル
- サイロの構築コストの削減ま

な欠点は次のとおりです。

- 投資コストが増加します
- 個々の配送の間は最大1時間です



図6.13垂直スクリュウコンベアシステム (出展: Schmid ENERGY Solutions)





図6.14 のポンプサイロ(出展: Amstutz Holzenergie AG)

### ポンプコンテナ/ポンプトラック

ポンプコンテナ/ポンプトラック (図6.14)を使用すると、転倒時にデリバリー車両に直接アクセスできない場合に、サイロを充填することができます。木材チップは、フレキシブルパイプを介して地下または地上のサイロに内部排出システムを使用して、コンテナ/配送トラック (約30 m<sup>3</sup>の充填量) から直接ポンプで送り出されます。完全に空にするには、容器の先端を傾けます。ポンプコンテナ/ポンプトラックは移動性が高く汎用性が高く、特に森林や産業廃棄物の木材からの乾燥品質の木材チップに適しています。また、微粉の割合も低くなっています。このシステムは、大型の燃料粒子や石に敏感です。

主な利点は次のとおりです。

- 木製チップを落下させても、オフロードの場所に汚れがありません
- 通常の供給および分配システムの投資コストを削減します
- サイロの最大充填レベル (最大

90%) の欠点は次のとおりです。

- 燃料供給業者に依存しています
- オフロード時間が長くなります (約 約5分でチップングする車両と比較して30分です。)
- 乾燥した木材チップを使用した粉塵生成は、研磨ダストや木片の削りくずには適しません
- 配送コストが高くなります
- ポンプシステムからノイズが発生します

## 6.3.2 倉庫の充填と管理

### 完全自動クレーンシステム

完全自動クレーン・システムは、倉庫の積み降ろしに使用します (図6.15)。自動制御式または手動制御式のグラブ・クレーンは、備蓄または荷降ろしバンカーから燃料を受け取り、保管倉庫に分配して、1日のサイロまたはプッシュ・フロア・ゾーンに供給します。必要に応じて、異なる燃料品質を混合することができます。このシステムは、クレーンの滑走路内の高さと同面積に依存しません。オフロード量が納車車両の輸送量よりも大きい場合は、最大150m<sup>3</sup>/hの容量を達成できます。完全自動クレーン・システムは、木の削りくずとほこりを除くすべての木質燃料で、特大の燃料粒子や石の影響を受けません。

主な利点は次のとおりです。

- 燃料タイプに適合します
- 自動管理が可能です
- 異なる燃料品質が混在する可能性があります
- ストレージスペースの最適な

使用方法短所は次のとおりです。

- 大規模な倉庫に限定されます
- コストのかかる作業 (スチールロープおよびホイストの摩耗および損傷、法定のメンテナンスが必要です)。クレーンシステムには、産業用の構造規格が必要です。



図6.15完全自動クレーン・システムは、アンロード・トラフと日常サイロ (出典: Schmid ENERGY Solutions)

### 水平および垂直方向に移動可能なスクレイパーチェーンコンベアを備えた積込み/積降ろしシステムです

横方向キャリア付きスクレイパーチェーンコンベアは、フレームに取り付けられ、垂直方向と水平方向の両方に移動できます（図6.16）。このようにして、ローディングおよびアンローディングシステムは、倉庫のそれぞれの充填レベルに自動的に適応します。積載時、システムはディストリビューターとして機能します。荷降ろし時には、炉の燃料コンベアシステムに木屑を搬送します。インサートの長さは最大28 mです。粉塵を除き、このシステムはすべての木材燃料に適しています。また、大きな燃料粒子や石では、目に付かないようになっています。

主な利点は次のとおりです。

- 倉庫のボリュームを最適に使用します
- 燃料タイプに適合します
- さまざまな燃料をさまざまなレーンに管理された方法で保管できます
- ターゲットをアンロードしています

主な利点は次のとおりです。

- 大規模な倉庫に限定されます
- 精巧な構造です



水平および垂直方向に移動可能なスクレイパーチェーンコンベアを備えた積込み/積降ろしシステムです

### ホイールローダ

ホイールローダ（または伸縮式ローダ）は、現場で供給された燃料または切り出したばかりの木材を倉庫に輸送するか、ストックパイルにオフロードします（図6.17）。そこから、必要に応じて事前サイロが入力されます。このシステムは、労力と時間がかかります。ホイールローダは自動化できませんが、非常に柔軟性が高く、さまざまな作業に使用できます。木材の削りくずや粉塵を除き、すべての燃料の仕分けに適しています。

ホイールローダの主な利点は次のとおりです。

- ロケーションの柔軟性、複数の用途に対応できます
- 燃料への最適な適合性を実現します
- さまざまな燃料タイプの分離可能な欠点

は次のとおりです。

- 人材を集中的に使用します
- 低消費電力です
- ノイズが発生します



図6.17 ホイールローダ(出展: AEE INTEC)。

### トップローダー

トップローダ（図6.18）は、ドロップトレイを必要としないシステムのロードとアンロードです。これは、納車車両によってオフロードされた燃料を保管室に保管します。必要に応じて、トップローダは、積み重ねられた保管場所から、保管倉庫の後部壁の後ろにあるクロスディスチャージチャンネルに燃料を送ります。システムは、木の削りくずとほこりを除くすべての木質燃料で、特大の燃料粒子や石の影響を受けません。

トップローダには、次のような利点があります。

- 収納スペースを複数回使用できます
- 地上から簡単にオフロードできます
- 床スラブからの保管スペースの建設コストが低く、静的要件も低くなっています
- アクセスが容易なため、メンテナンスが容易です
- 低消費電力です
- レベル測定を含む自動管理です

欠点は次のとおりです。

- 燃料の中間貯蔵はなく、最後に保存された燃料が最初に除去されます（ラーストイン、ファーストアウト）。
- 比較的広いスペースが必要です（トップローダーの駐車スペース）





図6.18 トップローダー(出展: Vecoplan AG)

### 6.3.3 切りのくずサイロ充填

含水率20%未満ほこり、切りくず、乾燥した木材チップは

サイロ型の削りくずに保存されます (図6.19)。このサイロは、工場で使用されている削りくず抽出システムと常に結合されています。チップパーを抽出システムに接続することもできます。切りくずサイロには、プレッシャファンによって生成されたエアフローによって乾燥した燃料と微細な燃料が充填されます。サイロ内の断面積が増加したため、フローレートが低下し、燃料がサイロに入ります。自動洗浄フィルターシステムは、微粒子を排気から分離します。中央抽出システムでは、サイクロンフィルターが輸送用空気を燃料から分離します。微細な分数に応じて、排気には追加のフィルタシステムが必要です。個別の排出システムでは、輸送用空気が再循環され、再利用されます。

サイロを埋めるシステムは、高さの違いやサイロサイズの影響を受けません。それはそれぞれの木製の類別のために元に正しく設計されなければなり、大型の石および燃料部品に敏感である。防音材と燃料の中空に応じて、ノイズが発生することがあります。

このシステムには次のような利点があります。

- 建物構造の最適な使用方法です
- ほこりがありません
- 水平距離と垂直距離が大きいと、問題なく解決できます

欠点は次のとおりです。

- 少量の無腔燃料に限定されます
- 騒音があります
- 追加のサイロ設備が必要です
- ダストによる爆発の危険!
- 高消費電力です

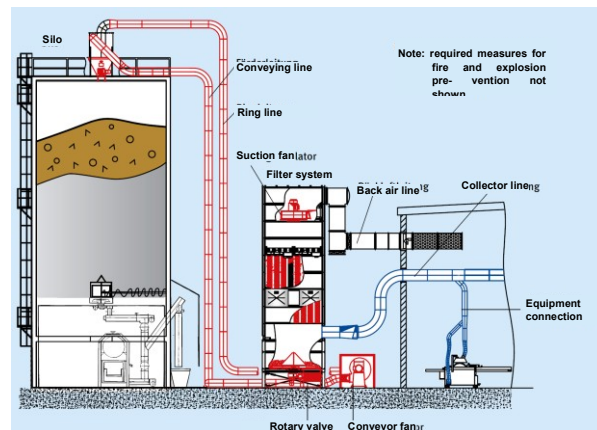


図6.19サイロを社内の切りくず抽出システムで充填します (出典: BGI 739-2) [68].

### 6.3.4 ペレット保管部充填

木製ペレットは通常、ペレットタンクによってお客様に配送されます。次に、ドライバーが接続するホースパイプから充填ノズルにペレットが充填され、車両から収納室に吹き込まれます。ペレットが吹き飛ばされた場合は、圧力を均等にする必要があります。このため、密閉された部屋には、充填中に集塵バッグ付きのサクシオンブローを接続する2番目の接続部があります (図 6.20)。このシステムでは、ペレットで吹き飛ばされた空気がサイロファブリックを通して部屋から逃げるができるため、ファブリックサイロの場合にのみ吸着接続を解除できます。圧縮空気は、室内に充填するための圧力を高めるために使用されます。



図6.20吸着ファンとダストバッグを使用したペレットの供給(出典: Holzenergie Schweiz)

ペレットの保管場所が地下サイロの場合は、チップを傾けることで充填することもできます。また、プッシュ式フロアを装備した車両では、ペレットを収納スペースに押し込むことで、大量のペレットを供給することもできます。チップまたはプッシュリングは、ペレットにはブローよりも穏やかになる場合がありますが、欠点がいくつかあります。たとえば、地下工事 (高CLEでアクセス可能) をビルの外側にサイロ化し、充填開口部を保管エリアに湿気が入る危険性があります。

## 6.4 排出システム

### 6.4.1 すべての燃料の排出システム

#### プッシュフロア

プッシュ・フロア（図6.21）は、広いエリア・サイロで燃料を連続的に排出することを可能にします。1つまたは複数のプッシュロッドが油圧シリンダによって水平方向に前後に移動します。燃料は、ウェッジ形状の運搬者によって排出チャンネルに押し込まれます。最新のシステムでは、個々のプッシュロッドの前進移動が同時に行われ、逆方向の移動が個別に行われます。これにより、個々のプッシュロッドのスラスト力を減らすことができます。油圧シリンダの力は建物に吸収されなければなりません。プッシュシステムの重量によって必要なプッシュ力が決まり、セットアップ全体をサイロに合わせる必要があります。プッシュフロアはすべての燃料に適しています。樹皮や粗く刻んだ造園用木材を使用する場合は、追加の計量ローラーを設置することをお勧めします。プッシュフロアは大型の燃料粒子や石による影響も受けません。床下からのサイロ、保管シート、チップサイロ、ペレット保管室、および可動式木材チップ容器に適しています。

プッシュフロアの主な利点は次のとおりです。

- 信頼性の高い運転を実現し、燃料の水分含有量から独立しています
- サイロにドライブシステムのパーツがありません
- プッシュフロアの燃料の形状とサイズには、次のような欠点があります。
- 建物のせん断力が高くなります
- 年間燃料回転率が高い床材の摩耗
- 搬送の長さや量が制限されています
- 直線的な使用のみ可能です
- ノイズ放出の可能性



図6.21：プッシュフロアによるサイロ排出（出展：Schmid ENERGY Solutions）

#### スクレーパフロアコンベア

スクレーパフロアコンベアは、小さなエリアサイロ（サイロ前、日々のサイロ）に使用されます（図6.22）。コンベアベルトと同様に機能します。輸送チェーンに取り付けられたクロスプロファイルは燃料を搬送します。装置は、それぞれのサイロ状況に合わせて調整されます。サイロの幅と高さによって、トランスポートチェーンの数が決まります。スクレーパフロアコンベアは燃料の上に配置されているため、達成され

搬送能力が高くなります。システムは、木の削りくずとほこりを除くすべての木質燃料で、特大の燃料粒子や石の影響を受けません。

スクレーパフロアコンベアの主な利点は次のとおりです。

- 燃料とサイロの状況に適応できる

欠点は次のとおりです。

- サイロ室にドライブシステム部品
- 投資コストが増加します
- メンテナンスと修理に多額の費用が必要です
- 複雑な構造です

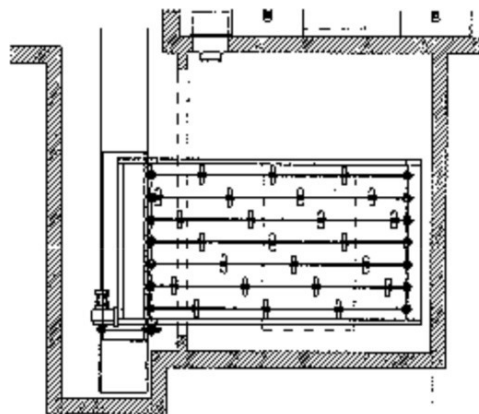


図6.22：スクレーパフロアコンベアによるサイロ排出

#### 中央スクリュー

中央のスクリューを使用して、正方形と丸型のサイロを排出できます。中央のスクリューはサイロの下部の中央を中心に円で回転しサイロの中央に水平に燃料を伝達します有効な直径は4 mより大きいです このシステムは、乾燥した木材チップだけでなく、木材の削りくず、ほこり、ペレットにも適しています。このシステムは、大型の燃料粒子や石に敏感です。

中央スクリューには次のような利点があります。

- シンプルな構造です
- ブリッジする傾向が低くなります
- サイロの高さが大きくなる可能性があります（必要に応じて適切なメンテナンス開口部を用意してください）。

欠点は次のとおりです。

- 大型の燃料粒子や石に敏感である（選別が必要）
- サイロ室にドライブシステム部品

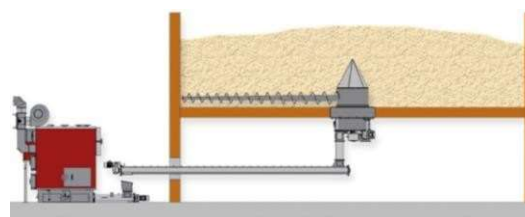


図6.23中央スクリューによる排出システム(出展：Binder Energietechnik GmbH)

#### 円錐スクリュー

円錐スクリーン（図6.24）は、円形、八角形、または丸底の高サイロの連続排出に使用されます。円錐スクリーンは、サイロの中央にある排出装置に燃料を送ります。その設計は中心スクリーンの設計と似ていますが、水平ではなく傾斜しています。有効直径は1.5 m～5.0 mです。円錐スクリーンは、高サイロ、乾燥燃料、木屑、粉塵に適しています。

円錐スクリーンには次のような利点があります。

- シンプルな構造です
- ブリッジする傾向が低くなります
- サイロの高さが大きくなる可能性があります（必要に応じて適切なメンテナンス開口部を用意してください）。

欠点は次のとおりです。

- ストレージボリュームを完全に使用することはできません。残りのボリュームはサイロに残ります
- アクセス可能なエリアが限られています
- サイロ室にドライブシステム部品



図6.24 円錐スクリーンによる排出システム(出展: Schmid ENERGY Solutions)

### 振り子スクリーン

振り子スクリーン（図6.25）を使用すると、正方形および長方形のサイロから燃料を連続的に排出できます。振り子スクリーンはサイロリムに取り付けられています。サイロの下部にある限られたセクター内で半円内で水平に前後に振動し、燃料を搬送装置に供給します。振り子スクリーンは、シュレグダ処理されていない吠え油および横置きメンテナンス木材を粗い破碎したものを除き、すべての燃料に適していますが、大型の燃料粒子や石の影響を受けやすくなっています。

振り子スクリーンには次のような利点があります。

- シンプルな構造です
- ブリッジする傾向が低くなります
- サイロの高さが大きくなる可能性があります（必要に応じて適切なメンテナンス開口部を用意してください）。
- サイロ室にドライブシステム部品。

欠点は次のとおり

- ベースエリアを最大限に活用することはできず、残りのボリュームはサイロに残ります。
- 大型の燃料粒子や石に敏感である（選別が必要）

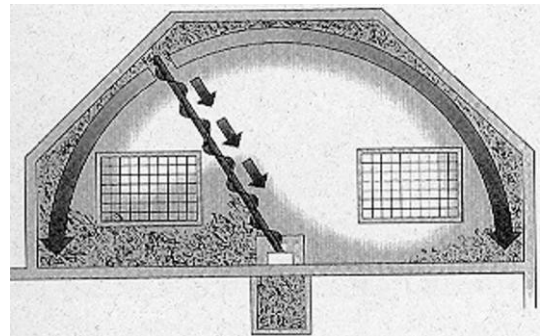


図6.25 振り子スクリーンによる排出システム[69].

### ミリングスクリーン

ミリングスクリーン（図6.26）は主に丸くて高い地上のサイロを排出します。ミリングスクリーンはサイロの下部にある中心の周りの円を描き、有効直径2mから20mの燃料をサイロの中心に運びます。これは、最大ランプが200mmのすべての木材燃料に適しています。

振り子スクリーンには次のような利点があります。

- シンプルで堅牢な構造です
- サイロの高さが大きくなる可能性があります

ミリングスクリーンには次のような欠点があります。

- 燃料の流量に応じて、ブリッジが可能ですが
- サイロ室にドライブシステム部品
- 大型の燃料粒子や石に敏感である（選別が必要）



図6.26 ミリングスクリーン(出展: JPA F ö rdertechnik) h

## 6.4.2 特殊排出システム

高品質の木材チップやペレットには、以下の特殊な排出システムを使用できます。

### 関節アーム排出

関節アーム排出（図6.27）により、高品質の木材チップやペレット用の正方形と丸型のサイロを連続的に空にすることができます。二関節アームスクリーンはサイロの下部の中央を中心に円で回転しサイロの中央に水平に燃料を搬送しますこの半径は、周辺に配置された燃料も収集できるように、排出の過程で増加し



排出します。関節アーム排出は約6 mの直径を備え、6 mのチルト高さに対応でき、水平または角度で設計できます。高品質の木材チップやペレットの排出に適しています。

関節アーム排出には次のような利点があります。

- シンプルな構造です
  - サイロの高さが大きくなる可能性があります
- 関節アーム排出には次のような欠点があります。
- アクセス可能なエリアが限られています
  - 貯蔵室にドライブシステム部品



図6.27 高品質の木材チップおよびペレット用の関節アームを備えた排出システムです(出典: Holz-Energie Schweizなど)

### スプリングコア排出

スプリングコアの排出（リーフスプリングの攪拌機の排出、図6.28）は、正方形および円形のサイロから高品質の木材チップやペレットを連続的に排出するために使用されます。2つまたは3つのリーフスプリングアームとドライバーが、攪拌機の回転運動を助けて、排出スクリュウのオープンチャンネルに燃料を搬送します。板ばねアームによって描かれる半径は、排出の過程で増加するため、周辺に配置された燃料でも収集および排出することができます。燃料は水平または斜め上向きに排出されます。最大有効径は6 m、最大ダンプ高は4 m（ペレット）または6 m（高品質木材チップ）です。

スプリングコア排出には次のような利点があります。

- シンプルな構造です
- ブリッジングが

少ない。 欠点

は次のとおりです。

- アクセス可能なエリアが限られています
- 貯蔵室にドライブシステム部品



図6.28 スプリングコアの排出(出典: Herz)

### 床が傾斜している中央スクリュウ

傾斜床の中央スクリュウ（図6.29）は、長方形の収納室からペレットを連続的に排出するために使用します。ペレットは、保管室の床の中央にトラフに配置され、保管室全体に全長が伸びているスクリュウで放出されます。滑らかな表面の傾斜した床により、すべてのペレットがスクリュウに供給されます。床が傾斜しているため、ペレットが後ろに出なくなり、摩耗が無く、破片が貯蔵室に集中しなくなります。傾斜した床のために保管スペースが失われないようにするために、この排出システムは狭い、高いペレット保管室でのみ使用されます。傾斜した床の傾斜は40°を超え、非常に安定している必要があります。輸送中にペレットが過度に損傷するのを防ぐため、保管場所からボイラーまでの搬送距離はできるだけ短くして、たわみを発生させないようにしてください。方向を変更すると、破損の原因となることがあります。

このシステムには次のような利点があります。

- 貯蔵室にドライブシステム部品
- 低消費電力です
- コスト効率に優れています

欠点は次のとおりです。

- ストレージ・ルーム・ボリュウムのフル使用は行われません（使用可能なボリュウムは「ルーム・ボリュウムの約2/3です）
- 保管容量は、スクリュウの最大長と最大許容転倒高さによって制限されます。
- 傾斜した床の精巧な構造です
- 直線搬送のみ可能で、曲線はありません
- 搬送傾斜角が制限されています

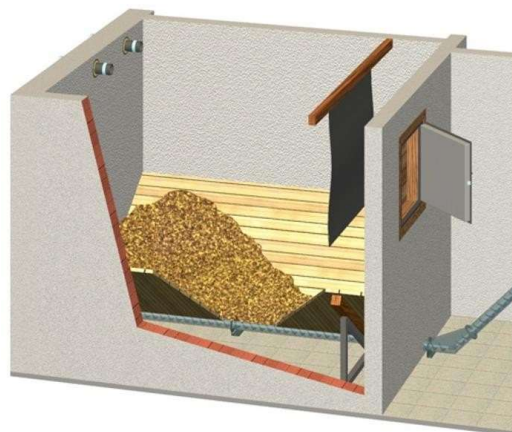


図6.29 傾斜床の中央スクリュウ排出システム[69].

### ペレット保管用吸引システム

ペレット貯蔵床に均等に配置された吸引プローブを備えたペレット吸引システムと「モル」抽出システム（図6.30）は、ペレット貯蔵室からボイラーにペレットを空気圧で運びます。ペレット用吸引システムは、定格出力300 kWまでのペレットボイラーシステムで使用されます。ただし、これらの点では、燃料供給のエネルギー消費量が増加するという欠点があります

これは、50 kWを超える定格出力で、耐用年数を超えるフルコスト計算でアカウントにする必要がある理由です。また、吸引搬送装置の摩耗や損傷も考慮する必要があります。また、ペレットの保管計画やボイラーシステムの位置に関しても、より柔軟で汎用性の高いシステムとなっています。



図6.30 ペレットモレ(出展: Schellinger KG)

## 6.5 コンベアシステム

### スクリーコンベア

スクリーコンベア（図6.31）を使用すると、燃料を水平方向から垂直方向に移動できます。シングルまたはツインデザインのスクリュスパイラルは、開いたまたは閉じたスクリュトラフで燃料を搬送します。保管室の外では、収容者の安全と健康保護のために、閉鎖されたコンベアシステムのみを使用してください。これは、調整可能な電動モータによって駆動されます。スクリーコンベアは、ソリッドブレードまたはワイヤスクリュとして設計されています（シャフトレスブレードスクリュとしてではありません）。

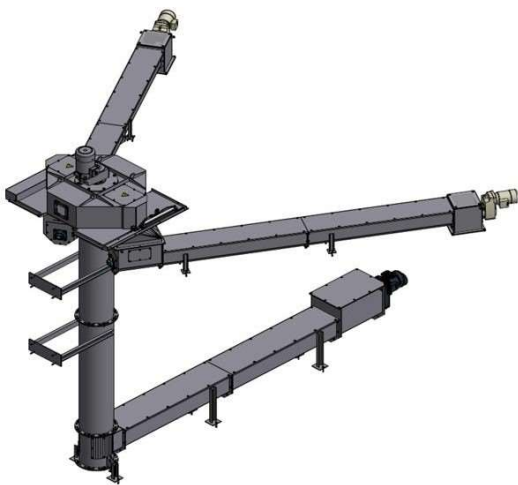


図6.31 コンベアを水平方向に垂直方向に回します(出展: Schmid energy solutions)

コア径のサイズとスクリュトラフの公称幅は、コンベア可能な係数です

燃料の中腔がありません。このシステムは、燃料の水分含有量の抑制が可能で、その設計がシンプルのため、複雑なハンドリングが可能です。細断されていない樹皮と粗く細断された景観木材を除いて、ペレットを含むすべての種類の燃料に適しており、特大の燃料粒子や石の影響を受けません。

スクリーコンベアには次のような利点があります。

- 高効率です
- 建物の質量が小さいです
- 費用対効果が高く、シンプルな構造です
- 使いやすくなっています
- 低消費電力。 欠点は次のとおり

りです。

- 燃料の中腔がありません。
- 直線搬送のみ可能で、曲線はありません

### スラストシステム

スラストシステム（図6.32）を使用すると、燃料を水平方向に搬送できます。1つまたは複数の油圧シリンダが、クロスバー付きプッシュロッドを前後に動かします。ウェッジ形状のドライバーのため、燃料は希望の方向に押し出されます。ドライバーは現地の状況に合わせて調整することができます。スラストシステムを超える燃料重量によって、建物が吸収する必要があるスラスト力が決まります。システムは、木の削りくずとほこりを除くすべての木質燃料で、特大の燃料粒子や石の影響を受けません。

その利点は次のとおりです。

- 安全に操作できます
- 燃料はあらゆる形、サイズおよび水内容である場合もある
- サイロ室にドライブシステム部

品が無い。 欠点は次のとおり

- 建物のせん断力が高くなります
- 長さでフローレートが制限されています
- 直線的な使用のみ可能です
- 保守と維持が必要です

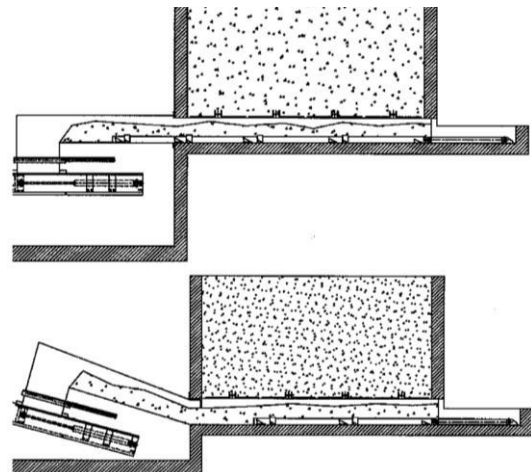


図6.32 スラストシステムの水平搬送（上）と上昇搬送（下） [69]を参照。



### スクレーパチェーンコンベア

スクレーパチェーンコンベア（図6.33）を使用すると、さまざまなエネルギー木材を水平または垂直に搬送できます。スクレーパチェーンコンベアは、コンベアベルトと同様に機能します。2つのチェーンが閉じたボックス構造で平行に動作します。これらの間には、エネルギー木を目的地まで押すキャリアが取り付けられています。適切な修正（異なる排出口）により、大きなサイロや倉庫を埋めることもできます。スクレーパーチェーンコンベアは、大型の燃料部品や石には影響されず、チップ、ダスト、ペレットを除くすべての燃料に適しています。

その利点は次のとおりです。

- 配送率が高くなります
- さまざまなアプリケーション。欠点は次のとおりです。
- 精巧な構造です
- 投資コストが増加します
- 保守と維持が必要です
- ノイズが発生します



図6.33 スクレーパーチェーンコンベア [69]を参照。  
空圧式搬送

空圧式搬送（図6.34）では、空気流によって燃料がサイロに吹き込まれます。自動洗浄フィルターシステムは、微粒子を排気から分離します。中央抽出システムでは、サイクロンフィルターが輸送用空気を燃料から分離し、その一部はリサイクルされて再利用されます。

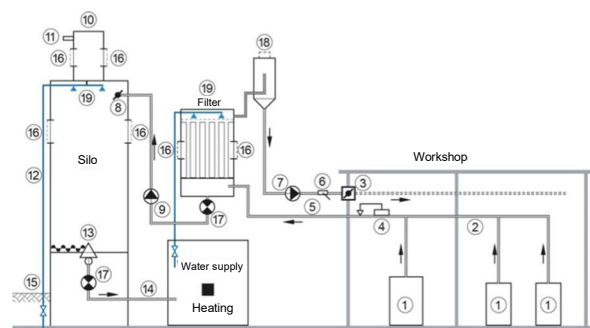
空圧式輸送は、水平および垂直の大きな距離を克服するためにも使用できます。ただし、特定の燃料の吸着に応じて正確な設計を再適用します。このシステムは、乾燥した木材チップ、削りくず、ほこり、ペレットに適しており、特大の燃料粒子や石に敏感です。

このシステムには次のような利点があります。

- 建物に合わせて簡単に変更できます
- ほこりがありません
- 水平距離と垂直距離を大きくすることができます

主な利点は次のとおりです。

- 乾燥した微細な燃料に限定されます
- 騒音があります
- 追加のサイロ設備が必要です
- ダストによる爆発の危険！
- 高消費電力です



- Legende:
- 1 Wood processing machines
  - 2 Saugleitung
  - 3 Brandschutzklappe
  - 4 Spark detection with extinguishing system if necessary
  - 5 Exhaust air to the outside (summer operation)
  - 6 Switching flap for recirculation of air
  - 7 Ventilator
  - 8 Rückschlagklappe
  - 9 Gebläsefan
  - 10 Filter, recirculation
  - 11 Cleaned air to the outside (exhaust air)
  - 12 Extinguishing line
  - 13 Späneabfuhr
  - 14 Conveying system to furnace
  - 15 Transportanlage zur Feuerung
  - 16 Connection to water supply
  - 17 Anschluss an das Wassermetz
  - 18 Pressure relief
  - 19 Druckentlastung
  - 20 Rotary valve
  - 21 Explosionsventil
  - 22 Explosionsventil with bursting disc
  - 23 Extinguishing device
  - 24 Löscheinrichtung

図6.34 空圧式搬送(出展: VKF 104-15 Spä nefeulungen [70])

## 6.6 炉の供給

燃料は、供給装置を介して炉に供給されます。マルチボイラシステムでは、各システムに独自のフィーダがあります。原則として、燃料はスクリュコンベアまたは油圧フィーダから供給されます。

### スクリュコンベア

スクリュコンベアまたはストカースクリュー（図6.35）を使用すると、燃料を圧縮せずに連続的にフィーダできます。その結果、炉の火格子は均一に充填されますが、



片側に寄せられています。ツインスクリーコンベアを使用すると、単一形の火格子状荷重を格子の幅全体に拡張できます。



図6.35 スクリューコンベアを使用してフィード(出展: Schmid ENERGY Solutions)

### 油圧式プッシャー

油圧式プッシャー (図6.36) は、炉に燃料を供給します。そのため、少し圧縮されます。あらかじめ決められた量の燃料がプッシャーの前のゲートを通して運ばれ、要求された出力率に従ってゆっくりと連続的に炉に押し込まれます。異物(廃材)の割合が高い燃料の場合、プッシュラムと挿入ダクトの摩耗が増加することがあります。

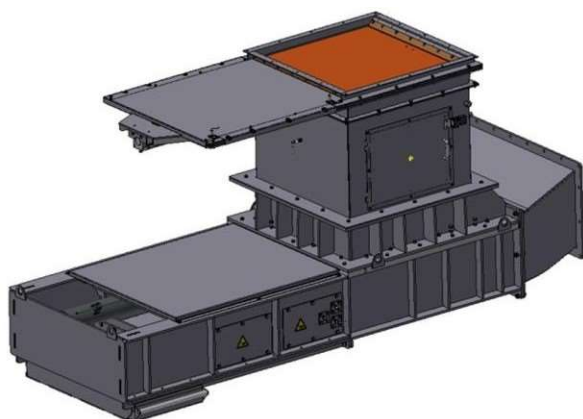


図6.36 プッシャーを使用してフィード(出展: Schmid ENERGY Solutions)

### 直接挿入 (プッシュ・トランスミッター・システム)

直接送り装置 (プッシャーシステム、図 6.37) の場合、燃料が強力に圧縮されます。圧縮された燃料が動いている火格子で最適に燃焼できるようにするには、追加の措置を講じる前に再度緩める必要があります。挿入ダクトにリリースゾーンを配置することで、圧縮を低減することもできます。出力の変動を避けるために、燃料は必要な燃焼速度に従って炉に連続的に供給されます。

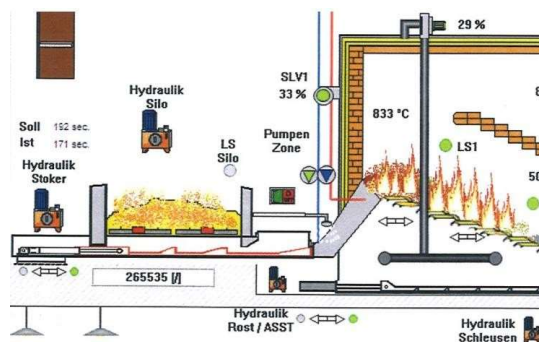


図6.37 直接送り装置を使用してフィード(出展: Agro Forst & Energietechnik GmbH)

## 6.7 燃料搬送システムの逆火保護

燃焼室から燃料供給および燃料貯蔵エリアへのバックファイアを防ぐために、自動給気式木製燃焼システムにはバックファイア保護装置が装備されている必要があります。対応する規則は国によって異なります。

**CHおよびAT:** 少なくとも2つの独立した装置が再設計されています。1つは、燃料供給装置内の消火装置で、熱的かつ電気に依存しない作動を行い、もう1つはドロップステップ、スライドバルブ、バックファイアフラップ、ロータリバルブなどの水に依存しない装置です (図 6.38)。

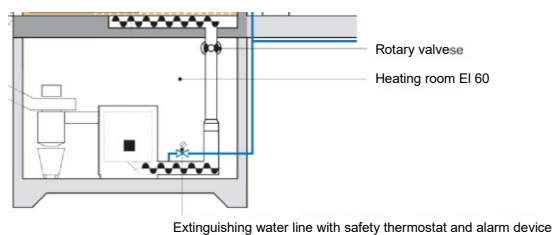


図6.38バックファイア保護、ドロップシャフト、回転フィーダー(出展: VKF 104-15 Spänefehlungen [70])

**DE:** 機械的に供給されるバイオマス燃焼システムの場合は、搬送装置またはメーターリング装置およびボイラー室へのバックファイアおよびフライングスパークを防止するための安全装置を用意する必要があります(第19章を参照)。

### 消火装置

消火装置を使用すると、熱的で電気に依存しないトリガーにより、燃料チャネルに水道水が噴射され、解放時の逆流を防ぎます。消火水バルブと温度トリガーは、バイオマスボイラーの供給範囲に含まれています。プランナは配管の接続を担当し、汚れフィルタの取り付けを観察する必要があります。

### ドロップステップ

燃料フィードのドロップステップ(ドロップシャフト)は、搬送システムの局所的な中断を発生させ、バックファイアを防ぎます。

### スライドとバックファイアリングダンパー

スライドバルブとバックファイアダンパーは、燃料供給のドロップシャフトに取り付けられています。調整可能な温度制限を超えると、サーモスタットが接近をトリガーし、燃料供給を停止します。

### ロータリーバルブ

ロータリーバルブは、金属ハウジングに取り付けられたマルチブレードのスラスホイールで構成され、ドロップシャフトに配置されています。これは、コンベアモーターに連結された電動モーターによって駆動されます。停止時、ホイールブレードは燃料の経路をブロックし、バックファイアを防ぎます。

加圧チップサイロでは、回転バルブがサイロを非加圧搬送システムから分離します。

## 6.8 灰出し

機械式灰除去コンベアには、スクリュ・コンベジー、プッシュ・ロッド・コンベア、スクレーパ・チェーン・コンベア、トラフチェーン・コンベア、ポケット・コンベア、スクレーパ・チェーン・コンベアによる湿式アッシュ除去が含まれます(図6.39～図6.41)。これらは、燃焼室から灰ビンまたは灰ホッパーに灰を搬送し、スクリュコンベアを除き、より長い距離をカバーすることもできます。

次のような利点があります。

- 干渉の影響を受けにくくなっています
- 異物、スラグ部品、およびメンバ粒子の影響を受けません

- 低消費電力です
- 低騒音です。主な欠点は

次のとおりです。

- 広いスペースが必要です(限られたスペースには適していません)
- スラグなどの異物が豊富な灰材が摩耗しています



図6.39 灰スクリュ(出展: Schmid ENERGY Solutions)



図6.40 底部灰の取り外し、床を動かして排出(出典: Schmid energy solutions)



図6.41: 機械式灰除去コンベア: スクレーパチェーンコンベアを使用しています(出典: AEE INTEC)。

## 7 熱発生水流回路

### 7.1 水流回路の基礎

この章では、発熱に関連する水流システムの要件について説明します。水流システムを使用して熱を排出このQMでは、バイオマスDHプラントプランニングハンドブックでの配布については、これ以上の扱いはありません。「ディストリクト・ヒーティング・ネットワークの計画」ハンドブック [19]を参照してください」水流の設計に関する詳細な要件です

および熱生成に関する制御ソリューションは、QM Holzheiz-Werke出版物シリーズ（標準水流方式パートI [62]およびパートII [71]）のボリューム2およびボリューム5に記載されています。

標準水流方式パートIおよびパートIIでは、バイオマス加熱システムの8つの基本的なモデルそれぞれについて、水流および制御エンジニアリングソリューションについて詳しく説明します。これは、次のセクションで構成される個別の文書です。

- 簡単な説明と責任を示します
- 原則のスキームと設計です
- 機能の説明です
- 運用最適化のためのデータ記録です
- 承認プロトコルに付属しています

水流システムと制御の基本的な品質要件を満たすために、可能な限り、実績のあるスタンド式水流システムのいずれかを選択することをお勧めします。

熱発生水流については、バイオマスボイラーによる熱発生時の拡張性、低圧差のある水流回路の厳密な分離（バイパス/水流分離器）、および最小バルブ当局への準拠などの原則が守られています。

#### 流量（体積流量）、圧力差（ヘッド）、ポンプ容量の計算が簡素化されています

熱発生水流システムでは、ボイラー回路の設計に関して次の3つの問題がよく発生します。

- 流量はどのくらいである必要がありますか？
- この流量でのコントロールバルブ全体の圧力差はいくつですか？
- この流れを管理するためにポンプに必要な電力は何ですか？

次の3つの単純化された数式は、通常、十分な精度でこれらの質問に答えます。

Flow:

$$\dot{V} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 0.86 \frac{\dot{Q} [\text{kW}]}{\Delta T [\text{K}]}$$

Pressure difference:

$$\Delta p [\text{kPa}] = 100 \left( \frac{\dot{V} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{k_v \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} \right)^2$$

Pump capacity:

$$P_{\text{Pump}} [\text{kW}] = 0.86 \frac{\Delta p [\text{kPa}] \dot{V} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{3600 \eta_{\text{Pump}} [-]}$$

$\dot{V}$	Flow rate in m <sup>3</sup> /h
$\dot{Q}$	Heat output in kW
$\Delta T$	Temperature difference in K
$\Delta p$	Pressure difference in kPa
$k_v$	Flow factor in m <sup>3</sup> /h
$P_{\text{Pump}}$	Power consumption pump in kW
$\eta_{\text{Pump}}$	Pump efficiency

重要な注意事項は次のとおりです。

これらの式は、約5~95°Cの水に適用されます。これらは、処方単位で数量を使用する必要がある数値方程式です。係数0.86は、密度[kg/m<sup>3</sup>]および熱容量[kWh/(kg\*K)]の積に相当します。

### 7.2 ボイラー回路の制御

ボイラー製造業者は、排ガス管の壁にボイラーの腐食を抑えるために、ボイラーに水の最小入口温度を規定しています（5.4章を参照）。この最低ボイラー入口温度は、三方弁を介したボイラー回路内の水流混合回路を介した戻りへの流れの適切な混合によって確保されます。一定のボイラー出口温度を確保するために、ボイラーの入口温度を上昇または下降させることにより、三方弁を介して間接的に制御されます。ミキシング回路内のコントロールバルブを設計するための基本原則を以下に示します。

#### 7.2.1 コントロールバルブボイラ回路

2つの入力と1つの出力を持つ3方向バルブは、通常、ボイラー回路で使用されます（図7.1を参照）。

制御バルブの水流動作は、いわゆる基本特性曲線によって描画されます。これは、フローレートの関数としてのストロークを表します。三方弁は通常、2つの異なる基本特性曲線で提供されます。



● **線形特性曲線**： ストロークが等しいと、流量が均等に变化します（適用：熱交換器なしの制御ループ）。

● **等パーセント特性曲線**： ストロークが等しいと、現在のフローレートが同じ割合で变化します（アプリケーション：熱交換器を使用した制御ループ）。

制御バルブの詳細については、「ディストリクト・ヒーティング・ネットワークの計画に関するハンドブック」（[19] 8.4.4章）を参照してください。

メーカーは、各コントロールバルブの流量係数（kvs値）を指定します。これにより、完全に開いたコントロールバルブの圧力降下を100%の流量で計算できます。計算には、次の圧力差式を使用します。

$$\Delta p_{V,100} \text{ [kPa]} = 100 \left( \frac{\dot{V}_{100} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{k_{VS} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} \right)^2$$

$\Delta p_{V,100}$  Pressure drop across the valve at 100 % flow rate

$\Delta p_{V,0}$  Pressure drop across the valve at 0% flow when it is just starting to open

$\Delta p_{var,100}$  Pressure drop over the green marked section with variable flow (Figure 7.1)

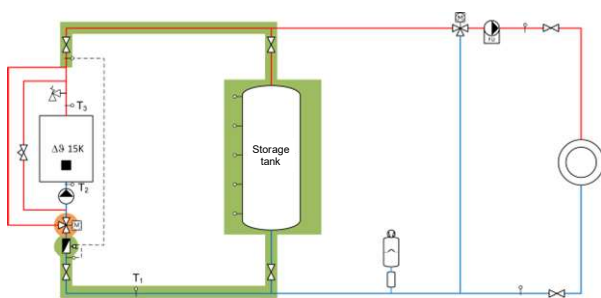


図7.1 一定の流量を持つボイラー回路と、可変流量を持つ秒単位の回路を緑色で示します。

可変流量セクションは、ボイラーリターン温度保護の制御バルブの設計において決定的な意味を持ちます（図7.1の緑色のマークの部分参照）。可変流量のセクションの圧力差は、次のように同じである必要があります

可能な限り小さくなります。ボイラー回路内のポンプは一定の流量で作動し、温度制御が可能になります。

これは、ボイラの入口温度が一定になるように制御バルブで調整されることを意味します。ボイラー出口温度は、一定の流量で作動させることができます

次の式を使用して、ボイラー回路のバルブとポンプの流量およびバルブオーソリティー（VA）を決定できます。

バルブフロー：

$$\dot{V}_V \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 0.86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{T_3 - T_1 \text{ [K]}}$$

Pump flow:

$$W \dot{V}_P \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 0.86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{T_3 - T_2 \text{ [K]}}$$

$$VA = \frac{\Delta p_{V,100}}{\Delta p_{V,100} + \Delta p_{var,100}}$$

●  $\dot{V}_P$  Flow rate in m<sup>3</sup>/h

●  $\dot{V}_V$  Flow rate in m<sup>3</sup>/h

VA Valve authority

●  $\dot{Q}$  Heat output in kW

T<sub>1,3</sub> Temperature at measuring point 1 to 3 in °C according to Figure 7.1

$\Delta p_{V,100}$  Pressure drop across the valve at 100 % flow rate

$\Delta p_{var,100}$  Pressure drop over the section marked in bold with variable flow (Figure 7.1)

### バルブオーソリティー（圧力補正係数）

バルブを水流回路に取り付けると、バルブ間の圧力差がシステムの総圧力降下の一部になるため、基本特性曲線に従って動作しなくなります。その結果、基本特性曲線が変形しているか、変形していません。変形の増加に伴い、コントロールの精度と速度がますます損なわれる、極端な場合にはコントロールループが不安定になり、揺動が開始されます。

バルブオーソリティーは、基本特性曲線の除数の測定として使用されます。

バルブオーソリティー（VA）を計算するための式を上記に示します。水流回路のその部分の圧力降下は、バルブによって変動する流量が重要な役割を果たします（図7.1の緑色のマークの部分参照）。

三方弁を備えた水流回路では、以下の規則が遵守されている限り安定性の問題は発生しません。

$$VA = \frac{\Delta p_{V,100}}{\Delta p_{V,100} + \Delta p_{var,100}} \geq 0.5 \quad (\text{target value, limit value in exceptional cases } VA \geq 0.3)$$

This results in:  $\Delta p_{V,100} \geq \Delta p_{var,100}$

100%流量では、開いている三方弁（ $\Delta p_{V,100}$ ）の圧力降下は、可変流量セクション（ $\Delta p_{var,100}$ ）の圧力降下以上でなければなりません。

多くの場合、いくつかのボイラー回路が接続されています。

供給、および関連するボイラーの公称出力は、供給できなくなります。これを防止するには、バルブオーソリティールールに加えて、次のルールに従う必要があります。

**混合回路にはいくつかのボイラー回路があります**

複数のボイラー回路が低圧で接続されている場合は、混合回路の違いを確認します（例：蓄熱タンク）。可変流量のセクションの最大圧力差は、設計ポイントで最も小さいボイラーポンプの供給ヘッドの20%を超えてはなりません（図7.2を参照）。

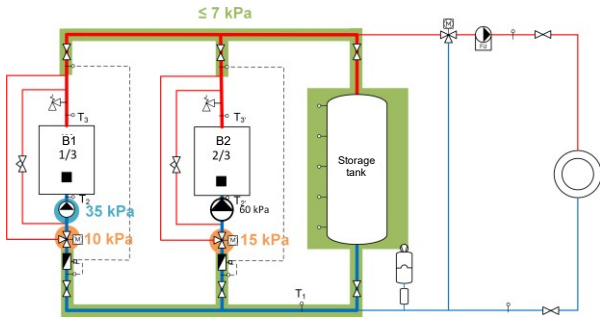
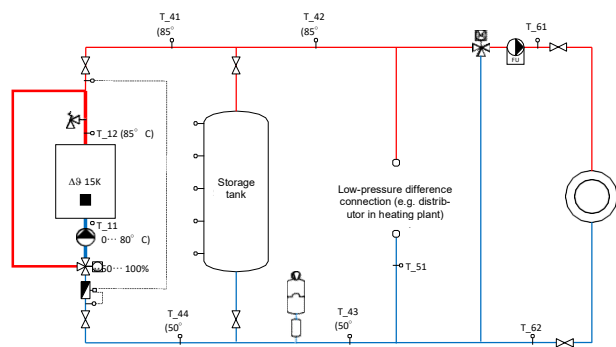


図7.2マルチボイラシステムの一一定流量のボイラー回路を示します。ボイラー1は、2つのボイラーが公称ボイラー出力で並列に作動すると、影響を受けるか、または強く減少します。

**7.2.2 バイパスボイラ回路**

正しく設計された水流回路により、コントロールバルブは適度に直線的に作動します。50%の流量はストローク50%、100%の流量はストローク100%に相当します。



ボイラ回路内のバイパスのない制御バルブの制御範囲が、メインリターンとボイラ入口温度の間で温度レベルが異なることで著しく制限されている場合、制御回路の制御が不正確になったり、振動が発生したりする可能性があります。

ボイラ回路にバイパスがあると、メインリターンとボイラの入口温度の間で温度レベルが異なるにもかかわらず、コントロールバルブの制御範囲が大幅に拡張されます（図7.3を参照）。

バイパスは通常有用である、

- ボイラー出口温度とボイラー入口温度（図7.3のT<sub>12</sub>-T<sub>11</sub>）の温度差が、ボイラー出口温度と最大許容メイン戻り温度の温度差より10K以上小さい場合です（図7.3のT<sub>12</sub>-T<sub>43</sub>）を参照してください。これにより、制御バルブを小型化し、その制御範囲を最大限に活用することができます。
- メインの戻り温度T<sub>43</sub>がどのオペレーティングケースでも設計値を超えないことが確認された場合は、次のようになります。その場合に限り、ボイラーがどのような場合でも公称出力を停止できることが保証されます。

バイパスボリュームフローは、次のように設計されています。公称出力および最大メインリターン温度では、ミキシングバルブのバイパスを介した体積流量は約ゼロになります。バルブポジションは100%に設定されています。

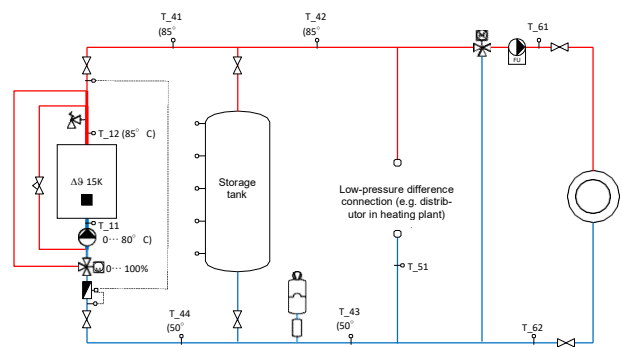


Figure 7.3 バイパスの有無によるボイラー回路の水流統合。

**7.3 ポンプ**

**7.3.1 ポンプのタイプ**

基本的な違いは次のとおりです。

- **ドライラン（着陸）ポンプ**は次のとおりです。ポンプは、シャフトとカップリングを介して標準モータに接続されています。
  - ペデスタルポンプでは、標準モータとポンプがペデスタルに取り付けられています。
  - インラインポンプでは、標準モータは内蔵パイプポンプに取り付けられています。

- **湿式（グランドレス）ポンプ**：ケーシングポンプといわゆるキャンドモータが1つのユニットを形成します。圧送された媒体はベアリングを潤滑し、モーターを冷却します。ポンプは、永久磁石ロータを備えた無段速度制御DC同期モータによって駆動されます。アプリケーションの範囲は現在、最大容量の80m<sup>3</sup>/hです

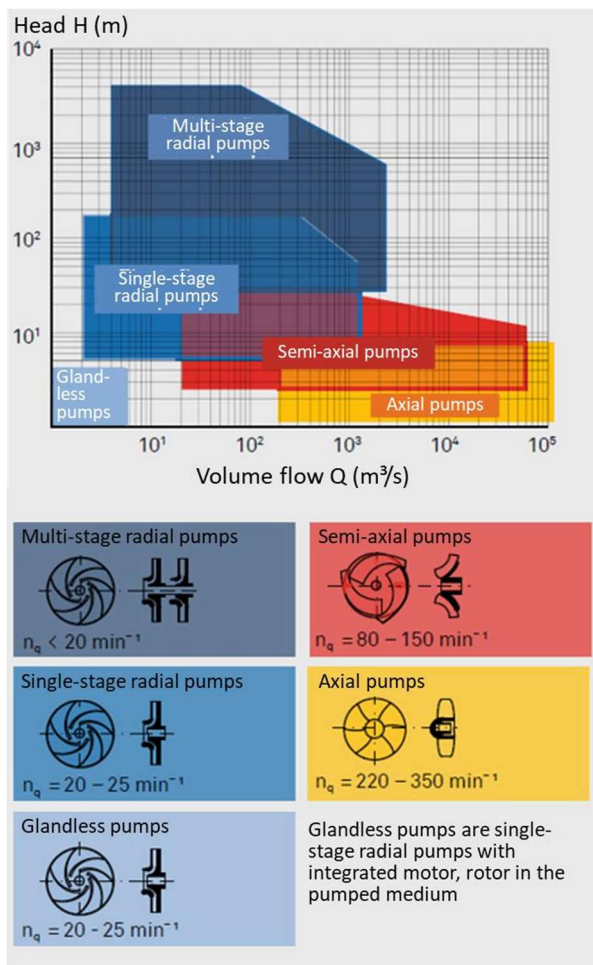


図7.4 ヘッドと流量別ポンプのタイプ [72]を参照してください。

無段階 速度制御式ボイラーポンプには、次のバージョンがあります。

- 無限可変速度制御DC同期モータを備えた、グランドレスポンプです
- グランドレスポンプは、標準モータ（インラインまたはペDESTAールポンプ）と外部インバーターを装備しています
- 標準モータ付きグランドレス（インラインまたは台座ポンプ）および取付けられた周波数変換器を使用してください

### 7.3.2 ポンプ設計

ポンプメーカーのポンプサイジングプログラムを使用することで、エネルギー効率とライフタイムコストに関して、指定されたアプリケーション範囲（流量、供給ヘッド）の異なるポンプを比較することができます。

メーカーの設計プログラムの製品固有データ（ポンプ特性曲線、全体的な効率[効率ポンプとモータ]、効率ポンプ）です最適な選択を有効にします。

設計プログラムの製品固有のデータを確認または比較できるようにするために、次の基本事項があります。

ポンプ技術の次のことを確認する必要があります。

#### ポンプ特性

ポンプ曲線は、体積流量（流量）の関数として、デリバリヘッド（圧力の参照）を示します。低速ポンプのフラット特性曲線と高速ポンプの急特性曲線は区別されます（図7.5を参照）。ボイラーポンプにはフラット特性曲線があり、キャピラリーポンプには急な特性曲線があります。

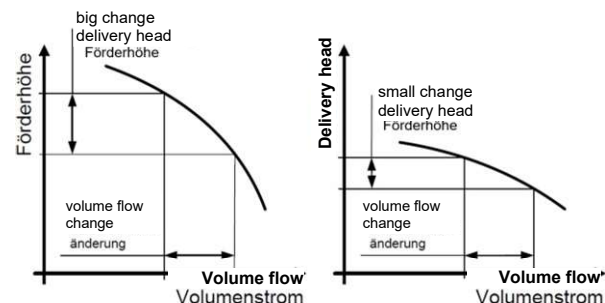


図7.5. 急勾配（左）とフラットポンプ曲線（右）

#### システム特性曲線

加熱ネットワークの圧力損失は、体積流量に応じて二次的に増加します。伝達ヘッドと流量の間のこの依存関係は、システム特性曲線に示されています。ポンプ曲線も伝達ヘッドと流量の間に同じ依存関係を示しているため、両方の曲線と同じ座標系で入力できます（図7.6）。それらには共通の交点があります。これは、ポンプの吐出ヘッドがシステムの圧力損失に対応するポンプの動作点です。

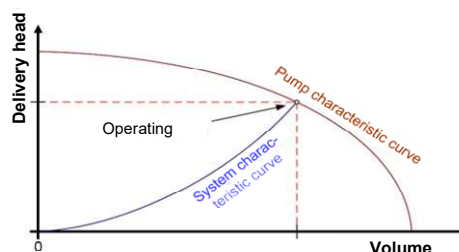


図7.6. ポンプおよびシステム特性曲線 [19]です。

#### 比例の法則

循環ポンプの速度を変更する場合、吐出ヘッド、体積流量、および水力は、次の3つの比例法則に従って動作します。

流量はポンプの速度に比例します。

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

ヘッド（圧力差）は、速度の平方に応じて変化します。

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$



水流ポンプの容量は、速度の3乗によって変化します。

$$\frac{P_{hydr1}}{P_{hydr2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

したがって、半分の速度では、体積流量は半分に低下します。圧力降下は4分の1に低下し、ポンプの所要電力は8分の1に低下します。

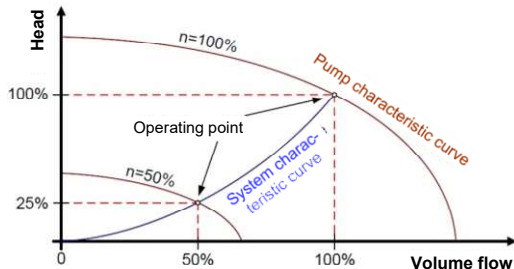


図7.7 2つの異なる速度のポンプとシステム特性曲線 [19]を示します

### ポンプの消費電力、ポンプの効率、エネルギー効率

循環ポンプの選択は、水流設計の問題です。ポンプの消費電力も最初から考慮する必要があります。この目的のために、グランドポンプのモーターに必要なエネルギー効率クラスと、グランドレスポンプのエネルギー効率指数 (EEI) 制限に準拠する必要があります (地域暖房ネットワークの計画に関するハンドブック [19] 第3.3.2] も参照)

#### どのような点を考慮する必要がありますか？

- 不必要に大量のフローを回避します
- ネットワーク特性曲線を可能な限りフラットにします
- ポンプ・ダイアグラムの運転点の位置は、効率に決定的な影響を与えます。最適な効率は通常、最高速度段階の特性曲線の中央3分の1にあります。例外があります。
- 非常に可変流量のボイラー回路 (7.3.3章を参照) では、無段階可変速度ポンプのみを同時に使用してください。最大速度段階では、作動点が特性曲線の中央3分の1から離れすぎないようにしてください。
- 速度制御ポンプの場合は、可能であれば、永久磁石ロータ付きDC同期モーター付きのグランドレスポンプを使用する必要があります

### 7.3.3 速度制御式ボイラーポンプ

原則として、バイオマスボイラーの内部ボイラー回路は、標準水流方式の仕様に依拠して一定の流量で作動します。これにより、三方弁のみが制御され、速度制御式ボイラーポンプは不要であるため、システムの制御が容易になります。最適なサイズの単段ボイラーポンプは、エネルギー効率の高いポンプ動作の要件を満たします。非常に可変速度制御DC同期モーターを搭載したグランドレスポンプは、体積流量および供給ヘッド (一定速度) に関して固定された運転点で動作する必要があります。

速度制御式ボイラーポンプを使用する動機は、ポンプの作動に必要な電力を削減することです。スピードコントロール式ボイラーポンプは、次の用途で使用されます。

- **設定されたボイラー (出口) 温度による間接出力設定の制御アプローチ (一定のボイラー入口温度でのボイラー戻り温度保護のための三方弁を備えたボイラー回路) :** これは、一定のボイラー入口温度でのボイラーポンプの設定速度を介したバイオマスボイラーへの間接的な出力仕様です。ボイラー出力の設定値は、一定のボイラー (出口) 温度設定値に制御することにより、ボイラー水温を経由してコントローラによって間接的に指定されます。

間接出力入力の慣性のため、蓄熱タンクの蓄熱状態に応じた制御によって出力率の設定値を直接入力する蓄熱タンクを使用する場合、この制御アプローチは適切ではありません。

- **ボイラー回路 (ボイラー出口温度からボイラー入口温度を引いたもの) の一定温度差の制御アプローチ (一定のボイラー入口温度でボイラー戻り温度を保護するための三方弁付きボイラー回路) :** ボイラーポンプの速度は、ボイラーの出力に応じて制御され、ボイラーの出口温度とボイラーの入口温度またはその参照温度の両方が一定に保たれます。問題となるのは、ボイラーの始動、燃焼、およびスタンバイの作動段階で、ボイラーの出口温度を一定に保つことはほとんど不可能です。さらに、低ボリューム流量または部分負荷でのボイラー水の層別化により、制御動作が悪影響を及ぼす可能性があります。

シンプルな制御アプローチ: ボイラーポンプの速度は、ボイラー出力設定値に応じて直接指定されます。試運転中に、必要な速度範囲を決定または調整する必要があります。ボイラー出力が燃料品質の変化によって指定されたボイラー出力に対応しなくなった場合、ボイラーの出口温度が大きくなり、望ましくない偏差を示す可能性があります。

- **ボイラー戻り温度保護なしのボイラー回路の制御アプローチ (三方弁なしのボイラー回路) :** 低出力バイオマスボイラーには、ボイラーの入口温度を最小限に抑え、ボイラーの戻り温度を保護する必要のないボイラー設計があります。

ボイラーポンプの速度は、指定されたボイラー出力に関係なく、ボイラー出口温度が全出力範囲 (たとえば、50 ... 100%) にわたって一定に保たれるように制御されます。したがって、可変量は、可変ボイラー入口温度でボイラーを通して流れます。

ここでも、ボイラー出口温度の制御精度は、少量の流量または部分的な負荷でのボイラー水の望ましくない層化によって制限されます。

以上のように、バイオマスボイラーのボイラー回路では、スピードコントロールポンプの使用が要求されています。ボイラーの出口温度が変化すると、蓄熱の温度層別化が妨げられます



そのため、システムの制御動作が好ましくない場合があります。このため、これらの制御アプローチは標準の水流方式には記載されていません。

次の追加の制御要件が必要になる場合があります。

- 運転段階の開始、バーンアウト、およびスタンバイには、特に燃焼室のライニングが重く、慣性が大きいバイオマスボイラーの場合、追加の調整または制御機能が必要です。
- 燃料品質が変化するバイオマスボイラーを運転する場合、一定のボイラー出口温度は、追加の制御システム（たとえば、ボイラー水量のデッドタイムを考慮した、積算熱量計での瞬間平均熱出力を含む）によってのみ達成できます。

### 7.3.4 ボイラーポンプの操作上の信頼性と冗長性

最高温度が $110^{\circ}\text{C}$ 未満の温水システムでは、必要に応じてすぐにボイラーポンプを再配置できる場合、水流で並列に接続された交換用ボイラーポンプに供給できます。交換用ポンプがすぐに入手できない場合は、交換用ポンプを在庫に保管することを考慮する必要があります。注意保存時間が長いと、ポンプは最新の状態ではなくなる可能性があります。

最高温度レベルが $110^{\circ}\text{C}$ を超える温水システムでは、安全仕様（規格、法規制、第19章を参照）によって、並列水流で接続された交換用ボイラーポンプが必要かどうかが決まります。

## 7.4 熱量計

熱量計は、発生または描画される熱の量を記録するために設置されます。さらに、標準水流方式で必要に応じて、現在の熱出力の必要な動作データを記録し、動作モニタリングと動作の最適化を実現します。バイオマスDHプラントのQMに準拠した品質監視には、熱量計の設置が必要です。

暖房設備への熱量計の設置は、次の場所に設置する必要があります。

- 個々の熱源（バイオマスボイラー、エコマイザ、排ガス凝縮、ヒートポンプなど）の熱源回路に含まれています。
- 各地域加熱パイプラインでは、グリッドに供給される熱量とその熱分布損失を記録し、その日の経過中に負荷ピークや負荷低減を記録します
- ガスおよびオイルボイラーのボイラー回路には、熱量計の設置を推奨します。そうでない場合、ボイラーには作動時間メータとオイル/ガスメータが必要です（調整バーナーの場合、オイル/ガスメータは現在の流量を継続的に記録する必要があります）。

校正済み熱量計の使用は、燃料供給の請求や、顧客から購入した熱の請求に必要です。熱量計では、フロー測定と、フローとリターン間の温度差測定が必要です。

### 7.4.1 熱量計の特長

熱量計の**精度クラス**は、流量と温度差の測定精度によって決まります。

**流量の測定範囲**は、公称流量 $Q_P$ と最小流量 $q_i$ の動作範囲によって決まります。公称流量と最小流量の比率は、流量範囲の帯域幅の測定値であり、その範囲内で体積流量測定の特定の精度が保証されます。図7.8はインペラメータの誤差曲線を示し、図7.9は振動噴流測定法におけるエラー曲線を示しています。

**通常の流量 $q_p$ での圧力降下**は非常に高くなります（インペラメータでは $20 \sim 25\text{ kPa}$ ）。確実なドロップが大きいと、作動範囲と測定精度が向上しますが、コントロールバルブのバルブオーソリティーも低下します（7.2.1章を参照）。これは、同じフローパス（ボイラー回路の可変流量）で低流量になることがよくあります。

**水質は**、長期間使用する場合の測定精度に大きな影響を与えます。

フロー測定には、次の測定方法が使用されます。

- 電磁フロー測定（EFM）
- 超音波を使用した流量測定
- 振動噴流の原理に従って流量を測定
- インペラまたはタービンホイールを使用した機械的な流量測定

表7.1に、さまざまな流量測定方法の概要

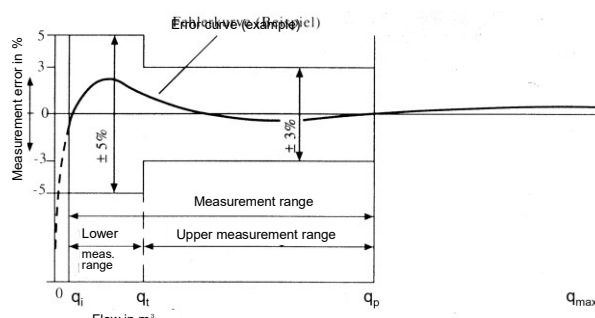


図7.8 インペラを使用した曲線の機械的流量測定方法でエラーが発生しました。

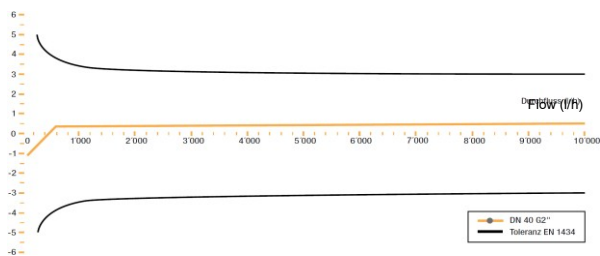


図7.9 誤差曲線振動ビーム流量測定法(出典: NeoVac Supersotic440)

EMF、超音波、および振動ジェット流量測定法は、機械的な流量測定法（インペラーまたはタービンホイール）に準拠した高い測定精度を備えています（表7.1を参照）。

表7.1 最も重要なフロー測定方法の概要

Feature	EFM <sup>1)</sup>	Ultrasound	Oscillating beam	Mechanical
Ratio $q_p/q_i$	100 - 150	100 - 150	25 - 100	25 - 100
Pressure drop at nominal flow $q_p$ in kPa	7 - 15	7 - 20	9 - 25	10 - 15
Measurement accuracy	high	high	high	medium
Sensitivity of the measurement accuracy to the water quality	high	small to medium <sup>2)</sup>	small	small
Wear and tear/service costs	low	low	low	high
Sensitivity of the measurement accuracy to electrical interference fields	high	low	low	low to moderate <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Electromagnetic flow meter  
<sup>2)</sup>Contamination of the deflecting mirrors with small nominal diameters  
<sup>3)</sup>with inductive pulse generator

### 7.4.2 個々のフロー測定方法の要件

原則として、熱量計サプライヤーの設置指示を遵守し、必要な水質を維持する必要があります。

#### 電磁流量計

- 水には磁力が含まれてはいりません。これは、測定プローブに安定しているため、測定値に影響を及ぼします（流量測定値の減少）。磁力は、水に結合された酸素とパイプ壁の鉄分子を酸化する過程で形成されます。
- 既存のプラントでは、ウェット汚泥セパレーターとガス抜き装置を併用することで、必要な水質（透明な水）を実現できます。
- 新しいシステムでは、水の酸素含有量がゼロになるように、加熱システム内の水を最初から十分に脱気する必要があります。
- 測定エラーが大きい場合は、流量計の内壁を清掃することをお勧めします。ただし、これによって問題の原因（汚れた水）が解消されるわけではありません。
- 最適な流量を確保するには、熱計を最小と最大体積流量の制御範囲（部分負荷および全負荷運転）で正しく設計する必要があります。
- 測定プローブ全体に非常に低い電圧が印加されるため（数ミリボルト）、測定方法は

電氣的干渉の影響を受けます。これは特に、センサとトランスミッタが干渉に敏感なラインで接続されているスプリット装置の場合に当てはまります。これは、コンパクトフロートトランスミッタを使用して軽減できます。

- シールドケーブルとツイストケーブルのみを使用し、電動モータやインバーターから強い磁界が近くに入らないようにすることをお勧めします。

#### 超音波流量計

- 偏向ミラーに直径の小さい直径のガスや水に含まれるガスが混入すると、測定値が不正確になるおそれがあります。
- このような干渉を回避するには、高品質の水と十分な水の脱気が必要であり、偏向ミラーに堆積物が生じないようにする必要があります。

#### 振動ビーム流量計

- 振動ジェット流量計は、測定に必要な流量の一部のみであるため、基本的に汚染の影響を受けません。
- 水平に設置する場合は、測定ヘッドを横方向に取り付ける必要があります（下部または上部ではありません）。垂直設置の場合、特別な対策は必要ありません。

#### 機械式流量計

- 流量計の給水口の上流にフィルタを取り付けると、インペラまたはタービンホイールの損傷や詰まりを防止できます。
- 定期的な点検により、機械的な摩耗や損傷がエラーの原因から除外されます。

- 動作フローレートが可能な場合は最小流量 $q_i$ を下回ることがないように慎重に設計する必要があります。また、例外的な場合にのみ、動作フローレートが最小流量 $q_i$ を下回らないようにする必要があります。

### 7.4.3 熱量計の設置

熱請求に必要な測定精度を達成するには、以下の指示に従う必要があります。

- 熱量計のサプライヤの取付け手順（インレット部、アウトレット部、水平/垂直取付け、センサの取付けなど）に適合しています。
- 入口と出口の直線距離は、公称サイズと技術によって異なります。AGFWワークシートFW 218 [73]では、次のようになります。5 x DNの入口セクションと3 x DNの出口セクションが、推奨されます。これらの静流セクション（入口/出口セクション）には、センサ、浸漬スリーブ、バルブ、ストレーン、パイプの曲がりなどの組み込み部品を含めなさい。断面が変更されたか、または同様である（図 7.10を参照）。
- リターンフローの温度センサは、ボリュウム測定部の後のフロー方向に配置する必要があります。
- 可能であれば、2つのシャットオフ装置の間に体積測定部を配置する必要があります。これにより、キャリブレーションサイクルに応じたメンテナンス作業とメーター交換が容易になります。
- 動作温度差が20 Kを超えるように設計します。つまり、一定のボイラー回路内の熱量計の取り付けは許されません。
- 温度センサーの前のパイプ断面に均一な温度分布があります（必要に応じて、スタティックミキサーを追加取り付けます）。
- 安定した制御ループ。振動コントローラー（温度差が小さい/大きい、または正/負の温度差がある）は、信頼性の高い測定エラーを引き起こす可能性があります。
- 循環不良（単一パイプの冷却回路を含む）を防止し、熱測定に影響を与える可能性があります。
- 温度差の測定が流量測定と同じレベルで行われた場合は、不要な循環不良による妨害が最小限に抑えられることがあります（最低でも正しく測定されています）。
- 熱量計の動作は、 $q_p$  から  $q_i$ の許容流量範囲内でのみ行います
- センサから送信機および校正器への短い信号のトランスミッションの干渉が実質的に除外されるため、コンパクトな熱量計は有利です。
- 熱量計の試運転を技術的に修正し、必要に応じて専門家による干渉源を体系的に検索します
- センサケーブルを延長することはできません。センサを含む熱量計はキャリブレーションおよび測定されます。
- 測定の安定性（再校正、校正など）を維持するためのそれぞれの規制を遵守する必要があります。

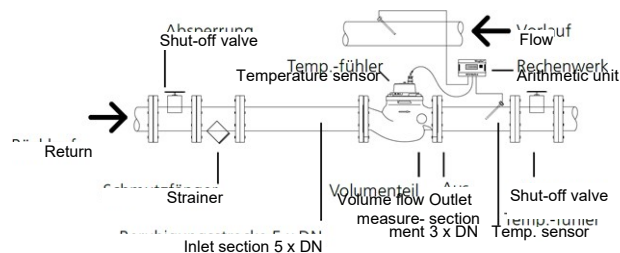


Figure 7.10 Installation heat meter (source: WDV-Molliné GmbH).

### 7.4.4 バルブオーソリティーの影響

熱量計メーカーは、各熱量計のいわゆる公称流量を指定します。ただし、熱量計が実際にこの定格流量用に設計されている場合は、圧力が20~25 kPa低下します。

これらの大きな圧力は、誤解を招くような「公称流量」のリードタイムと誤作動のために低下します。流量計は、対応する温度差が可能な限り大きくなるように、可変流量のセクションに取り付けられていることがよくあります（最適な流量を測定する）。しかし、これは結果的に発生し、これはしばしば忘れられます。これは、制御バルブのバルブオーソリティーが影響を受けることになります。これにより、次のような競合が発生します。一方、適切なバルブオーソリティーを得るためには、メータの圧力降下ができるだけ小さくしなければなりません。一方、圧力降下が小さいほど、流量範囲が低くなります。次のアドバイスを指定できます。

- 製造業者の仕様に従って、実際の設計フローが公称フローの約50%に相当するように小型の熱量計が設計されている場合、約5 kPaの適度な圧力低下が許容精度で発生します。
- 現在提供されているさまざまな構造により、適切なソリューションを常に見つけることができます。超音波による電磁誘導フロー送信機と流量測定（振動ジェット原理による流量測定が可能）により、圧力降下の少ない大型熱量計を実現できます。

## 7.5 蓄熱

### 7.5.1 加熱システムの蓄熱

木材燃焼システムは、ボイラーの出力をすばやい速度では増減できません。木材の燃焼プロセスと燃焼システムの熱質量により、これが制限されています。通常、出力の変更は、1分あたり最大で0.5~1%の範囲で実行できます。蓄熱システムの蓄熱の仕事は熱消費者の出力要求（負荷ピーク、負荷軽減）の不足し、急速な変化を補うことであり、バイオマスの燃焼システムが平均出力需要（負荷プロファイル）にゆっくりと追従することができるようにする。これは、排ガスの低減、システムの摩耗の低減、メンテナンスコストの削減、およびシステムの耐用年数の延長を保証する唯一の方法です。蓄熱システムを使用して、

このタスクを実行するには、次の要件を満たす必要があります。

- 十分な蓄熱容量
- 保管タンクの蓄熱状態を判断するための温度センサー
- 蓄熱内の温度層を最適化
- 蓄熱管理

**蓄熱ボリューム**

主にスペースヒーティングの生産に使用されるシステムでは、少なくとも1時間の間に放出された熱を木材燃焼システムの公称出力で吸収できるようにする必要があります。蓄熱タンクの上部と下部の温度レベルの間の温度差は、ユーザーが設定できる値に基づいています（図7.11を参照）。上部の温度レベルはボイラー出口温度に対応し、下部の温度レベルは寒冷時の設計状態における熱消費者の最大リターン温度に対応します。2つ以上の木材燃焼ボイラーの場合、基準値として公称出力の合計の3分の2以上が選択されます。ただし、公称出力の合計を複数のボイラーシステムの基準値として使用することも推奨されます。プロセス熱、スポーツ施設のドーム状のお湯のピーク、淡水ステーションの使用、換気システム、温室などにより、非常に大きな負荷や急速な負荷変化が発生した場合は、蓄熱器の容量を大幅に増やす必要があります。詳細については13.5.5章を参照してください

スペースと部屋の高さに制限があるために必要な蓄熱容量を1つの蓄熱タンクで実現できない場合は、2つ以上の蓄熱タンクに分散する必要があります。原則として、蓄熱タンク内の最大流速が6 m/h ~ 10 m/hを超えない場合は、蓄熱タンクの水流通シリアル動作を推奨します蓄熱タンクの水流通並列動作には、Tichelmannの原理に従って非常に慎重な配管が必要であり、これにより、蓄熱タンクへのすべての配管の圧力降下がまったく同じになります。実際には、これが正しく実装されることはほとんどありません。図7.12は、2つの蓄熱タンクと推奨される温度センサーの位置を直列に配置したものです。地域加熱ネットワークの計画に関するハンドブック [19] は、第2.10.4章「蓄熱タンクの構築の種類と操作モード」で詳しく説明しています。

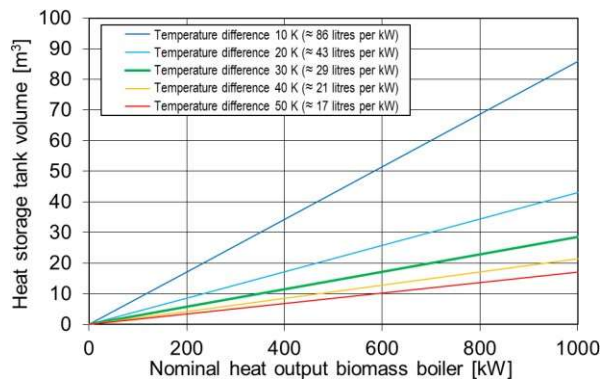


図7.11蓄熱量は、ボイラーの公称出力と温度差に応じて異なります。

**温度センサー**

少なくとも5つの温度センサーが、熱貯蔵タンクに均等に分配されていなければなりません。可能であれば、10個の温度センサーを高貯蔵タンクに使用する必要があります。蓄熱タンクの蓄熱状態は、その助けを借りて決定されます。温度センサーが複数の蓄熱タンクに供給されていない場合は、可能であれば、蓄熱タンクごとに少なくとも5つの温度センサーを使用して、蓄熱状態を計算するために制御システムによって解釈される必要があります。

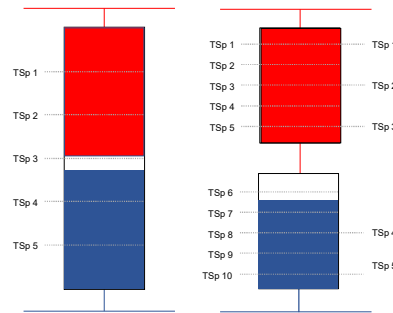


図7.12 1つの蓄熱タンク（左）に5つの温度センサー（TSP）を配置し、2つの蓄熱タンク（右）に10または5つの温度センサーを配置することを推奨します。

## 温度成層

蓄熱タンクには、明確な温度成層が必要である。これには、寒冷時の熱源の流量と熱消費の水流バランスが必要です。蓄熱タンク内の流速は、できるだけ低くする必要があります。水の流入および流出は、蓄熱タンク内の混合処理を誘発しないようにしてください。これは、たとえば、流入/流出領域で穴あきプレートを使用して実現できます。図7.13は、蓄熱中および脱蓄熱中の蓄熱タンク内の温度層別構造を示しています。最適な温度成層の特徴は、温度センサのすべてが同時に変化するわけではなく、一方が変化するということです。放熱時には、最低温度のセンサの温度が最初に下がります。蓄熱中は、最も低いセンサの温度が最後に上昇します。

### 重要

蓄熱タンク内の温度層別化を維持するためには、現在のボイラの出力に関係なく、またボイラの電源をオフにしてからオンにしても、ボイラの出口温度を一定に保つ必要があります。これには、ボイラー出口温度を一定の値に調整する必要があります。これは、目的のボイラー出力に応じて、ボイラー入口温度を適切に事前設定することで行います。ボイラの出口温度のすぐ下にあるボイラの入口温度を上げることで、スタンバイ時にも温度を維持することができます。

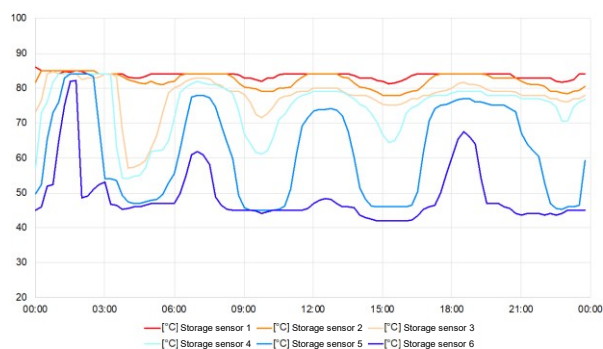


図7.13は、蓄熱および放熱時の蓄熱タンクの温度の傾向を示しています。

## 蓄熱管理

蓄熱タンクは、出力需要の変化を示すインジケータです。熱ネットワークの出力需要が増加しています。

バイオマスボイラーの現在の出力と比較して増加し、蓄熱タンクの低温層はゆっくりと上に移動し、貯蔵タンクの蓄熱状態が低下します。蓄熱タンクが負荷要求の短期的な増加または減少を補うことができるようにするには、上半分で高温になり、下半分で低温になる必要があります。そのため、蓄熱状態は約50%になるはずですが、PIコントローラは、蓄熱タンクの蓄熱状態の実際の値とセットポイント値を比較します。蓄熱状態は、木材バーナーの出力をゆっくり増減させることで制御されます（図7.14参照）。目標蓄熱状態に達すると、ボイラー出力が最小負荷に低減されます（30%）です。2つの木材バーナーが同時に作動している場合、両方のボイラーが蓄熱タンク蓄熱管理から同じ出力仕様を受け取ります。

PIコントローラによるバイオマスボイラーへの最適な出力仕様を得るには、蓄熱タンクの蓄熱状態を正確に検出する必要があります。

追加情報は、標準の水流方式Part IおよびPart II（蓄熱タンク蓄熱状態制御バリエーション1～4）に記載されています。

計画の過程で、システムの包括的な機能説明を準備する必要があります。これには、蓄熱管理の制御戦略も含まれます（5.10.3章を参照）。蓄熱管理の定義と実装を担当するプランナーやメーカーとの入札や契約には、すでに明確に定義されている必要があります。



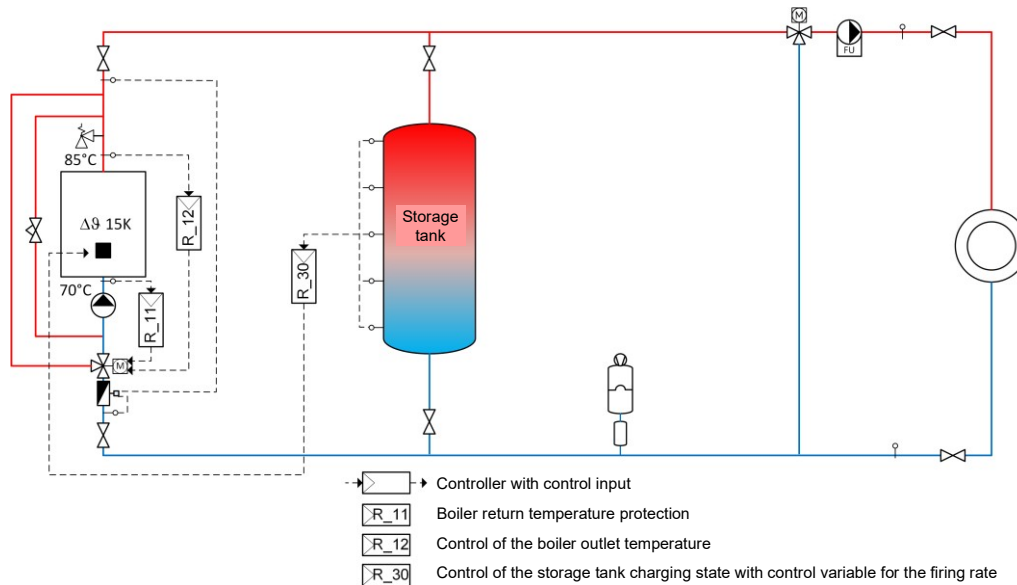


図7.14バイオマスボイラーの出力率を制御する制御変数を使用して、蓄熱タンクの蓄熱状態を制御します。

## 7.5.2 蓄熱タンクの水回路システムの統合

問題のない熱源、蓄熱タンク、および低圧差接続の水流通合の場合、これらは特定の順序で互いに近接して配置する必要があります（図7.15の回路A）。上記の基本的な要件からの問題のある逸脱については、回路B-Fにソリューションノートに記載しています（図7.16～図7.20を参照）。

図は、熱源（バイオマスボイラー、ヒートポンプなど）、蓄熱タンク、低圧差接続部（分配器、事前制御DHネットワークなど）を接続した場合に発生する基本的な問題を示しています

7.15 および 図7.20)を参照

### 回路A

この回路は、蓄熱タンク全体の圧力降下が低いため、問題がありません。生産側と消費側は水流で完全に分離されています（図7.15）。

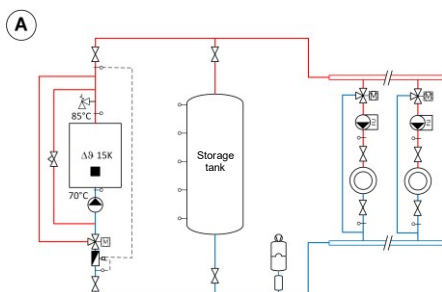


図7.15蓄熱タンク-回路Aの水流通合を示します

### 回路B

蓄熱は、熱源および分配器から離れた場所に設置します（図7.16）。圧力降下  $\Delta p$  がキャピラリおよび蓄熱タンク全体にかかること、

の低圧差動分配器の接続圧力差が許容できないほど大きく変動が発生します。

蓄熱中は $+\Delta p$ 、放熱中は $-\Delta p$ （タンク接続パイプが長すぎる場合）です。コントロールバルブの慎重な設計により、約3 kPaの最大圧力差変動が許容されることがわかりました。

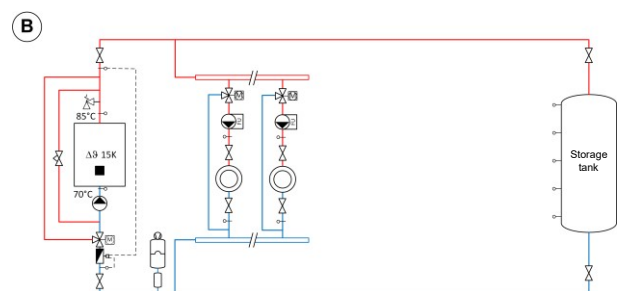


図7.16蓄熱タンク-回路Bの水流通合を示します

### 回路C

離れた場所にある分配器は、問題が発生しています。原因ここでは、低圧差圧分配器が、長い接続パイプと蓄熱タンクの圧力降下に従って加圧されています（図7.17）。少なくともここでは、回路Bとは対照的に、接続圧力差の変動は1方向にのみ発生します。許容される最大接続圧力差は、次のように応答できます。

- 分配器の各コントロールバルブの圧力降下は、接続部の圧力差より大きくなければなりません-確実な差（バルブオーソリティー $\geq 0.5$ ）。既存の分配器では、制御バルブ間の圧力降下が3~5 kPaを超えることはほとんどないため、接続圧力の差も大きくなければなりません。
- さらに、長い接続パイプの圧力降下がの20%を超えないようにしてください

最小グループポンプの供給ヘッド（分配器のグループ間の干渉を防止します）。

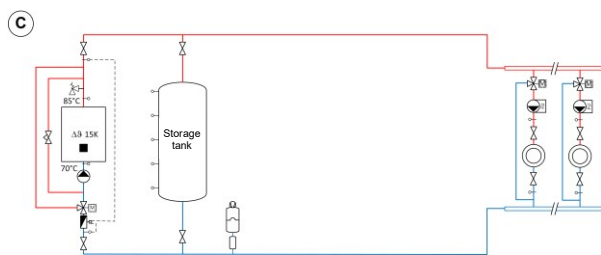


図7.17蓄熱タンク-回路Cの水流統合

**回路D**

キャピラリーポンプと分配器のバイパスは、残念ながら解決策ではありません。これは、混合による戻り温度の許容できない上昇を引き起こすためです。（図7.18）。

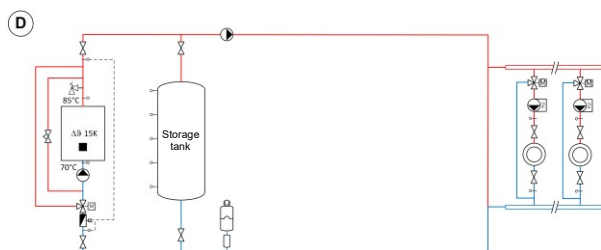


図7.18蓄熱タンク-回路Dの水流統合

**回路E**

あるいは、蓄熱タンクをできるだけ分配器の近くに設置することもできます。接続部は、分配器の差が十分に小さいことを確認します（図7.19）。ただし、熱源回路のコントロールバルブが熱源にできるだけ近い位置に取り付けられていることに注意する必要があります（短いデッドタイム）。また、コントロールバルブ全体の圧力降下は、キャピラリーおよび蓄熱タンク全体の圧力降下と少なくとも同じ大きさであること（バルブオーソリティー $\geq 0.5$ ）。

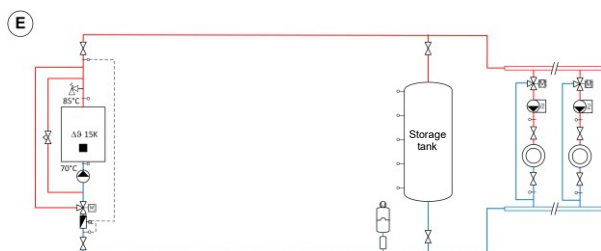


図7.19蓄熱タンク-回路Eの水流統合

**回路F**

常に機能するソリューションは、速度制御されたキャピラリーポンプに接続されたs三方弁を備えたインジェクション分配器です。（図7.20）。圧力差が分配器のできるだけ近くにある場合は、制御点から最も好ましい結果が得られます。これは、この設定点によって制御バルブのバルブオーソリティーが決定されるためです。低圧差圧分配器を  $\Delta p=0$  に制御することは、明示的には推奨されません。さらに、 $\Delta p < 10 \text{ kPa}$  への制御は適切ではありません。この範囲の圧力差がすでに低圧差分配器に対して高すぎるためです。

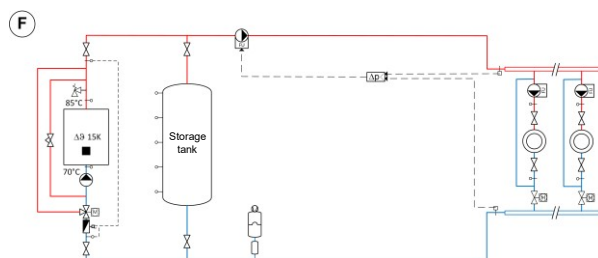


図7.20蓄熱タンク-回路Fの水流統合

**ネットワーク分離発熱/地域暖房ネットワークを備えた蓄熱タンクの追加の変形水流統合**

測地的な高さの大きな違いによって引き起こされる地域暖房ネットワークの高圧を、熱源と貯蔵の水力学的統合に移行できない場合は、熱源と熱ネットワークをネットワークで分離する必要があります。（図7.21）。熱交換器全体の温度差（温度差）は、熱源の一次側リターン温度と地域加熱ネットワークの二次側リターン温度の間で、各作動点で最大5 Kであることに注意してください。目標は、3 K以下の勾配を維持して、熱源生成のための一次側の戻り温度が上昇しても、保存容量が再び減少されないようにすることです。

熱交換器を通る体積流量が低すぎる場合、層流範囲での操作の結果として熱伝達挙動が大幅に低下するため、勾配が急激に増加します。したがって、各熱交換器への出力割り当ては、現在動作している熱交換器を通る乱流がすべての動作ポイントで確実に行われるように実行する必要があります。

また、制御技術の観点からは、一次側の熱交換器（熱源側）の接続および接続解除時に、短期的な負荷ピークや負荷低減が発生しないことを確認する必要があります。これは、たとえば、追加の熱交換器を公称伝熱容量に増強することによって行われます。一方、すでに作動している熱交換器は、公称伝熱容量で並行して動作し続けます。後で総伝熱容量が大きすぎる場合は、両方の熱交換器の伝熱容量が同時に減少します。負荷のピークや負荷の減少が発生した場合は、蓄熱タンクで補正する必要があります。地域加熱ネットワークと



熱源との間の一次側の負荷曲線（熱源）になるように実行する必要があります

二次側（ヒートネットワーク）の負荷曲線。

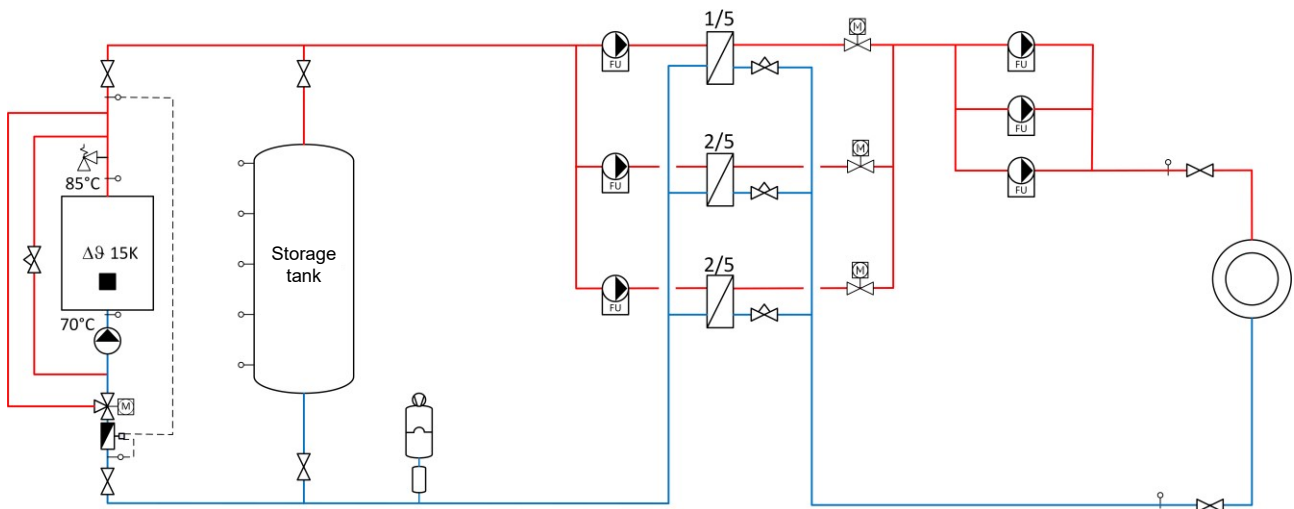


図7.21 3つの熱交換器を使用したネットワーク分離熱源/地域加熱ネットワークです。

## 7.6 熱源水流回路システムに関する質問

### 7.6.1 水質

以下の理由により、加熱システムおよび加熱ネットワークの水流システム内の熱伝達媒体としての水の品質に注意する必要があります。

- 腐食の防止酸素含有量は、指令および規格で指定されている制限値を超えてはなりません。脱気装置を使用して、運転中に熱水を体系的に脱気することで、化学添加剤を使用せずに酸素含有量を制限値未満に抑えることができます。酸素濃度が高すぎる場合は、pH値も限界値を下回り、黒色の磁粉粒子の外観が腐食プロセスを示します。
- 規模の拡大の防止総硬度または炭酸カルシウム含有量が限界値を超えている場合は、熱源の熱交換器表面（ボイラーサーフェイス）にスケールが形成されます。大規模な形成の場合、熱伝導や加熱水の流れを妨げるスケールがあるため、局所的な過熱（ホットスポット）が発生する可能性があります。これにより、重度のスケールが形成されると、熱交換器構造（ボイラー構造）が損傷する可能性があります。
- 加熱プラントのヒドラル系の初期充填および補充は、国のガイドラインと規格およびボイラー製造業者の仕様に従った処理水で行う必要があります。
- 常に高い水質を確保するためには、年間の加熱側水質チェックが必要であり、すべての制限値は、指示および基準に従って水分析によってチェックされます。

回路水の要件 は、基本的に動作温度によって異なります。温水は110° C未満と温水は区別されます >

110° Cです。温水では、低塩動作と高塩動作も区別されます。システムのサイズ、冷却水の量、およびガイド値、および部品メーカー（フィッティング、制御バルブ、熱交換器など）の要件もアカウントに含める必要があります。

水質および要件の詳細については、「地域加熱ネットワークの計画」ハンドブックを参照してください（ [19] ページ93ffを参照）。また、AGFW規制FW 510 [74]またはSWKIガイドラインBT102-01 [75]によっても、包括的な説明が提供されています。基本的に、暖房システムと地域暖房ネットワークの水質に関するそれぞれの国内基準とガイドライン、およびメーカーの仕様に準拠する必要があります。

### 7.6.2 循環不良の防止

スイッチオフされた熱源（バイオマスボイラー、石油/ガスボイラーなど）は、熱源全体から水流で分離されるため、循環不良を回避でき、対応する熱源が動作温度に保たれ、望ましくない熱損失を防止できます。

以下の対策を実施します。

- 熱源回路内の三方弁の閉作動を制御します。
- 熱源回路の可変容量フローのセクションに自動遮断を取り付けます。
- ノンリターンダンパにより、シングルパイプの循環を防止します。

## 8 熱供給の設備構成要素

### 8.1 概要

第8章では、熱ネットワークのお客様への熱分布と熱伝導の基本について説明します。次のトピックについて説明します。

- パイプシステム
- フィティング
- リークモニタ
- データの転送と通信
- ネットワーク構造
- インストール方法と状況
- 水の質
- 熱伝導

ただし、上記のトピックについては詳しく説明していません。詳細な検討事項については、「地域熱ネットワークの計画に関するハンドブック [19]」および「地域熱トランスファ・ステーション計画の手引き [76]」を参照してください。その他の文献としては、教科書「地域暖房と冷房 [77]」関連国協会（AGFWやVFSなど）のドキュメントを推奨します。会社および国固有の要件も遵守する必要があります。

### 8.2 配管システム

地域および地域暖房ネットワークの建設では、地面に敷設された事前に断熱されたパイプがほぼ独占的に使用されます。事前断熱パイプは、伝熱媒体が伝導されるキャリアパイプ、環境への熱損失を低減する断熱材料、および機械的損傷から保護するジャケットパイプで構成されています。通常、データケーブルや漏れ防止システムなどの追加要素は、パイプの接合部に組み込まれています。配管システムの選択と適切な設置方法は、ネットワークの温度と圧力、および設置場所の条件によって大きく決定される要件によって異なります。次のようなものがあります。

- サービスライン
- 周囲の環境
- 建物や建造物
- 道路
- 鉄道の線路
- アンダーパス
- 地下水
- 土壌組成
- 樹木個体群

スチール製サービスパイプを備えた断熱済みの硬質スチールパイプは、標準化され、堅牢で安価なため、最も一般的に取り付けられているパイプシステムです。事前断熱プラスチックパイプや事前に接合されたフレキシブルスチールパイプなどのフレキシブルパイプシステムは、主にサブディストリビューションおよびハウス接続部で使用されます。その他の可能性

パイプシステムは、スチールジャケットとガラス繊維強化プラスチック（GRP）パイプである（[19]ページ68 ffを参照）。

ほとんどのパイプシステムでは、二重パイプバージョン、いわゆるデュオパイプも、直径の小さい方の呼び径範囲で使用できます。特殊用途では、スチールジャケットパイプまたはGRPパイプもダブルまたはマルチパイプバージョンで設計できます。二重パイプと複数のパイプシステムには「単一のパイプシステムよりも次の利点があります

- 敷設コストが低くなります（トレンチ幅が小さくなります）。
- 比熱損失を低減します
- ソケットジョイントの数が半分になりました
- ハウス入口のコア穴ドリル穴とウォールシールの数を半分にしました
- ストレッチング脚の数を減らしました。

フレキシブルなスチールパイプまたはプラスチックパイプを備えたダブルパイプは、地上に分岐を配置する必要がないため、家から家までの敷設に最適です。リジッドスチールパイプ付きダブルパイプを使用する場合、必要な継手を使用できるように、正確な情報を確認するブランチが必要です。その後のブランチのインストールは、多大な労力を要します。硬質スチール製ダブルパイプは非常に硬いため、パイプの取り回しは事前に正確に掘り出す必要があります。剛体鋼製ダブルパイプは、分岐があり、パイプラインルートが一定の直線輸送パイプラインに最適です。地下を押す場合（特に長距離を押す場合）は、直径の小さい二重パイプを敷設できます。

個々の配管システムとその用途の概要については、表8.1を参照してください。

### 8.3 継手

継手はシャットオフとして取り付けます。このようにして、ネットワークの拡張や修理が遅れた場合に、ネットワーク動作の相互作用を制限することができます。また、パイプの排出と排気にもバルブが使用されます。バルブには次の要件があります。

- 低圧損失です
- 両方向にしっかりと閉じます
- ハウジングのリードスルーの締め具合です
- メンテナンスが少なく済みます
- 必要なスペースが不足していません
- フローノイズが少なくなります
- 互換性
- 断熱（熱）
- 頑丈なハウジング材質です
- 使用頻度が低い場合でも機能します。

個々の要件は互いに影響を与えるため、最も重要な基準は、再検討する必要があります。シャットオフバルブは制御目的では適さないことに注意してください。局所および地域加熱ネットワークでは、公称サイズ、温度、圧力条件に応じて、4種類の基本的なゲートバルブ、

グローブバルブ、コック、バタフライバルブが使用されます。バルブは、溶接またはフランジ接続によってパイプラインに取り付けられます。

「地域熱ネットワークの計画に関するハンドブック」では、継手について詳しく説明しています [19] ページ75ページを参照。

表8.1 配管システムの概要 [19]を参照してください。

Pipe system	Scope of application				Available lengths		Double pipe design up to DN	Special feature
	Maximum permissible operating temperature	Continuous operating temperature	Nominal pressure PN	Nominal diameter DN	Bars	Rollers		
	° C	° C	bar	--	m	m	--	--
KMR	< 160	< 140	< 25	20 - 1,000	6/12/16*	--	DN 150	The most frequently used pipe system due to its standardisation and robustness
MMR	< 180	< 160	< 25	20 - 150	12*	< 1,000	DN 50	Relatively expensive; use when installation conditions make it necessary
PMR	< 95	< 80	< 6	20 - 150	12*	< 780	DN 65	Relatively favourable; limited pressure and temperature resistance (in some cases massive restriction of life expectancy if maximum permissible operating temperature is exceeded). Below 70° C continuous operating temperature, however, life expectancy up to 100 years.
GRP	< 160	< 160	< 16	25 - 1,000	6*	--	--	Relatively expensive; only for special corrosion resistance requirements
SMR	< 400	< 400	< 64	25 - 1,200	16*	--	**	Relatively expensive; only if pressure, temperature or installation conditions make it necessary.

KMR = Rigid steel pipe (pre-insulated with plastic casing and steel carrier pipe) MMR = Flexible pipe with plastic casing and steel carrier pipe (corrugated or smooth) PMR = Flexible pipe with plastic casing and plastic carrier pipe (e.g. PEX) GRP = Rigid plastic casing pipe with a glass-fibre reinforced plastic carrier pipe SMR = Rigid steel pipe with steel casing and steel carrier pipe  
 \* Standard lengths/s, other lengths available on request.  
 \*\* Special versions possible on request (e.g. multiple tube version)

### 8.4 リークモニタ

設置技術および配管システムに応じて、区域暖房ネットワークは漏れ監視装置付きまたはなしで設計できます。運用の専門知識により、集中リーク検出による継続的な監視により、正味作業の供給信頼性が向上し、時間と経済的な損害の協定を最小限に抑えることができることが示されています。このため、一般的に漏れ監視システムを推奨します。地区加熱ネットワークは、指定された測定ポイントで継続的に監視する必要があります。

漏れ監視は、スチールパイプを備えたプラスチックケーシングパイプの最新技術と見なされています [78] プラスチック製ミディアムパイプの場合、通常、漏れ監視は標準では利用できません。下水道設備では、目視によるマンホールの監視が十分であると考えられます。必要に応じて、自動マンホール監視装置を使用する必要があります。一般に、地上からのパイプはモニタリングシステムなしで作動します。

現在使用されている漏れ監視システムは、2つのコア間またはコアとサービスパイプ間の断熱材の電気抵抗を測定します（動作中の測定は、> 1メガオーム）絶縁体またはインジケータに湿気が侵入すると、抵抗は低下します。2つのコアを使用することで、監視ループを形成できます。このループを監視することで、回線全体が監視されます。漏れ監視システムを選択する場合は、測定原理で早期に損傷を検出することが重要です。たとえば、外側ジャケットやキャリアパイプの損傷による絶縁体への水分の侵入や正確な位置などが考えられます。メンテナンス作業をすぐに実行できるようにします。漏洩測定は、制御技術、視覚化、連続データの再補正に統合する必要があります。

「地域熱ネットワークの計画に関するハンドブック」では、継手について詳しく説明しています [19] ページ73ページを参照。3つの異なるシステム（ノルディック、ブランデーおよびインジケータシステム）が表示され、さまざまな基準（センサワイヤ、測定方法、

エラー検出、表示トレランス、監視の可能性と監視セクションの長さです)。

## 8.5 データ転送と通信

地域加熱システムを構築する際には、データと漏洩監視システムの統合が最先端であり、システムの規模にかかわらず、あらゆる場所で実装する必要があります。これにより、シンプルで安全かつ効率的な請求、集中的な故障記録、顧客システムの最適化、不具合の検出（一次リターン温度のドリフトなど）が可能になります。

小規模なシステムにとって最もシンプルなソリューションは、個々のコントローラを使用して顧客を制御または規制することです。中小規模および大規模システムの場合は、集中型モニタリングオプション（制御システムやリモート読み取りなど）も考慮する必要があります。データの連続交換により、地域暖房ネットワーク全体のプロセスが透明になり、各転送ステーションのすべてのシステムパラメータのリモート調整が可能になります。どこからでも（ノートパソコンや携帯電話など）、お客様はシステムの調整をサポートできます。個々の熱量計を記録し、測定データを中央装置に転送することで、現場でメーターを読み取る必要がなくなりました。

## 8.6 ネットワーク構造

「地域暖房ネットワーク」または「熱分配ネットワーク」という用語は、熱源と熱消費者の間のリンクを意味します。ネットワーク構造、ルート、パイプシステム、およびインストール方法の選択は、数多くの要因に影響されます。解決構造だけでなく、技術的、地質的、経済的、安全性に関連する側面や、建築的、法的な問題も決定的な要素です。熱分配ネットの設置面積とサイズは、通常、当初から固定されるものではなく、時間の経過とともに発展します。

熱分配ネットワークは、通常、メインパイプ、分岐パイプ、およびハウス接続パイプに分割されます（図8.1を参照）。メインパイプは、中央加熱プラントからの最初のパイプに対応します。さらに、分岐パイプという用語、または供給エリアから離れた場所にある大型熱源の場合は、輸送パイプラインという用語も使用されます。ブランチまたはディストリビューションパイプはメインパイプラインから外れ、個々の供給エリアへのサブディストリビューションに使用されます。ハウス接続パイプは、顧客をメインパイプまたはブランチパイプに接続するために使用されます。

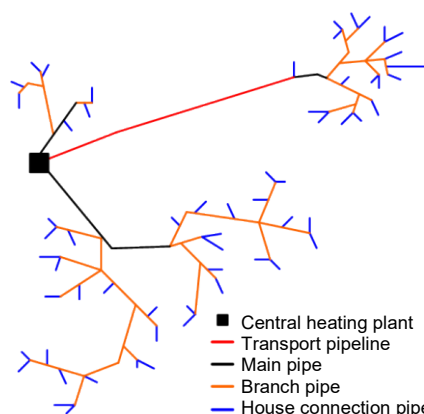


図8.1 ネットワーク構造とパイプタイプ [19]を参照

熱分配ネットワークは、ほぼ独占的に閉じた2パイプシステム（1つの供給パイプと1つの戻りパイプ）として設計されています。場合によっては、3パイプまたは4パイプシステムとして設計され、複数の供給ラインとリターンラインがあり、たとえば、さまざまな温度レベルで動作します。

パイプ数による違いに加えて、**熱分配ネットワークの構造**は、中央暖房設備の数や供給エリアの数や位置にも影響されます。熱ネットワークの状況と開発に応じて、熱分配ネットワークにはツリー構造、リング接続、またはメッシュがあります。

熱消費側のサブディストリビューションと接続については、標準ルーティング、ハウスツーハウスルーティング、およびシングルループルーティングが基本的に区別されます。

ネットワーク構造の詳細については、「地域熱ネットワークの計画」のハンドブックを参照してください（[19] ページ71 ffを参照）。

## 8.7 設置方法と状況

パイプライン敷設は、基本的に次の方法で行われます。

- 台座または振り子サポートの地上
- 運河の地下
- 地下
- 坑内では溝なしの方法
- 特殊なケース（ケーブルツ、橋など）

設置方法は、さまざまな要因によって異なります。最も重要なのは、使用するパイプシステムと現場の状況です。一般的に発生する**設置状況**は次のとおりです。

- 舗装された路面（公道、都市部など）または未舗装の路面（農村部、耕地など）
- 既存のインフラストラクチャ（鉄道、橋、水路、高速道路など）を備えた地形セクション
- 既存のケーブルまたはパイプ（電気、ガス、または水）のある地形
- 既存のパイプに接続

状況に応じて、対応する規制、承認、譲歩などを遵守する必要があります。設置されたパイプラインの長期的な運用と安全性を過小評価してはならず、計画中のリスク分析を推奨します

**土木工学とパイプライン構造** については、この計画ハンドブックでは扱いません。ここでは、これらのトピックについて詳しく説明している、地域熱ネットワークの計画に関するハンドブックを参照してください（を参照）

[19] ページ73 ff.) を参照

## 8.8 加熱ネットワークの水質

システム内の腐食、浸食、または材質の過負荷による損傷を避けるために、熱分配ネットワーク内の循環水は特定の要求を満たす必要があります。

水質および要件の詳細については、「地域加熱ネットワークの計画」ハンドブックを参照してください（[19] ページ93ffを参照）。包括的な説明は、

[74] および [75]からも提供されます基本的には、それぞれの国内スタンダードと、暖房システムや地域暖房ネットワークの水質に関するガイドライン、および製造者の仕様を遵守する必要があります。

## 8.9 熱供給

### 8.9.1 顧客との接続

電装品の取り付けは、次の2つの方法で地域加熱ネットワークに接続できます。

- 中間熱交換器なしで直接接続
- 中間熱交換器で間接接続

直接接続の場合、地域暖房ネットワークからの熱伝達媒体は、消費者の設備を通して流れます。材料を選択する場合は、熱伝達媒体の化学的特性を考慮する必要があります。ネットワーク圧力が電装品の取り付け時の許容圧力よりも高い場合は、圧力を軽減して保護しながら直接接続する必要があります。原則として、地域暖房ネットワークのリターンフローの圧力は、常に消費者の設置時の許容圧力より低くなければなりません。地域加熱ネットワークの最大流量温度は、消費者の設置時の最大許容流量温度によって決定されます。

間接接続では、一次熱伝達メディアは消費者の取り付け部を通過しませんが、熱交換器によって二次熱伝達媒体から水流で分離されます。一次側は、地区暖房ネットワークの最大温度と圧力、社内の圧力と温度の二次側を考慮して設計および固定する必要があります。

### 8.9.2 熱供給の要件

熱接続の実施要件は、熱供給契約の一部である **Technical Connection Requirements (TCR)** に記載されています。これらは、熱供給の計画、実装、および運用における技術要件の仕様として機能します。TCRの目的は、熱供給の品質を保証し、総誤差や欠陥を防止するために、最低限の技術基準を達成することです。また、地域暖房ネットワークへの接続を直接接続するか間接接続するかを指定します。

TCRは、標準（原則的に遵守する必要があります）に対する仕様参照なしで、簡潔かつ明確にする必要があります。また、TCRは、戻り温度、温度、圧力損失、材料などに関する現実的な仕様を提供し、必要に応じて、必要に応じて製品を指定する必要があります（熱量計、バルブ、制御など）。TCRでは、許可されていない温水加熱装置や水流装置などの明確な仕様を二次側に提示する必要があります。TCRの構造は次のとおりです。

- 一般的な情報
- 技術的な基本事項
- 機器の仕様
- 統合二次側
- 運用上の要件
- 補足

上記のTCRの内容に関する詳細は、『Guide to the Planning of District Heating Transfer Stations [76]』および『AGFW Leaflet FW 515 Technische Anschlussbedingungen-Heizwasser』（技術的な接続条件）に記載されています

[79]

最低要件として、地域加熱移動ステーションは、使いやすく、整備とメンテナンスが容易である必要があります。また、熱供給会社の技術的な接続規制および関連する規格およびガイドラインに準拠している必要があります。地区加熱移動の計画のガイドライン [76] では、次の最小コンポーネントが定義されています（図 8.2を参照）。

1. 供給ラインとリターンラインの遮断バルブ
2. 供給ラインとリターンラインの温度（温度計）を視覚的に表示
3. 供給ラインとリターンラインの圧力（圧力計）を視覚的に表示
4. 流量（上）で排気し、戻り（下）で排出
5. 熱交換器（一次側）およびダートトラップの前のフローの汚れトラップ  
熱交換器入口の前の戻り（二次側）
6. 熱交換器
7. 駆動装置付きコンビネーションバルブ

8. 熱量計（容積および温度測定、計算機、流量およびリターンの温度センサ）
9. スプリング式安全バルブ
10. 密閉膨張タンク（圧力保持）
11. フロー温度二次側のコントロールユニット
  - 二次側のフローに温度センサー
  - 一次側のフローに温度センサー
  - 外気温センサ（天候補正が行われている場合）

- コンビネーションバルブ接続

12. 外気温度センサー

地域加熱移動の計画に関するガイドライン [76] は、最も重要なコンポーネントの設計、熱供給システムの要件の設定、および接続プロパティ（二次側）の温水暖房に関する基本的な推奨事項を示しています。およびシステムの計画と操作の手順について説明します。

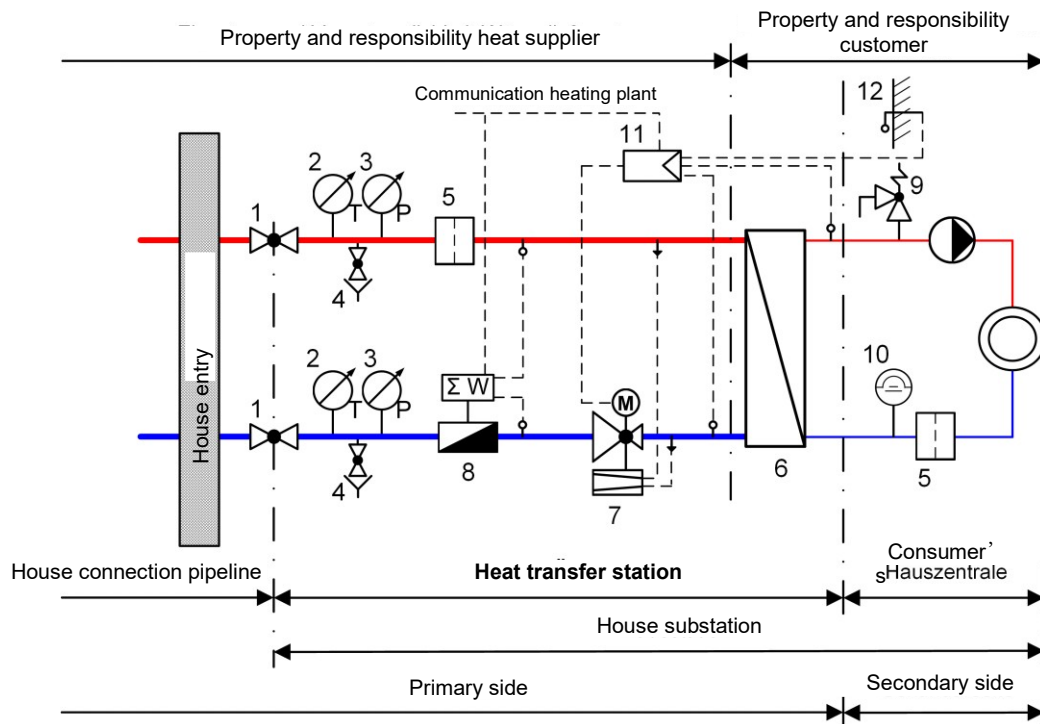


図8.2 区域暖房トランスファステーションの最小要件 [76]



## 9 灰

### 9.1 灰の蓄積

木材燃料を使用してエネルギーを発生させると、木材灰はさまざまな量と品質で生成されます。これらは、水や土壌を保護するために、環境に配慮した方法で廃棄またはリサイクルする必要があります。品質の点では、木材燃焼中に発生する木材灰は、木材入力重量の0.5～8%の順である。灰の最低割合はペレットに含まれています。最高のペレット品質（Enplus A1）は最大で

0.7%灰の重量です。木材燃料を使用する場合は、次のようになります

高いパークおよび針材の内容および多くの不純物か無駄な木、灰の内容は重量によって8%まである場合もある。目安として、木屑を使用した場合の公称ボイラ出力1 MW当たりの年間灰アキュムレーションは約10 t/a～20 t/a、木屑を使用しない場合は約8 t/a～15 t/aとすることができます [80]表9.1に、年間灰生成量を示します

オーストリア、ドイツ、スイスでは、薪を使ったシステムが採用されています。エネルギー源としての木材の使用量が増加したことから、今後はこの量が増加すると予想されます。

表9.1年ごとのトン乾燥物質の灰の生産量[ t dry matic/A] (オーストリア、2017年)、ドイツ(2015年)の木材発砲システムによるもの) およびスイス(2018)、出典 ([81] [82], [83]).

Country and origin of the ashes	Ash accumulation t TS/a
Austria total	254,000
Germany total	> 1,000,000
Switzerland total of which:	72,000
Plants < 50 kW	18,000
Grate ash plants > 50 kW	41,000
Cyclone fly ash plants > 50 kW	9,000
Filter ash plants > 50 kW	4,000

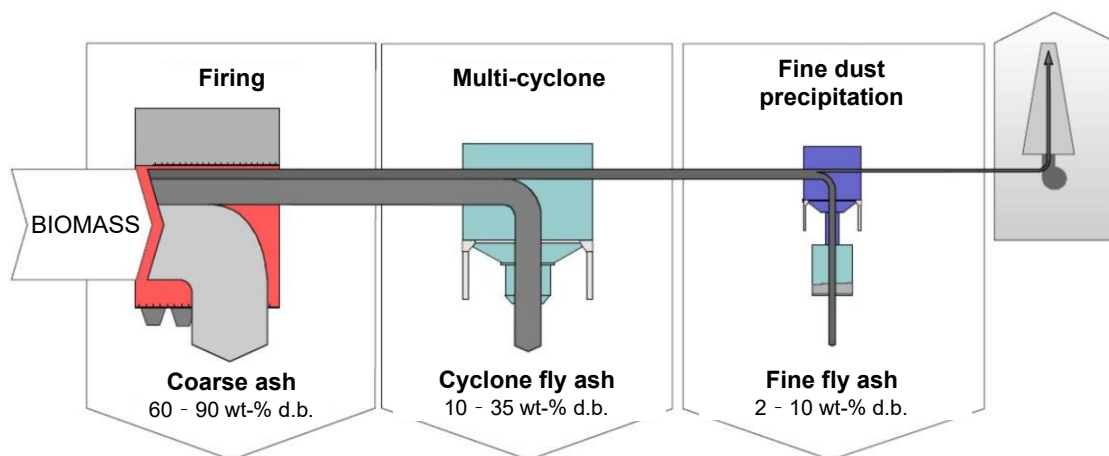


図9.1 さまざまな灰の割合 (%) を重量 (乾燥ベース) [81]で表したもの

### 9.2 灰

#### 灰の蓄積

大型の自動木材燃焼システムでは、灰蓄積の位置と粒子サイズに基づいて、以下の分数が区別されます ( 図9.1参照)。

- 粗い灰 (灰、ボイラー灰、ベッドアッシュ)
- サイクロン飛灰 (サイクロン灰、飛灰、ボイラー飛灰)
- ファイン飛灰 (フィルター灰) です。

#### 火格子灰

粗灰 (流動床炉の場合は、ベッド灰と呼ばれます) の割合は、総灰の重量の60～90%です。粗い灰は炉の燃焼セクションで生成され、主に鉱物の残留物である。燃料の種類と汚れの程度によって異なります。

この灰の割合は、砂、土、石などの異物の付着物と混じっていることが多く、粗い灰の割合が増加します。廃棄物や残留木材の場合、主に釘、ヒンジ、セメント残留物などの不純物による粗い灰の割合が顕著です。これらの非可燃性部品は主に底灰として堆積します。一方、重金属や塩などの揮発性成分は、ガス相にまます移行され、その結果、サイクロンやファイン飛灰の濃度が上昇します。バーンアウト品質は、粗い灰の割合にも大きな影響を与えます。これの1つの指標は、灰のTOC含有量 (「全有機炭素」) です。TOCの含有量が高いと、未燃焼の物質が大量に存在し、特定のリサイクル経路 (セメント業界など) や埋立てが不可能になります。後者の場合は、各国固有のTOC制限が適用されます。粗灰には、燃焼設備の定期清掃時に燃焼室やボイラーに蓄積する灰や堆積物も含まれます。

燃料（廃材）に不純物が混入すると、灰の融点の温度が低下します。これにより、火格子や壁の上でのスラグやケーキが発生し、燃焼室の温度が高くなりすぎます。冷却すると、ケーキがガラスのようになり、取り外すのが困難になります。

**サイクロン飛灰**

灰の重量の10～35%がサイクロン飛灰として蓄積されます。これは、排ガスで搬送され、ボイラのサイクロンセパレータ（マルチサイクロンセパレータ、遠心分離器）の下流に蓄積される、無機物の無機物の固体燃料コンポーネントで構成されています。サイクロン飛灰の粒子サイズは十分に大きく、重または遠心力で分離できます（5.8章を参照）。

**ファイン飛灰**

ファイン飛灰の含有量は2～10%で、粒子サイズが非常に小さいため、流体のように振る舞い、排ガスの流れとともに運ばれます。そのため、ボイラーおよびサイクロンセパレータの下流に取り付けられた機械式または静電気式粒子セパレータ（静電沈殿装置、ファブリックフィルタ）またはスクラバーでのみ分離できます。スクラバー（排煙凝縮）では、フィルター灰が凝縮汚泥として蓄積します。

**9.3 灰の組成**

灰の組成は、使用する燃料の種類、バーンアウト品質、発生場所によって異なります。未処理の木材からの灰は、主に鉍物、アルカリ金属、塩で構成されています。リンとカリウムは栄養素として適切な量で含まれています（表9.2を参照）。また、カルシウムやマグネシウムなどの他の多数の関連する亜スタンスや、マンガンや硫黄などの微量元素も存在します。

表9.2. 未処理木材の燃焼によるさまざまな灰分に含まれる関連栄養素の割合（乾物重量パーセント） [84]

Nutrients	Grate ash [wt-%]	Cyclone ash [wt-%]	Filter ash [wt-%]
Calcium CaO	32 - 48	25 - 46	25 - 40
Magnesium MgO	5 - 7	3 - 5	3 - 4
Potassium K2O	4 - 6	4 - 9	7 - 21
Phosphorus P2O5	2 - 5	2 - 5	2 - 4
Sodium Na2O	< 1	< 1	1 - 2

しかし、灰には、重金属ヒ素、鉛、カドミウム、クロム（など）などの関連汚染物質も含まれています

表9.3代表的な重金属含有量は、さまざまな木材燃料とさまざまな灰の燃焼による、mg/kg乾燥灰中の灰の成分ファイン・飛灰では、乾燥した電気集塵器からの灰のみが考慮されました [84] [85] [86]。

総クロムまたはクロムIII、およびクロムVI）、銅、ニッケル、水銀、および亜鉛（表9.3を参照してください）。これらは最も良い飛灰の特に高い集中で見つけれ、廃材で最も高いである。しかし、未処理木材の燃焼による灰には重金属が含まれています。これらは根を通して生命の間に木によって吸収され、灰の集中した形態で見つけられる。廃材の場合、重金属は燃料内のフィッティング、塗料、コーティング、異物から発生します。湿った電気集じん器からの灰は、乾いた電気集じん器からの灰よりもかなり高い重金属含有量を持っています。

クロム-VIは、最も毒性の高い重金属の1つです。これは、土壌からの木によってクロムIIIとして吸収され、木材が焼失したときに熱過程で酸化されてクロムVIに吸収されます。この酸化は主に使用されている木材の種類の中で不存在となり、実際には燃焼手段の影響を受けません。クロム-IIIとは対照的に、クロム-VIは水溶性が高く、毒性が高く、変異原性と発がん性があります。このため、火気を取り扱う際は、火気を使用して粉塵を避け、適切な個人用保護具を使用するように注意する必要があります。

クロム- VIは主にクロムIIIとして存在するので、湿潤灰除去システムを持つプラントからの粗い灰にわずかな役割しかありません



図9.2木質灰をごみ埋立地に埃のない形で堆積（出典：Amstutz Holzenergie AG/Holzenergie Schweiz)

特定の条件下では、灰の経年劣化と水の添加により、クロムVIがクロムIIIに戻りますただし、このプロセスにはスペースと時間が必要であり、鉄- II硫酸塩などの還元剤を添加することで加速することができます。

Heavy metal	Natural wood			Waste wood			Waste wood		
	Coarse ash	Cyclone fly ash	Fine fly ash	Coarse ash	Cyclone fly ash	Fine fly ash	Coarse ash	Cyclone fly ash	Fine fly ash
Antimony Sb	< 10	< 10	< 10	10 - 31	< 30	n.a.	10 - 790	n.a.	50 - 810
Arsenic As	< 1	n.a.	< 15	n.a.	n.a.	59 - 140	13 - 41	< 60	20 - 290
Lead Pb	2 - 45	10 - 70	33 - 266	6 - 350	180 - 1,182	n.a.	10 - 2,144	< 8,500	< 50,000
Cadmium Cd	1 - 6	21 - 36	3 - 81	3 - 30	16 - 30	n.a.	10 - 100	< 70	5 - 590
Chromium Cr total	12 - 325	127 - 189	101 - 332	72 - 747	78 - 212	n.a.	109 - 873	< 1,415	< 404
Chromium Cr-VI	3 - 14	n.a.	4 - 47	7 - 13	n.a.	42 - 66	3 - 66	n.a.	3 - 62
Copper Cu	100 - 996	120 - 350	84 - 630	< 372	< 288	< 820	170 - 2,800	n.a.	< 422
Nickel Ni	42 - 80	10 - 79	28 - 99	∅ 113	∅ 61	n.a.	23 - 412	∅ 167	∅ 74
Mercury Hg	< 0.05	< 0.1	< 3.5	< 0.5	< 0.7	n.a.	< 0.5	n.a.	< 1.0
Zinc Zn	22 - 738	1,271 - 2,469	22 - 25,177	∅ 503	∅ 3,656	n.a.	1,234 - 22,000	∅ 15,667	∅ 164,000

さまざまな灰の断片の組成は、そのリサイクルの可能性だけでなく、廃棄の種類と費用もさまざまです。さまざまな国で、さまざまな枠組みの合意が適用されます。「今日の無駄は明日の原材料です」したがって、今後のリサイクルを視野に入れて、3つの灰の分画を新規の大型プラントで個別に収集すること、またはその後の灰分離のために事前のビジョンを作成することをお勧めします（6.8章を参照）。

しかし、現在および将来の利用可能性は、灰の品質に大きく左右されます。これは、プラント運転中に次のようにプラスの影響を受ける可能性があります [87]

- 燃焼システムに適合した燃料を使用します
- 燃料に不純物が混入しないようにします
- 燃焼システムのパラメータを正しく設定します（一次空気が多すぎるとスラグが発生し、一次空気が少なすぎると未燃焼の燃料含有量が増加します）。
- 火格子温度を下げます（水冷、一次排ガス再循環）
- 急激な負荷変化を伴わずに継続的に動作します
- 暖房プラントの正しい貯蔵である。

## 9.4 廃棄およびリサイクル

木屑は基本的に廃棄するか、またはリサイクルすることができます。次のオプションを使用して廃棄できます ([81] [82] [88])。

- 埋立地に堆積
- 鉱山の埋め戻し（安定化効果により回復の一形態とみなされる場合もあります）。

リサイクルには、次のオプションがあります。

- セメントやコンクリートの産業用途（集約材料や原材料など）
- 道路工事でのリサイクル
- 農業肥料として使用
- 森林の中では、代償性のあるライミングに追加
- 貴重な物質の回収

セメント産業での産業利用の前提条件は、十分な量が一貫した高品質で生産されることです。そのため、この目的のために考慮できるのは非常に大きい燃焼設備だけです。灰分画を乾式で別々に収集することが重要です。異物、不純物、未燃焼材料の割合が高いため、セメント産業での使用は不可能です。この点でそれほど要求が厳しくないのは、いくつかのコンクリートの品揃え（「リーンコンクリート」）の製造に利用することです。

原則として、道路工事の基礎材として木質灰を使用することができます。ただし、その場所が水保護区域や水地質学的に敏感な区域、洪水の平原の外にある場合に限りです。灰は、アスファルトやコンクリートの水不透過性表面層であり、結合ベース層（霜保護層または砂利ベース層）、結合ベース層（油圧または強直）、または道路の盛土（部分構造）として機能します。設置および取り扱い中は、健康および安全上の理由から、粉塵を避ける必要があります。

木質灰には植物栄養素が含まれているため(表9.2参照)、肥料として最適です。その重金属含有量のために、未処理の木材の燃焼からの粗い灰だけがこの目的に適しています。有機成分（堆肥、発酵製品）と組み合わせることで、有機農法でも使用できる有機鉱物肥料を生産することができます。気候変動の場合、水の吸収と貯蔵の基本的な要求事項として、カリウム (K<sub>2</sub>O) は「干ばつ耐性元素」として、石灰 (CaO) は同程度の重要性を示しています。農業に使用する条件としては、ドイツのRAL品質ラベルなど、厳格な品質保証があります。農業肥料としての使用は、国別の規制の対象となりますが、場合によっては、互いに大きく異なる場合があります（第19章を参照）。

バーデン・ヴュルテンベルク州では、最近、森林の代償性石灰処理の混合物として木質灰を使用することが確立されました。混合物中の最大灰分は30%を超えてはならず、70%はドロマイト石灰です。15年以内に、haあたり最大2.5トンの灰を

適用できます。ここでも、未処理の木材の燃焼による品質が保証されたボトム灰のみが許可されます。

廃棄物リサイクル工場のスラグと同様に、将来的には貴重な物質の回収にも木材灰が使用される予定です。様々な国で事業が進められています（廃木材炉からのファイン飛灰からの亜鉛の回収など）。

木材灰の回収および廃棄経路は、国の法律、指令、規制に大きく依存し、場合によっては複雑になります。一部の国における状況については、以下で説明します。記載されている規制は、第 19章の収集フォームにも記載されています

### 9.4.1 スイスの状況

スイスでは現在、処分に重点を置いています。対応する廃棄物条例 [89] は、図9.2に従って木材灰の埋立処分を行います

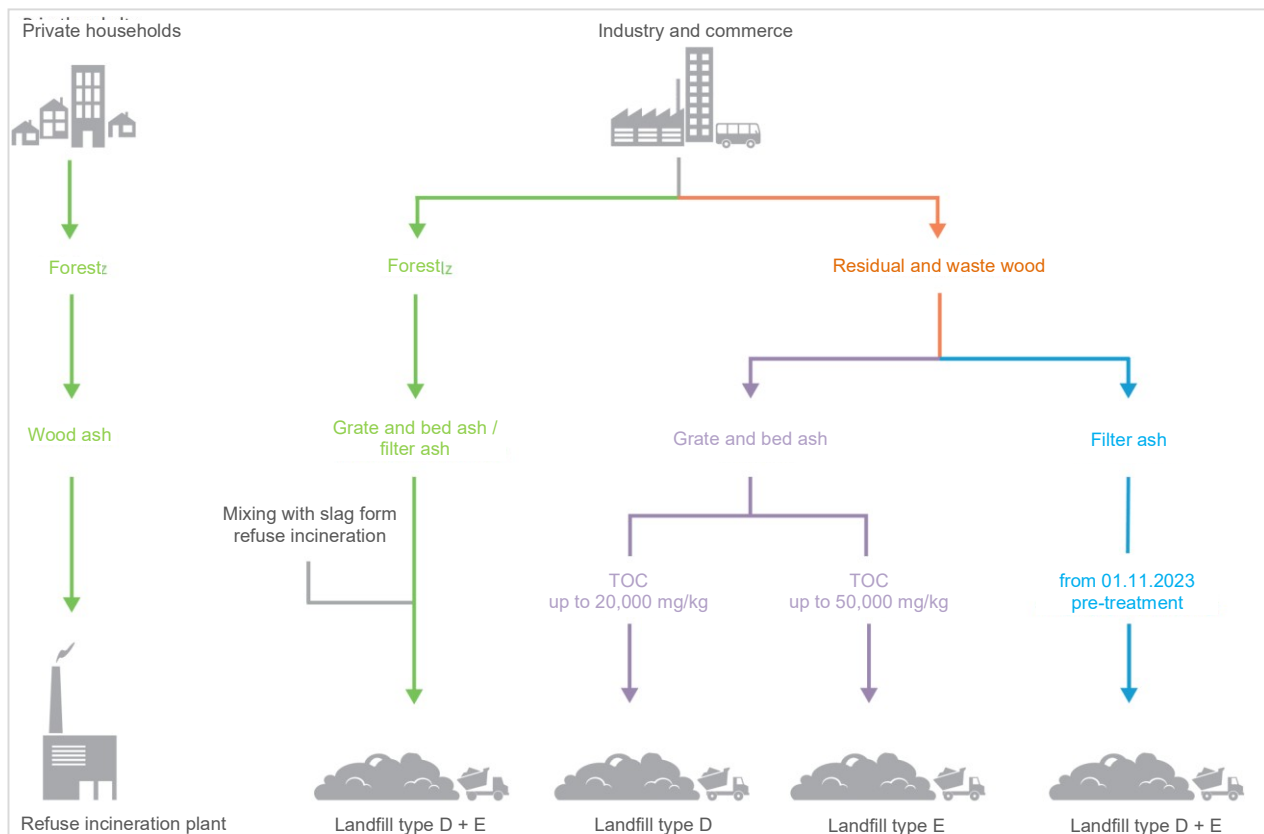


図9.2 図9.2スイスの廃棄経路（TOC ...全有機炭素、スイス廃棄物条例による埋立地タイプ） [89]を参照してください。



小さな植物の木材灰はごみ焼却場で処分してください。大規模な植物の森林や残留木材の焼却による灰、サイクロン、フィルター灰は、D型およびE型の埋立地に廃棄します。また、廃棄物焼却炉の灰もD型、E型で廃棄することができます。また、大量の遊離鉄を含む廃棄物焼却処分のスラグも、この2つの埋立地に廃棄されます。クロムVIは、適切に混合すれば、すぐにクロムIIIに縮小されます。Dタイプの埋立てでは、灰はTOCの最大許容量である20,000 mg/kgを満たしている必要があります。Eタイプの埋立てでは、TOCの上限は50,000 mg/kgです。廃棄物条例によると、廃材の焼却によるフィルター灰は、2026年1月1日から処理する必要があります（重金属の回収）。

この実施は、将来の実施支援である「環境保護局（FOEN）の焼却残留物、パートII、木質灰」に詳細に規制される予定です。また、埋立ての処分が必要となるパフォーマンス制限も定義します。

現在の規制により、農業および林業用肥料としてのリサイクルは可能ではありません。産業利用は始まったばかりです。この理由の1つは、スイスのプラントフリーの平均容量が比較的小さいことです。このため、現在、地域プーリングシステムの設定に取り組んでいます。

### 9.4.2 ドイツの状況

ドイツでは、Bundesg ü tegemeinschaft Holz asche e.V.（連邦品質協会）は2010年頃開始され、未処理の木材燃料からの粗灰の品質保証システムを設定しました（廃棄物カタログ条例による [90]による廃棄物コード番号100101）。目的は、リン、カリウム、マグネシウムなどの植物栄養素に応じて木材灰を分類すると同時に、基本的な活性物質と同様に、特に重金属の汚染物質の限界に準拠することである。

品質保証システムの基礎は肥料および肥料のための原料として木灰のためのいわゆる「品質管理マニュアル」である。認証された木材灰は、認証手順が正常に完了した後、RAL品質ラベル「Fertilizer」（RAL-GZ 252）を受け取り、モニタリング手順に永久的に残ります（[www.holzaschen.de](http://www.holzaschen.de)を参照）。

このラベルは、Besgü tegemeinschaft Holz asche e.V.によって、Besgü tegemeinschaft Kompost (BGK)に基づく独立機関として授与されます。未加工の木材からの灰に加えて、ストローなどのバイオマス燃料からの適切な灰分画もラベル RAL-GZ 252 ([www.kompost.de](http://www.kompost.de))を取得できます。

木材灰の品質保証は、廃棄物処理法（KrWG [91]、BioAbfV [92]、DepV [93]）および肥料法（D ü MV[94]、D ü ngG [95]、D ü V [96]）の関連規定の枠組みの中で、リサイクル経済概念を実現することを目的としています。従来の農業や有機農業では、高品質で安定した木材灰が、最小限の肥料に取って代わります。

森林に石灰を維持し、持続可能で資源を節約する生物経済に貢献します。廃棄される廃棄物は、廃棄可能な製品に変換されます。ここでは、経済的側面が決定的な役割を果たします。品質保証の追加人員および財務コストは、肥料の収益および以前の廃棄方法での節約によって相殺されます。

たとえば、埋立てなどです。連邦排出管理法（BlmSchG）に準拠した許可を持っている石灰工場（ミネラル肥料）と堆肥化プラント（有機ミネラル肥料）は、木灰を受け入れ、処理し、精製する運命にあります。

未処理の木材を使用した植物からの粗い灰の場合、ドイツでは依然として専門家による埋め立てが最も一般的な処分経路です（廃棄物カタログ条例によるAVV 100101） [90]。原則として、これらは汚染されているが危険ではない鉱物廃棄物のためのDepVに準拠したクラスDK IIの埋立地であり、その作業員は専門の廃棄物管理会社として認定されています。灰を認可された輸送会社に引き渡す前、または埋め立て地に直接配達する場合は、必ず廃棄物生産者が申告分析を提出する必要があります。これは、専門的なラボで、現場での専門的なサンプリングによって採取された材料サンプルに基づいて作成されます。パラメータは、重金属、溶存固形物、光熱残留物（最大 5%）は、埋立て規則によって規制されています。

未加工の木材（廃棄物リスト [90]に準拠したAVV 100103）を使用した植物からのフィルター粉塵は、サイクロンの飛灰であれば、物質の分析と埋立地の承認に応じて、個々のケースで表面埋立地に堆積することができます。これは、AVVで\*とマークされた有害廃棄物分画には適用されません（例 AVV 100118有害物質を含む廃棄ガス処理からの廃棄物は、廃棄物カタログ条例[90]に定められています。電気集塵機または繊維フィルターからのこのようなファイン飛灰は、汚染物質を大幅に多く蓄積し、採掘の埋め戻しなどの地下埋立地（DK IV）でのみ保管できます。ドイツでは、地上にあるDK III危険廃棄物の陸上充填は非常にまれです。バイエルン州では、現在アウクスブルク地区には1つの施設しかありません。有害廃棄物の廃棄物生産者および輸送業者は、廃棄物回収および廃棄記録（Na-chwV [97]）の条例に従って検証を行う義務があります。

セメント・建材産業におけるバイオマス燃焼プラントの灰の使用（「木灰のコンクリート」）は、現在シュトゥットガルト大学で試験中です。重要な質問は、コンクリートの耐久性と強度であり、常に関連するDIN規格および適合基準を満たす必要があります。

### 9.4.3 オーストリアの状況

オーストリアでは、木材（植物）の灰は一般に、廃物とされています。2008年の埋立て規則の規定は、埋立処分の決定事項である。火格子灰とサイクロン飛灰（pH値を下げた後）は、沈殿させることができます



重金属含有量が規制制限値 [98]を下回る場合は、危険でない廃棄物（残留廃棄物または大量廃棄物の埋立）の埋立地処理を行います。重金属の限界を超える場合、埋立では危険廃棄物（地下埋立）の埋立地でのみ許可されます。現在、オーストリアで生産されている木材灰の大部分が埋立でされています。また、適切な機会が利用可能な場合は、セメント業界に廃棄会社からの木材灰の供給も集約され、廃棄コストが削減されます。

特定の条件下では、農業や林業の肥料としての木質灰の利用が可能です。木材灰の使用率は、オーストリアの法規定によって現在明示的に規制されていません。そのため、次のようないくつかの法令を遵守する必要があります。

- 廃棄物管理法2002
- 廃棄物条例2003（記録管理者の識別キー）のリスト
- 廃棄物バランス条例（記録保持義務）
- 汚染サイト改善法
- 労働省令
- 肥料法
- 林業法（森林に広がる）
- 水権法
- 連邦州の自然保護法の枠内での肥料の禁止
- 一部の連邦州の土壌保護法

個々のケースで遵守する必要がある法律および条例、または上記に記載されていない他の規制が適用される可能性があるかどうかは、それぞれ個別に確認する必要があります。以下に、一般的には、灰の使用率に関するアプリケーション可能な情報をいくつか示します [80]

原則として、粗灰とサイクロンの飛灰は、灰組成に対応する制限値が満たされていれば、肥料としてのリサイクルに適しています。これらの灰の割合の混合物は、混合物としてすでに発生し、混合物の組成が制限値に準拠している場合にのみ回収が許可されます。フィルターの灰（ファイン飛灰）は、一般的に重い金属含有量が多いため適していません。

灰サンプリングは、公称ボイラー出力および使用目的（農林業）に応じて、10年ごとから年3回までの定期的な間隔で実施する必要があります。灰分析に基づいて、木材灰は品質別に分類されます。達成された品質クラスに応じて、木灰は、それ以上の試験（品質クラスA）を行わずに、または追加の土壌検査を行うことなく、農業および林業の地に分散できます。廃棄物残高条例により、灰の量、発生源、所在を年次電子報告書の形式で記録する義務があります。農業における発酵菌として使用される木材灰は、農業の肥料管理において考慮する必要があります。拡散する場合は、水体からの最小距離を指定する必要があります。

詳細については [80] の概要と [99] の詳細（必要なアプリケーション、レコードなどに関する実用的な実装のフローチャートを含む）をお勧めします。

## 10 経済効率

### 10.1 バイオマスDHプラントの経済効率の問題

バイオマスDHプラントの経済効率を評価する際には、様々な疑問が生じます。最も重要なのは次のとおりです。

- 熱生産コストはどの程度高くなりますか？
- 木質燃焼加熱プラントの経済効率は他のエネルギーシステムとどのように比較されていますか？
- 将来の顧客に提供できる加熱価格はどのくらいですか？
- どの料金体系を選択する必要がありますか（接続料金/基本料金/エネルギー価格/メーター料金）？
- 最も重要な経済的リスクは何ですか？
- プラントの稼働時間中に、経済発展と調整の枠組みの条件（燃料価格、熱再生による熱販売の低下、気候変動、CO<sub>2</sub>価格設定、政治的および社会的環境）をどのように評価する必要がありますか？

経済効率評価の適切な方法の選択は、質問とプロジェクトの状況によって異なります。プロジェクトの初期段階（フィージビリティスタディ）では、経験とガイドラインに基づいた投資と熱生産コストの見積もりで十分です。（第 3.2章も参照）。熱生成および熱分布の投資コストは、第 10.8章のダイアグラムを使用して実現可能性調査のフレームワーク内で推定できますその後、具体的な提案によりコストポジションの精度が向上し、プロジェクト期間中には感度と経済発展が保証されます。次の章では、適切な方法と、上記の質問に回答するために使用できるツールについて説明します。ただし、まず、パフォーマンス評価でプロジェクト参加者間で責任がどのように分散されるかを明確にする必要があります。

### 10.2 責任

バイオマス暖房設備の経済的効果を評価する主な責任は、建物の所有者にあります。原則として、プランナーは、木造加熱設備の経済効率に関する信頼性の高いデータを建物オーナーに提供します。

- 対象となる熱顧客の電力と熱の需要
- 意図された燃料分類のエネルギー含有量と、予想されるフォローアップコストに関する情報（特に低コストの燃料補給に重要です）。
- 投資コストです
- 保守と維持が必要です
- エネルギーコスト。燃料コストと補助エネルギーコスト（需要または消費関連コスト）で構成されます。

計画担当者は、経済効率の計算を実行するときにクライアントにアドバイスできる必要があります。また、計画担当者は、追加的な課題として、クライアントではなく経済効率の計算を実行することもできます。しかし、どのような場合でも、顧客は経済効率の計算に適用する基本的な仮定を決定する必要があります。次のようなものがあります。

- 金利を計算
- プラントコンポーネントの耐用年数
- インフレ率（物価上昇率）
- 運用コストが増加
- エネルギー価格：バイオマスDHプラントでは、燃料の種類や燃料価格の選択も含まれます。
- エネルギー価格が上昇します
- 暖房ネットワークの近代化や拡大・高密度化に伴い、熱需要が高まります。

これらの基本的な仮定については、書面で同意することをお勧めします。

さまざまな顧客に計画された暖房ネットワークで熱を供給する場合、顧客とプランナーの責任は次のように分けられます。

#### 建物の所有者

- 主に収益性の計算を担当します。計算のために基本データの必要性を確認し、重大な質問をする必要があります
- 検討すべき潜在顧客を決定する責任があります
- 接続の推定時間を決定する責任があります（投資コストの削減時間と予想収益に影響します）

#### プランナー

- 負荷プロファイルや予想される年間熱需要など、熱容量の再需要を確実に判断します
- 潜在的な顧客との接続にかかる投資コストを決定する責任があります

### 10.3 バイオマスDHプラントのコスト構造

VDIガイドライン2067 [100]によると、技術的な構築システムのコストを決定する際には、次の4つのコストグループが考慮されます。

- 資本に関連する費用（修理および再生/アップグレードを含みます）
- 消費に関連するコスト
- 運用コスト
- その他のコスト

表10.1に、木材加熱プラントにおける各原価グループへの個別原価タイプの割り当てを示します。

個々の原価タイプの場合、原価は、たとえば投資の比率として、ガイドライン値に基づいて経済効率計算で推定されます

生成された熱の合計または量です。個々の原価グループに割り当てる原価タイプを明確に定義する必要があります。VDI 2067[100]によると、メンテナンスとは、目標条件を維持および復元するための対策を実施することを意味し、コストタイプ「修理」、「メンテナンス」、および「検査」が含まれます。

- **修理**：ターゲット条件を復元するための測定値
- **メンテナンス**：ターゲットの調整を維持するための測定値
- **点検**：実際の状態を判断して評価するための測定値

表10.1に、原価タイプの概要と計算に使用する基本データを示します。ガイドラインの値も一部表示されます。これらは

表10.1木材加熱プラントのコストグループとコストタイプを示します。年間コストを抑制するための基本原則とガイドラインの値です。VDI 2067 [100]とは異なり、保守コストは人件費に含まれています。括弧()の数は、

年金法に基づく経済効率計算、予算残高表、予算収入明細書に使用可能です。計画作成者は、指定された標準値をチェックせずに受け入れることはできません。特定の原価（原価/MWhなど）は、プラントのサイズや全負荷運転時間の数に部分的に依存するため、ガイドライン値を使用できるかどうか、および設定する必要があります。オーストリアでは、ÖKL-Merkblatt 67 [101] がそれぞれの仕様を作成します。これらは基本的に、アンダーカットしてはならない最小要件です。

Cost group	Cost type	Basis for the determination of the annual costs	Reference values
ÖKL-Merkblatt 67 [101]を参照してください			
Capital-related costs	Capital costs of fixed asset components and structural assets (investments)	Investment sums of the plant components, useful life, interest rate	Useful life: see Table 10.2: as specified by the developer or the funding institutions (funding according to [101])
	Maintenance costs (repairs according to VDI 2067 [100])	Investment sums of the plant components, percentage of the investment sum	See Table 10.2
Consumption-related costs	Fuel costs	Annual consumption and calorific value or fuel consumption, fuel price	Effective prices based on offers (additionally minimum price 23 € per MWh raw energy, based on calorific value $H_{u}$ , according to [101]).
	Auxiliary energy (electricity) for heat generation and heat distribution	Percentage of heat (generated or distributed) x electricity price	for heat generation: 1 - 1.5 % of the heat generated for heating network: 0.5 - 1 % of the distributed heat quantity (min. 1.5 % related to the generated heat quantity; 2% for systems with flue gas condensation or electric separator according to [101])
	Operating materials for heat generation (e.g. for SNCR plants)	Price, quantity consumed	Estimate effective costs
	Ash disposal	Fuel input, ash content, disposal method	Estimate effective costs (possibly included in fuel price)
Operating costs	Personnel costs (for operation, cleaning, maintenance, inspection, without administration)	Percentage of investment costs, heat generation	by 1.5 % of the investment costs for heat generation (at least 2.5 - 5 € per MWh of heat generated according to [101])
	Rents, leases, concession fees	depending on the individual case	Estimate effective costs
	Chimney sweep, exhaust gas inspection, emission measurement	depending on the individual case	Estimate effective costs
Other costs	Insurance, taxes, general charges, administrative costs	Percentage of the investment sum	0.5 - 1.5 % of the total investment

収益性計算のために想定される耐用年数は、建物の所有者と、場合によっては潜在的な資金調達機関（銀行、資金調達機関など）と一緒に決定する必要があります。耐用年数を決定する際には、必ずしも技術的な耐用年数に依存しているわけではないことに注意する必要があります。また、この耐用年数は、ニーズや技術開発の変化にも影響されます。さらに、多くの場合、各要素が技術的な耐用年数に達したかどうかに関係なく、改装中に複数の建物要素が同時に置き換えられます。

表10.2耐用年数と修理費用の値

Trade	Duration of use	Special maintenance costs
	Years	%
Wood-specific plant components*	20	3.0
Peak load specific plant components*	20	2.0
Hydraulics	20	2.0
Electrical and building services installations	20	2.0
Structural facilities and access	50	1.
Main network (incl. pipelines and earthworks)	40	1.
Heat transfer station	30	2.0
Vehicles	15	3.0
Planning**	averaged	-

\* incl. regulation and control  
 \*\* The averaged useful life for planning must be weighted with the planning costs for the individual trades or the planning costs must be allocated to the individual trades.

VDIガイドライン2067 [100] には、表10.2の詳細および一部の逸脱情報が記載されています。VDIに基づく計算では、VDIガイドライン2067の情報を使用する必要があります。

## 10.4 経済効率の計算

### 10.4.1 はじめに

経済効率の計算では、発熱量と分配コスト、運用コスト、保守コストが決定されます。バリエーションの比較では、さまざまな暖房システムまたはデザインのバリエーションをコストの観点から比較できます。経済効率の計算は、熱販売の価格設定と価格設定の基礎にもなります。

バリエーションを比較するには、投資コストに加えて、各バリエーションの熱生産コストを決定する必要があります。熱生産コストを比較することで、の耐用年数を完全に比較することができます。

システム熱発生コストの計算方法は、実際には一般的に使用され、10.4.2章で説明されています。

暖房ネットワークの経済発展を評価するためには、数年かけて経費とリターンを計算する必要があります。このため、正味現在価値法（NPVメソッド）は非常に適しています。この方法では、投資の実効（内部）金利（IRR）を計算できます。バイオマスDHプラントのQMの経済効率ツールは、内部の回収率に基づいています（10.7章を参照）。

通常は寿命が長く、入力データの価格上昇やその他の将来の変更が重要なエネルギーシステムの分析では、動的計算方法の使用が推奨されます。これらの方法では、期待される変更が行われます。

検討期間は、システムの耐用年数全体の年間コストを予測できるように、統計平均値を推定または指定します。一方、静的な計算方法では、の時点で存在する条件のみが考慮されます。

profitability analysis. 通常、15年以上の観察期間では、動的な方法から大きな逸脱が生じる可能性があります。多くの場合、動的メソッドでは、そのために消費としての簡略化を行うことができます。

単純な合計式は経済効率計算に使用できるため、計算の労力は静的な方法よりも大幅に大きくなりません。

最も重要な動的計算方法は

- Net Present Valueメソッド
- 年金法
- Net Present Valueメソッド

### 10.4.2 熱生産コストを年金法で計算

通常、熱生産コストの計算には、年金法が使用されません。詳細については、VDIガイドライン2067 [100]を参照してください。年金方式では、当該期間に発生する年間費用のうち、当該期間に発生するものを決定します。年間コストは、資本コスト、運用コスト、エネルギーコストで構成されます。資本コスト ( $I \cdot A$ ) では、耐用年数（プラントの寿命）を超えて投資に利息が支払われ、返済されます。運用コストは、保守コストと人件費で構成されます。エネルギーコストは、エネルギー源ごとの補助エネルギーを含む予測エネルギー消費によって発生します。年間の運用コストとエネルギーコストは、潜在的な開発 ( $d \cdot a$ ) を考慮して資本コストに加算されます。

熱生産コストに関連するコスト項目は、国/地域、所在地、一般条件、建設方法、賃金構造に大きく依存します。エネルギー価格、インターフェイス等、ガイドライン値の表示は意図的に省略されています。変種の比較との関連で、熱生成コストを他のソリューションと比較すると、多くの場合、より有用になります。

年間コストの計算  $K$  :

$$K = I * a + A * d * a$$

- K** Annual costs [EUR/a; CHF/a]
- I** Investment costs (per plant component) [EUR; CHF]
- A** Annual operating costs [EUR/a; CHF/a] consist of:
- Maintenance and repair costs
  - Energy costs (fuels and auxiliary energy)
  - Other costs
- a** Annuity factor [-], calculated from:
- $$\text{für } i = 0: a = \frac{1}{n} \quad \text{für } i > 0: a = \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$
- i** Calculation interest rate [%]
- n** Observation period [a] (useful life)
- d** Present value or discount factor [-] calculated from:
- $$d = \frac{(1+e)^n}{(1+i)^n}$$

**e** Annual price increase [%]

ただし、想定される耐用年数は、建物の所有者、貸出機関（銀行）、または可能な資金調達機関によって指定することもできます。

多くの場合、VDI 2067で詳しく説明した方法と比較して、次のような単純化が可能です。

- 投資は、検討期間の開始時にのみ行われます。
- 検討期間は投資の有効期間に相当します。これは、非検討期間内に再配置を行う必要がなく、検討期間の最後に残存価値がないことを意味します。

耐用年数が考慮期間に該当しない場合は、次の点を考慮する必要があります。

- 耐用年数が「考慮」期間より短い場合は、それに応じて交換投資を考慮する必要があります（初期投資に現在の価値を追加します）。
- 検討期間の終わりに耐用年数がまだ達成されていない場合は、残存価額の現在値によって投資額が減少します。

年間コストを、年間に発生する予定平均有効熱で除算すると、熱生成が発生します

コスト  $k$ :

$$k = \frac{K}{Q_{\text{use}}}$$

**k** Heat production costs [EUR/MWh; CHF/MWh]

- I** **K** Annual costs [EUR/a; CHF/a]
- Q<sub>use</sub>** Useful heat generated annually [MWh/a] (in combined heating networks, the heat production costs can also be related to the sold heat)
- k** Heat production costs [EUR/MWh; CHF]

また、年金法に基づく熱生産コストの計算も含まれています。たとえば、経済収益性計算ツール（10.7章を参照）やオープンソースソフトウェアの

Sophena [102]などです。さらに、多くのプランナーが、年金法に基づく経済効率計算のためのスプレッドシートプログラムでツールを開発しています。

実際には、年金の方法は、銀行ローンの現在の金利を計算金利として使用し、価格の上昇（インフレ）を考慮しないことによって単純化されることがよくあります。したがって、年金の方法は、将来の変更を考慮しない静的な考慮事項になります。これにより、コスト構造が異なるシステムでかなりのエラーが発生する可能性があります。ただし、資本連動コストタイプのシェアが類似しており、利用期間全体にわたってすべての消費コストタイプと運用連動コストタイプで同等に高い価格上昇が想定できる場合は、現在の金利とのシステム比較で、価格上昇はありません。予備調査の文脈では十分です。

通常、この手順だけでは、選択したシステムとその手のプロジェクトを経済的に運用できるかどうかを処理するには不十分です。システムの耐用期間中の経済状況を評価するためには、常に、暖房ネットワークを備えたシステムのための事業計画を作成し、数年にわたる経済的な開発の場を検討する必要があります（10.6章および10.7章を参照）。

### 10.4.3 正味現在価値法 (NPV) と内部回転率 (IRR)

第10.4.2章で説明した年金法では、プロジェクト期間全体の平均コストが計算されます。通常、バイオマスDHプラントへの投資は耐用年数が長く、数年で回収できるため、長期的な経済発展を評価することは理にかなっています。この目的のために、正味現在価値 (NPV) メソッドは非常に適しています。このメソッドは、投資の実効（内部）回収率 (IRR) の計算にも使用できます。10.7章で説明した収益性ツールでは、これらの方法を使用します。

内部収益率は、耐用年数における既得資本の平均収益率です。この計算では、変動する収入（顧客からの支払い）と支出（エネルギーコスト、メンテナンス）を考慮し、平均年間収益を決定します。求められる利率は、計算時に正味現在価値がゼロになる金利です [103]

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{e_t - a_t}{(1+i)^t} + \frac{L_n}{(1+i)^n}$$

- t** Time index, where  $t = 1, 2, \dots, n$
- n** Useful life of the investment in years
- i** Discount rate (calculation interest rate)
- I<sub>0</sub>** Disbursements in connection with the procurement of the investment object, e.g. purchase price of a machine
- a<sub>t</sub>** Payments during the useful life, due at the end of the respective time period  $t$ , such as



payments for fuel, wages, maintenance and repair

et Payments received during the useful life, due at the end of the respective time period t, such as revenue from the sale of energy

$L_n$  Liquidity proceeds at the end of the useful life

内部金利を決定するためには、上記の等分はiに従って解決されなければなりません 2期間を超える投資対象の場合、数学的にはかなりの困難が生じるため、適切な合致ソリューションを使用する必要があります。この手順は、フロー [103]として行われます

- 計算金利は、計算された資本価額が可能な限りゼロに近いが、まだ正の値であるかどうかを判断します。
- 計算金利は、計算された資本価額が可能な限りゼロに近いが、まだ正の値であるかどうかを判断します。
- 2つの値を決定すると、資本値がゼロになる金利が補間によって計算されます。

Excelなどの最新のスプレッドシートプログラムには、これらの計算を単純化する関数があります。

**投資対象の内部金利の計算値が計算金利よりも大きい場合、投資は経済的であるとみなされ、その逆も同様です。**

### 10.4.4 バリエーションの比較

木質燃焼加熱プラントを使った暖房設備の発熱コストを調べるには、第 10.4.2 章で説明した手順を適用します。検討期間中の1年目の熱生産コスト（価格上昇は関係ありません）と平均熱生産コスト（名目アプローチ）のどちらを計算するかを区別する必要があります。名目上のアプローチのみが、検討中の期間にわたって平均熱生成コストが可能な限り正確に決定されることを保証します。

木質燃焼加熱プラントの種類を比較する場合、以下に説明する計算方法を実際の方法で使用できます。これは、通常の方法よりもはるかに簡単に実行できます。

このように、比較された熱生成バリエーションの関係は正しく反映されます。ただし、計算のシミュレーションの精度が低下するため、計算された熱生産コストが実際のコストと異なる場合があることに注意してください。

このため、耐用年数の終了時に資産を交換する場合は、実際には元の投資と同じ価格であることが前提となります。

実際の金利は、一般インフレ率にアクセスした場合の金利を表し、金利とインフレ率の差をほぼ表しています。

例名目金利が3%で、一般インフレ率が1%の場合、実質金利は2%です。スイスでは、長期平均実質金利は、1から3%です。

**異なる加熱システムの熱生産コストを比較するときにインフレが考慮されない場合は、実際の金利を計算金利として使用する必要があります。**

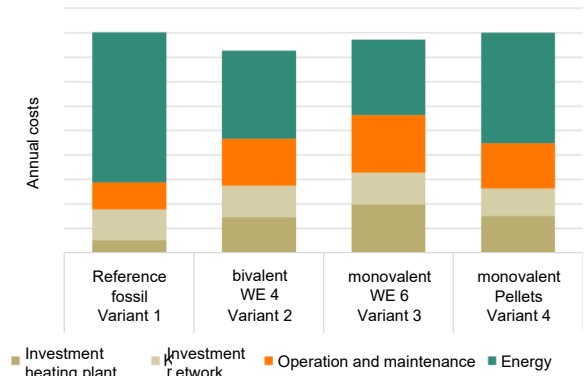


図10.1年間コストを資本コスト、メンテナンスコスト、エネルギーコストに分類

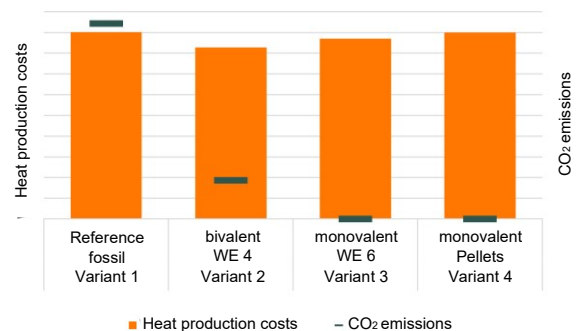


図10.2熱発熱コストとCO2排出量の模範的な比較

### 10.4.5 感度解析

感度解析を使用すると、バリエーション比較の結果に対する個々の入力パラメータの変動の影響を表示し、次の質問に答えることができます。

- 結果変数の値に対して特に強い影響を持つ入力変数はどれですか。
- 入力変数の値は、会社の成功を危険にさらすことなく、どのような制限内で変動する可能性がありますか？

たとえば、コストの超過が投資コストに与える影響、熱販売の削減、エネルギー価格の変動による影響、エネルギー価格の高騰、熱生産価格に対する課税などを計算できます。

図10.3では、さまざまなエネルギーコストに対してさまざまな要因が入力されています。化石エネルギー源と電気は重要であると評価され、その揮発（一時）性は-10%/+20%のアカウントに反映されます。一方、バイオマスの一時的性は

低いと想定されます(-5%/+10%)。そのため、エネルギーコストの安定性が高いため、再生可能な熱発生機の年間コストは化石エネルギー源のコストよりも大幅に低くなるのがわかります。

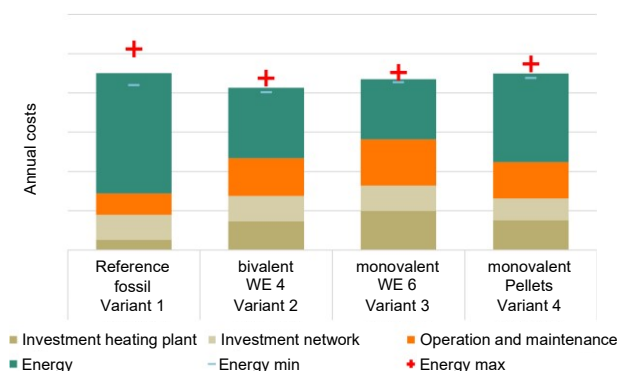


図10.3感度比較「エネルギー価格」による年間コスト

図10.4は、投資コストに基づく感度分析(+20%/-10%)を示しています。再生可能なバリエーションへの投資が大幅に増加していることから、資本コストはベースのバリエーションよりも大幅に変動します。

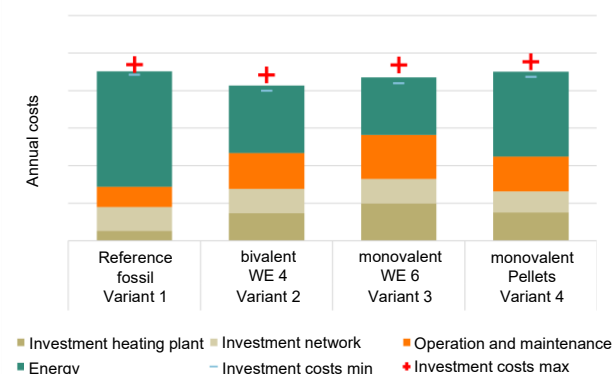


図10.4感度比較「投資コスト」による年間コスト

## 10.5 熱販売の料金体系

第10.3章に記載されている費用は、熱販売の関税構成に含まれている必要があります。コストを消費依存コストと消費非依存コストに分割することは理にかなっています。投資とメンテナンスおよびサービスのコストは、熱販売とは大きく独立しています。燃料の購入費用と補助エネルギーの電力コストは、生産されるエネルギーに依存するため、消費コストが再調整されます。

地域暖房の関税構成は、多くの場合、次の3つまたは4つの要素で構成されています。

- **1回限りの接続料金**：建設および住宅の接続に関する顧客の投資コストの割合です。支払いは1回だけ行われます。通常は、住宅の接続が完了した後に行われます。

- **サブスクリプション容量のkWあたりの年間基本価格**消費から独立した固定費には、基本価格が適用されます。接続料金によっては、投資費用の一部を基本価格で資本コストとして請求する必要があります。
- **エネルギー価格**：供給された熱のエネルギーコスト。顧客のキャリブレーション済み熱量計で請求されます。燃料費に加えて、補助エネルギー、熱分配損失、その他の消費依存コストもエネルギー価格に含まれています。
- **メーター課金**：また、料金体系にはメーター料金が含まれる場合があります。メーター料金は、メーター機器とその保守/校正の費用を対象としています。料金の合計金額のメーター課金の割合は小さいです。

定期的な価格（基本価格およびエネルギー価格）は、定期的に（年単位など）インデックスが作成され、調整されることがよくあります。国や地域によっては、消費者物価、エネルギー価格（暖房用石油、ガス、電気、エネルギー、薪など）、人件費、建設費など、さまざまな価格指数が用意されています。たとえば、労働価格はエネルギーまたは燃料価格指数と一般消費者価格指数を使用して指数化できます。

価格変動条項は、会社による製造コストと熱供給コストの発生と、熱市場におけるそれぞれの条件の両方を適切に考慮して作成する必要があります。関連する計算要素を完全に理解しやすい形式で表示する必要があります [104]

関税構成、間接価格構成要素の決定方法、価格指数調整方法は、熱供給契約又は適用される補足（関税表など）に詳細かつ詳細に指定する必要があります。インデックス価格の場合は、基本価格、名称、参照年、およびインデックスのソースに加えて、調整が有効になるしきい値と計算式を指定する必要があります。エネルギー供給および請求に関する価格および契約の設計に関するすべての法律、規則、ガイドラインを遵守する必要があります。熱供給契約の法的に安全な設計のために、この分野で経験した法律事務所から法的助言を求めるとをお勧めします（また、少数の顧客しかいない小規模システムの場合も同様です）。熱供給契約およびそこに含まれる技術的な接続条件は、負荷の挙動と流量および戻り温度を最適化するためのモチベーションと単一のオプションがあるように設計する必要があります。そのためには、いわゆる「動機付けの関税」がますます利用されています。これらは、たとえば、これに応じて熱価格のボーナスまたはマルスを計算するために、戻り温度または特定の体積流量を考慮に入れます。制御バルブの詳細については、「地域熱ネットワークの計画に関するハンドブック」（[19] 8.4.4章）を参照してください。

図10.5は、関税構成に基づく熱網作業のコスト配分を示しています。分配器は、個別に、およびシステムオペレータによって決定されます。たとえば、1回限りの接続料金が免除される場合、リスク配分を含む投資コスト全体を資本化し、基本価格に含める必要があります。

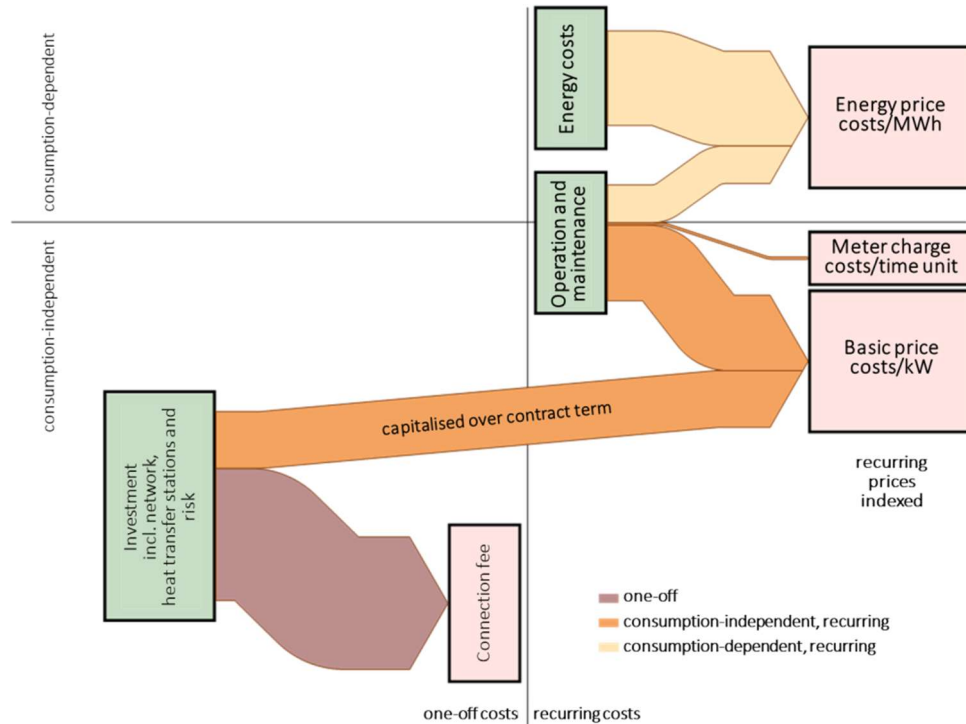


図10.5料金体系に基づくコスト配分を示します。

## 10.6 ビジネスプラン

### 10.6.1 構造と内容

事業計画では、会社で実施する必要があるビジネスの概念または計画を記述します。バイオマス暖房設備の建設と運用、特に地域暖房ネットワークもこの意味での事業であり、事業計画が必要です。したがって、ビジネスプランは、企業の品質に関する情報を提供する手段となります。優れたビジネスプランは、融資と顧客獲得に役立ちます。次の説明については'ビジネスプランは次の2つの部分で文書を優先します

**1. テキスト:** これは、製品、サービス、顧客、およびマーケティングの観点からのビジネスアイデアの書面による定式化としてのビジネスプランです。事業計画では、事業の発展に関する情報を提供し、リスクの評価を行います。

加熱ネットワークでは、さまざまなネットワーク拡張モデルの影響を示すことが重要です。

**2. 財務: 予算計上された貸借対照表と予算計上された収入明細書** は、予定された来収と支出、補助金、資金調達、流動性計画に関する情報を提供します。予算計上された貸借対照表と予算計上済みの記述は、通常、最低20年を対象としています。

ビジネスプランは、これら2つの部分で次の要素をカバーする必要があります。

- エグゼクティブサマリー (最大2ページ)

- 会社名：設立チーム、会社概要、会社目標などがあります
- 製品またはサービス：顧客、開発の現状、生産に役立つ利点とメリットを提供します
- 業界と市場：業界分析、市場分析、市場区分、対象顧客、競合、位置分析などです
- マーケティング：市場参入、マーケティング、セールスコンセプト、セールスプロモーションです
- 管理と重要な位置
- 実装計画を作成
- 機会とリスク
- 財務セクション：今後20~25年間の計画：人事計画、投資および非推奨計画、予算化された利益および損失勘定、財務要件を示す信頼性計画です。
- 感度分析は、投資計算の補足として、最も重要な入力変数を変化させることで次の質問に答えます。
  - 結果変数の値に対して特に強い影響を持つ入力変数はどれですか。
  - 入力変数の値は、会社の成功を危険にさらすことなく、どのような制限内で変動する可能性がありますか？
- 重要な入力変数は次のとおりです。
  - 負債比率および負債の興味
  - 燃料価格 (および確実な供給)
  - 建設およびプラントのコスト
  - 電気料金
  - 人件費
  - 資金調達

事業計画は常に開発者が作成する必要があります。開発者は、ビジネスプランを外の世界に最もよく表すビジネスアイデアに責任があります。プランナのタスクは、ビジネスプランの準備においてクライアントをサポートすることです。

### 10.6.2 予算計上済みの貸借対照表と 予算計上済みの損益計算書

企業の収益性の評価は、平均熟生産コストの計算のみに基づいて行うことはできません。また、長期観測期間中の熟生産コストが収益よりも低い場合でも、流動性が確保されていない場合は、最初の運用年の損失を後年の収益で補償することはできません。したがって、流動性の状況に特別な注意を払う必要があります。これは、毎年の経済状況を証明する予算貸借対照表と予算収入計算書の目的です。

第 10.7章では、QMによってバイオマスDHプラント用に開発されたExcelベースのツールを紹介しています。このツールを使用して、25年以上にわたり加熱ネットワークの経済状況をマッピングできます。

**加熱ネットワークの構造や接続密度などの一般的な条件**は、経済効率に影響を与えます。このデータは計画担当者が収集し、経済最適化プロセスで使用する必要があります。

**経済的な実行可能性と関連する計画計算の監査**は、準備後に一度だけ実施する必要がありますが、プロジェクト期間全体を通して有効な費用を定期的に更新して確認し、可能な費用運用の検討を補足する必要があります。

個別年度の予算残高と予算収入明細を計算する際には、インフレを考慮する必要があります。しかし、実際の金利と銀行の金利の差はインフレ率が高いときに大きくなるため、この目的では、上記のような現実的なアプローチ（10.4章を参照）は認められません。これにより、最初の年では金利の負担が大きくなります。したがって、実際の金利を使用すると、最初の年に相当するリスクを伴う資本コストの過小評価につながる可能性があります。

**物価上昇のない名目金利を利用してインフレ**を考慮しない場合、金利負担は、実際には所得に比べて、計画所得の状態ではやや高めになると考えられます。インフレが低い場合は、他の不確実性と比較して、この偏差を無視できます。インフレは前の年金と収入の両方に影響を与えるため、通常、他の不確実性にはほとんど影響を与えません。金利やインフレに関する前提については、貸出機関と協議し、合意する必要があります。

## 10.7 収益性計算ツール

QM Holzheizwerkeは、25年のプラント運転期間中に予算計上された貸借対照表と予算計上された収入明細書を作成するためのスイスの簡単なツール（「QMHBerechnungstool Wirtschaftlichkeit」）を開発しました。このツールは、オーストリアのQM Heizwerkeチームが開発および提供する経済効率計算プログラムに基づいています [105]このツールを使用すると、コストの開発、経済的なボトルネック、プロジェクトの成功を提示できます。ツールを使用して、次のような質問に答えることができます。

- 事業期間中にプロジェクトはどのように発展しますか？
- 最も重要な経済的リスクは何ですか？
- 負債資本は設備の残存価額によって確保されていますか？
- 顧客の熟生産コストはどの程度高くなっていますか？

現在のバージョンのExcelテンプレートとサンプルファイル（ドイツ語）は、QM Holzheizwerke [17]のダウンロード領域にあります

**免責事項**

Excelツール *QMH-Wirtschaftlichkeitsrechnung* (経済収益性計算) は、非常に慎重に準備されていますが、その準備に関与する人と置換体は、決定された結果とその結果から得られた結論に対する保証や保証を受けることはできません。単純化された計算は、計算の性質上、特定の偏差になります。たとえば、1年が1つの期間と見なされるため、1年の開始日または年末に支払が行われるかどうかは考慮されません。

**注意** ツールがさまざまな入力制限を再ガードする警告フィードバックを提供する場合でも、入力値が正しくないとき最終結果が正しく再配置されない可能性があることを除外することはできません。特定の前提条件の結果を正しく評価することは、ツールを使用している人の対応可能性です。

Excelツールにはさまざまなワークシートがあります。ワークシートは読み取り専用ですが、すべての式と計算式はわかりやすくなっています。これらを変更すると、エラーが発生し、ツールによって誤った記述が生じる可能性があることに注意してください。

マニュアルやハンドブックではなく、ワークシート **I1\_Explanations** に記載されています。入力フィールドと出力フィールドは、対応する説明にリンクされています。

ワークシート **E1\_Project** データには、プロジェクト全体を確認する情報が入力されます。これには次のものが含まれます。

- 一般的なプロジェクトデータ、熱分布の損失などです
- エネルギー価格、環境、運転コスト、インフレ率などがあります

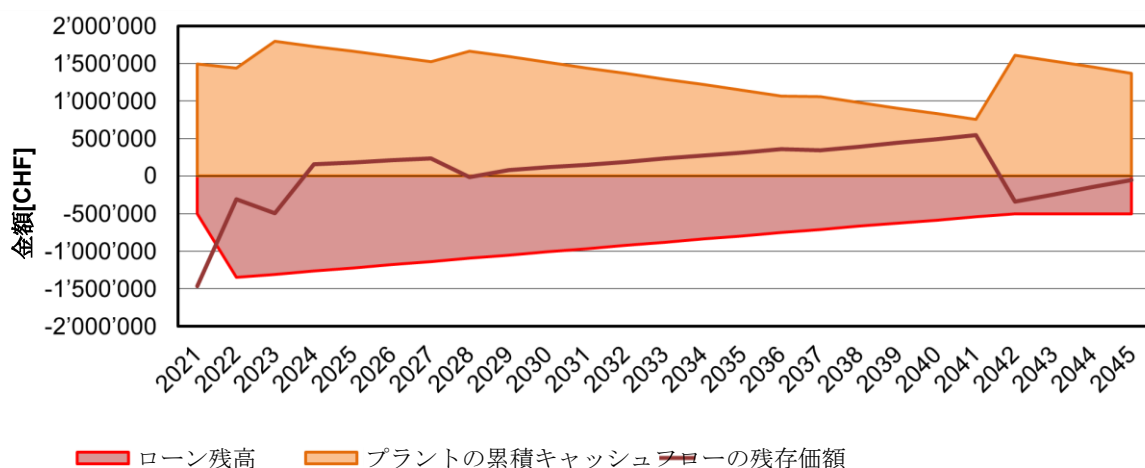


図10.6 ローン残高、資産の残存価額、キャッシュフローを示します。

- メンテナンスコスト
- 投資コストには耐用年数が含まれます
- 借入金およびローン（期間および金利を含みます）
- 補助金です。

ワークシート **E2\_Heat price** では、4つの異なる料金体系（価格および契約の期間）を定義できます。関税は第 10.5章に記載されている関税構造に対応しています

熱消費者データはワークシート **E3\_Consumers** に記録されます。各顧客の接続データは、テーブルに入力できます。一般データと加熱コマンドは、Excelツールから要求時評価および適切なシステム選択のために取得することも、手動で入力することもできます。契約で合意された出力は、キャリブレーションされた出力要件ではなく、サブスクライブされた出力に入力することが重要です。消費データと関税から、年間コストと熱生産価格は、熱供給会社の観点から、熱顧客の視点または販売収益から計算できます。

入力はワークシート **B1\_Calculations** でコンパイルされ、25年間のプロジェクト期間で評価されます。操作中に、総支出と収率の有効値を使用して、ファイルを簡単な制御と計算後に使用できます。

最も重要な結果とグラフはワークシート **A1\_Results** にまとめられ、2つのA4ページに印刷できます。



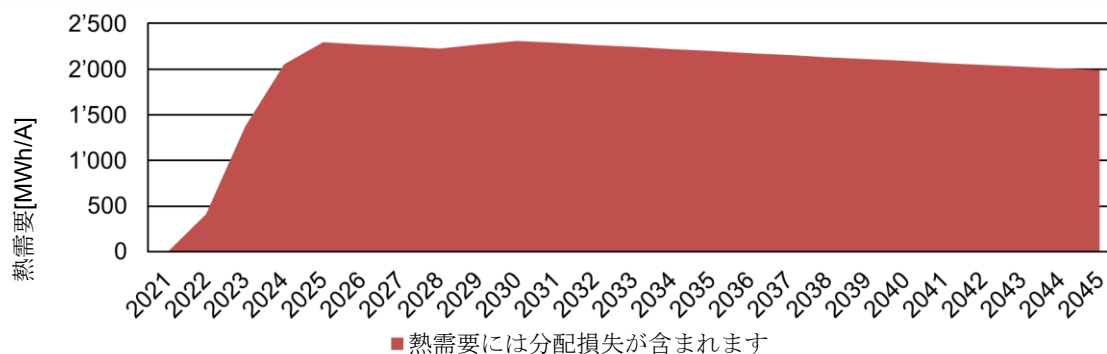


図10.7熱販売の発展です。顧客側の改装と効率化により、新規顧客が接続されていない場合、熱需要と販売は年々減少します。

### その他の推奨ツール

バイオマスDHプラント用にQMによって開発および提供された文書とともに、経済効率の設計および計算に推奨できるさらに校正ツールがあります。

#### Sophena [102]

オープンソースのソフトウェアである [Sophena](#) は、熱供給プロジェクトの技術的および経済的な計画を、十分に根拠のある方法で迅速に実行することができます。Sophena の中心には、ボイラーとバッファのストレージシミュレーションがあり、ここから年間の持続時間曲線と主要エネルギー数値が決定されます。これらの計算に基づいて、生産コストの決定を含むVDI 2067に従って収益性分析を実施します。さらに、グリーンハウスガスバランスやネットワークの熱需要密度などの結果が得られます。

#### THENA [106]

[THENA](#) (Thermal Network Analysis) は、Excelベースの計算ツールで、ネットワーク設計の簡単な技術的分析と、熱分配ネットワークの補助的なラフコスト見積りに使用されます。

#### DN-Sensi [107]

Excelベースの計算ツール [DN-Sensi](#) を使用すると、DN 20からDN 250までの呼び径の熱分布コストに対する、最適な寸法および拡散パラメータの感度を計算して、簡単にグラフィカルに表示できます。

## 10.8 投資コストの見積

次の図は、中央暖房設備を使用した発熱の総投資コストを示しています（図参照）

10.8) および暖房ネットワーク（ハウスステーションを含む）（図 10.9を参照してください）。曲線は、実数-のデータに基づいています。

2009年から2018年の間にスイスとオーストリアのQMモニタリングからシステムを検出しました。グラフは、最も重要なQ要件を満たす評価済みシステムの大部分を表しています。変動範囲はかなりの場合があり、変動要因によって異なります。

### 注意

次の図は、投資コストの最初の予測値（予備調査、実現可能性調査）のみを目的としています。これらは指標を提供しますが、木材火力発電所の詳細な計画段階の一環として投資コストを決定するために使用してはなりません。図は、プロジェクト固有の計算との組み合わせのベンチマークとして機能します。

**ユーロ/スイスフラン換算**は 純粋な通貨換算ではなく、オーストリアとスイスの価格変動も評価されたプラントデータに基づいて考慮され、異なる価格、建設コスト、賃金レベルで正当化されます。

さらに、地域暖房パイプとハウスステーションのガイド価格を記載した表とグラフはQM [Fernwärme](#)によって決定され、地域暖房ネットワーク計画ハンドブック [19]（地域暖房パイプ）および地域暖房トランスファステーション計画ガイド [76]（ハウスステ

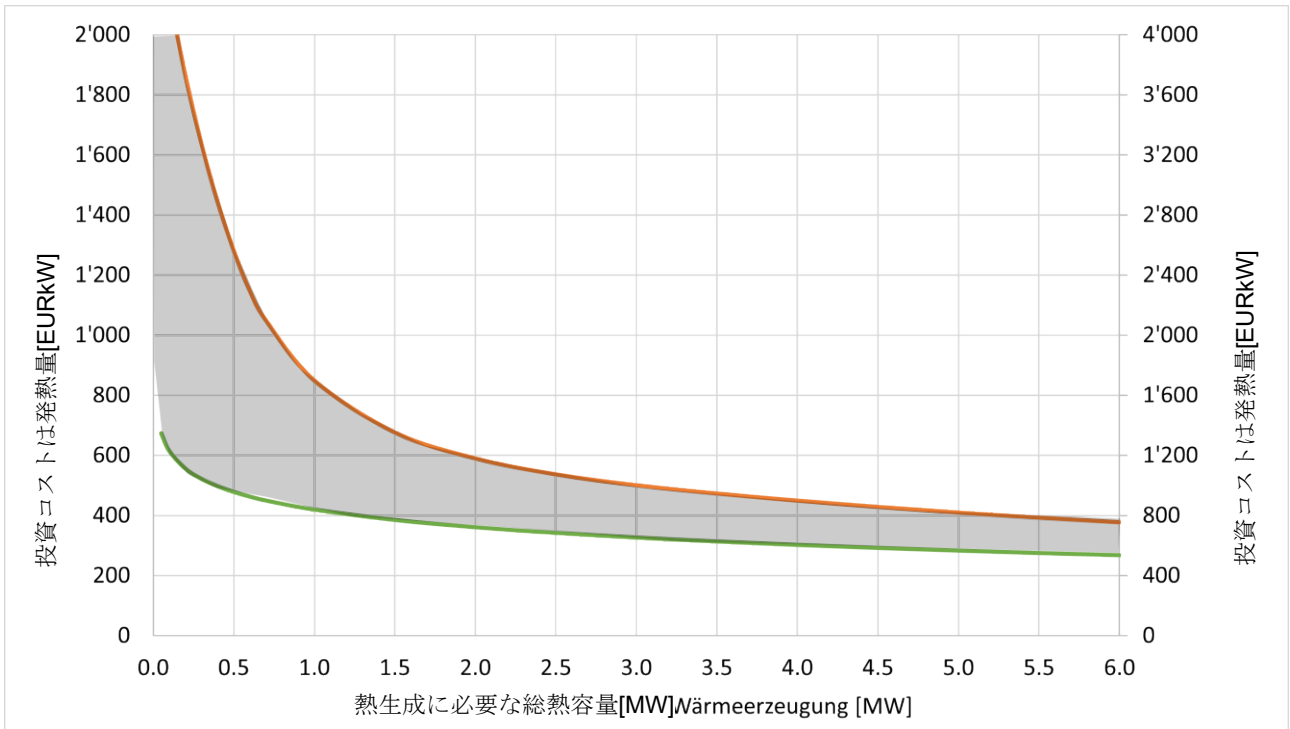


図10.8熱発生のための具体的な投資コスト-2009年から2018年までのATおよびCHから実現された設備の評価です。コストには、発熱、粒子分離器、エコノイザーおよび/または結露（存在する場合）、熱蓄積器、煙突システム（フルー）、水流システムの統合、電気設備が含まれます。制御/制御（C&I）、ボイラー室、蓄熱システム用の単価および二価システム用の排出システムを含む燃料貯蔵室です。設計はQ要件「E4熱発生」を満たしています。EUR / CHF変換では、ATとCHの異なる価格レベルが考慮されます。

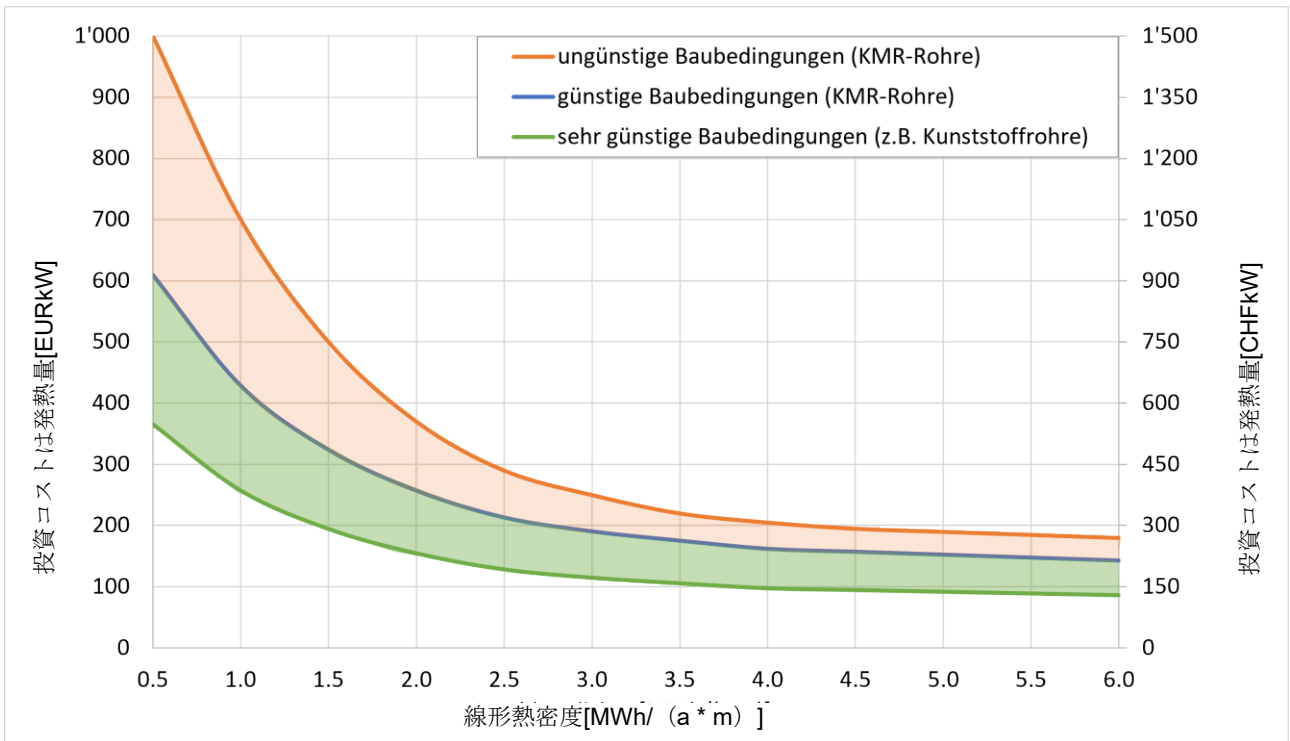


図10.9熱発生のための具体的な投資コスト-2009年から2018年までのATおよびCHから実現された設備の評価です。料金には、暖房設備の地域暖房ネットワークに関連する水流システム、掘削作業を含む地域暖房網作業、および熱移動ステーション（電装品を設置しない場合）までの住宅接続、およびAT/CHF変換では、AT/CHのさまざまな価格レベルが考慮されます。

## 第3部 -計画プロセス

## 11 需要評価

### 11.1 はじめに

現在の状況（需要評価）の分析は、供給される建物またはエリアに適した熱発生および熱分布システムを定義するためのシステム選択の基礎となります。

**需要の評価は、今後のすべての計画ステップにおいて最も重要な基礎であり、プロジェクトの成功過程とプラントの運用において責任を持つ役割を果たします。電力と熱の需要を過大評価し、関連する設備の過剰寸法を予測すると、プロジェクトに大きなマイナスの技術的および経済的影響を与える可能性があります。**

そのため、早期計画段階ですでに実施されている需要評価の実施には注意が必要です。実装は経験豊富なプランナーの責任であり、独立した機関（例 Q- Qm for Biomass DH plantsのマネージャです）。

総合的なアプローチでは、需要評価には、現在および将来の冷暖房需要の決定、および再生可能で地域的に利用可能なすべての熱源の評価が含まれます。その結果、需要の評価では、システム全体の年間熱需要がさまざまな供給シナリオおよび拡大シナリオに対応する負荷プロファイルおよび年間継続時間曲線とともに提供されます（第 13章を参照）。

**QM Holzheizwerke** と **QM Fernwärme** は、この目的に役立つドキュメントとツールを提供しています。

- **詳細なプロジェクト手順については、Q-ガイドライン**[15]、この計画ハンドブックのパート3、および地域熱ヒーティング・ネットワークの計画ハンドブック（ [19]、102 ff.）に記載されているバイオマスDHプラントのQMに従ってください。
- **Word** [108]のテンプレートドキュメントとしての領域暖房接続に関するアンケートです。
- **需要の評価と適切なシステム選択のためのExcelツール** [109] 各熱消費者およびシステム全体の妥当性チェックに使用します。Excelツールでは、バイオマスDHプラントのQMのターゲット値を使用して、熱生成のシステム選択が直接評価されます。

関連するすべてのプロジェクトの利害関係者をできるだけ早く関与させることをお勧めします。これには、サイト自治体、州または連邦州、運営会社（請負業者など）、顧客、燃料およびエネルギー供給会社、および居住者や住宅所有者、協会、地域エネルギー機関、企業およびバイオマス協会などの間接的な利害関係者が含まれます。関連するプロジェクト参加者は、「熱グリッドにおけるリスク」 [20]および「サーマルグリッドの社会経済的側面」 [18]のレポートに詳細に記載されています

#### 必要な作業手順

次の作業手順は、プロジェクトの進捗状況およびバイオマスDHプラントのQMに適合するマイルストーンに応じて、さまざまな精度に応じて利用可能であるか、または罰金が科される必要があります。

- 予備調査またはプロジェクト開発では、最初の供給領域の大きな予備解析 が実行されます。このプロセスでは、既存の熱源およびヒートシンク（ヒートデコマンド）の潜在性を明確にする必要があります。この目的には、エネルギー計画、地理情報システム(GIS)ツール、地籍地図のガイドラインや推奨事項などの情報源を使用できます(第 12章も参照)。
  - KEAの自治体の熱計画へのガイド [110]
  - en-ergieStadtの空間エネルギー計画用モジュール [111]
  - ツールPETA 5.1 [112]
  - ツールサーモ [113]
  - ツールホットマップツールボックス [114]
  - 情報マップmap.geo.admin.ch [115]
  - スイスのツールWebGIS [116]
- 既存の国、地域、および地方自治体のエネルギー戦略またはエネルギーマスター計画を使用して、潜在的な供給エリアを調整および明確化します。熱ロードマップ欧州プログラム [117]では、CO<sub>2</sub>中性の加熱と冷却の戦略が欧州レベルで開発されました。
- 最も重要なのは、関心の明確化です **主要な顧客**
- データの分析、評価、妥当性チェック。たとえば、Excelツールを使用して、**QM Holzheizwerkeのコマンド評価と適切なシステム選択** [109]を行います。
- 詳細なデータを収集するために、社内調査、情報イベント、アンケートを通じて徹底的な熱需要と内部評価を実施します（第 11.2 章個別の熱消費者の要求）。
- 異なる種類の熱供給の解析および準備を更新します。バリエーションの選択は、次の条件に基づいて行われます。
  - 地域のエネルギー源と再生可能エネルギー源を利用
  - 再生可能エネルギー源の最小シェアが必要
  - ピーク負荷をカバー
  - 投資コストと運用コストを削減
  - 冷却エネルギーに対する既存の需要
- プロジェクトの進捗状況とマイルストーンに応じてプロセスを繰り返し、精度を高めます（反復プロセス）。

#### 需要評価の結果

その結果、需要の評価では、システム全体の年間熱需要がさまざまな供給シナリオおよび拡大シナリオに対応する負荷プロファイルおよび年間継続時間曲線とともに提供されます（第 13章を参照）。

## 11.2 熱需要の分析

### 11.2.1 新規建物

スペースヒーティングの年間熱需要は、EN ISO 52016 [118]に従って計算する必要があります必要に応じて、その他の同等の国内規格およびガイドラインを参照してください。この規格では、太陽光、人、電気器具などからの熱の増加が考慮されています。

家庭用温水の年間熱需要の計算は、通常、所定の標準使用に基づいて行われます。表 11.2に加えて、この目的のために関連する国内規格およびガイドラインを参照できます（第 19章を参照）。

スペースヒーティングの年間熱需要は、EN ISO 1 [119]に従って計算する必要があります計算には、他の同等の国内規格およびガイドラインも使用できます。この規格では、太陽光、人、電気器具などからの熱の増加が考慮されています。断続的な加熱の影響を補正するために、追加の加熱容量を考慮することができます。加熱能力を追加しないと、熱の増加を考慮せずに24時間の平均値が得られます。

隣接する温水に対する熱容量要求の平均値は、温水の加熱コマンドを加熱時間（冬運転）または8,760時間（通年動作）で除算して算出されます。温水ヒーターの接続負荷から熱湯に対する熱容量要求のピーク値に起因します。優先回路付きの貯湯式給湯器が一般的に使用されているため、通常、温水の年間熱需要を4,000～6,000時間で割れば十分です。瞬間給湯器、フロー給湯器、淡水ステーションを使用する場合は、全負荷運転時間の短縮が必要になる場合があります。これは、特定の日のピーク負荷が平均値より高く、曜日と海の日に依存する可能性があるため、理論上の平均値よりも高いピーク負荷が考慮されます。

温度の要求は、熱容量の設計と家庭用温水の準備から生じます。ラジエーター、床暖房および熱交換器の設計は通常製造業者の指定に基づいています。

### 11.2.2 既存建物

年間総熱需要の計算は、通常、以前の最終エネルギー消費量（たとえば、以前の石油消費量）と以前の熱発生器の使用度に基づいています。これを受けて、スペース暖房、家庭用温水、プロセスの内訳が明らかになりました（表 11.1参照）。以前に停止していたボイラーシステムに応じて容量を選択したり、エネルギー性能証明書からエネルギーと容量の需要を取得したり、大まかでプロフェッショナルでない見積りに頼ることは推奨されません。

過去の消費に関する信頼性の高いデータがない場合、またはスペースヒーティング、国内の温水およびプロセスに確実に分割できない場合は、測定またはプロフェッショナルによる推定を行う必要があります。

熱量の決定に最適な方法は、測定を使用して負荷特性を決定することです。これは通常、小規模な熱消費者には多大な労力を伴いますが、特に大量の熱消費やプロセス暖房システムには絶対にお勧めします。このような場合は、十分な時間があり、機能する発熱システムが利用可能な場合にのみ測定が可能であるため、早期の計画が重要です。

これまでの経験から、既存の熱容量需要計算がほとんど利用できないか、旧式の計算方法に基づいていることがわかりました。多くの場合、新しい計算は、詳細なビルディング構造に関する必要な情報が不足しているために失敗します。

熱容量の要求は、以前の熱需要から最もよく決定されます。

- スペースヒーターの最大熱容量は次のとおりです。適切な全負荷運転時間数で熱容量要求を分割します（説明および制限については、ボックス「全負荷運転時間スペースヒーターの回数」を参照してください）。
- 温水の平均熱需要は次のとおりです。暖房時間（冬季運転）または8,760時間（1年運転）での熱需要の除算です。理論平均値よりも高いピーク負荷を考慮すると、通常、温水の年間熱需要は4,000～6,000時間に分割されます。
- プロセス熱に必要な熱容量は次のとおりです。熱要件を適切な全負荷運転時間に分割します。運転時間、暖房ピーク、休憩、夜間セットバック、週末を考慮して、個別に決定または見積もられます。Excelツールの需要評価と適切なシステムの選択では、プロセスの熱は1年あたりの運転時間（1日の平均値）で平均化されていることに注意してください。したがって、最大出力ピークはアカウントにはなりません。場合によっては、この情報だけではシステムの寸法を作成できないことがあります。

床暖房、ラジエーターヒーターまたは水ヒーターのような既存の熱供給システムに基づいてだけ温度の要求を推定することができます。ただし、寒冷的な屋外温度の場合は、個々の熱消費者で温度測定を行い、測定値のペア（フロー/戻り温度、屋外温度）を外挿して値を設計することをお勧めします。

今後の省エネ対策については、需要の評価の過程で調査を行い、年間の熱需要、熱容量需要、温度需要を考慮して検討していきます。



### スペース暖房の全負荷運転時間の数についての関連議論

スペース・ヒーティングの全負荷運転時間[h/a]（「全負荷運転時間」または「全使用時間」とも呼ばれる）は、スペース・ヒーティングに必要なエネルギー消費量と、スペース・ヒーティングに必要な最大熱容量（kW）の比率です。全負荷運転時間の数は、システムの場所での屋外温度の年間持続時間曲線、暖房制限、および熱容量需要の天候に依存しない割合のサイズによって異なります。

建物の規格と使用タイプに応じて、他の値が生成されます。特に非住宅用の建物の場合は、動作と再加熱が制限されているため、予測が困難な場合があります。また、住宅用の建物とは異なる室温と内部負荷があります（表11.1の住宅用と非住宅用の建物の間の比較を参照）。したがって、表 11.2に記載されている全負荷運転時間の数は、1990年頃より前に建設された既存の住宅用建物（温水を使用した空間暖房）にのみ適用されます。これらの全負荷運転時間は、暖房制限が15°C未満の新しい建物や非常に断熱性の高い既存の住宅用建物、および非住宅用建物には適用されない場合があります。低い値はここに帰着します。

全負荷運転時間の数は、基本的に必要な熱容量を予測し、妥当性チェックを行うための補助として意図されています。ただし、状況、出力需要、および使用目的に応じて、この方法では投資の決定に十分ではなく、EN 12831-1 [119]に基づいて、または既存の建物の場合は、測定を使用して、出力需要をより正確に明確にする必要があります（11.2.1および11.2.2章を参照してください）。

### 11.2.3 建物面積

建築面積の正確な建築計画がなく、計算の可能性がない場合、**熱需要** はエネルギー参照領域と特定の暖房需要に基づいてほぼ終了します。特定の暖房要求は現在および予想される未来の建物の標準に従って置くべきであるが、決して余りに高くない。一般的な用途に応じて、国内の温水に対する比熱需要が計算に使用されます。

既存の建物と同様に、熱量要求の計算は、熱のデマンド（ここで推定）から行うことができます。**温度要求** は、期待される熱伝導システムに基づいて見積もられます。

表11.1 住宅建築物と特定の非住宅建築物の比較

	Housing	Shops and restaurants	Hotels without spa area	Indoor swimming pools and spa areas in hotels
<b>Problems</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heat capacity demand calculation without heat gains, but this is taken into account in the Excel tool for demand assessment and appropriate system selection</li> <li>Relatively predictable, uniform domestic hot water demand</li> <li>No restricted operation, or only during the night</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Often unreliable heat capacity demand calculation</li> <li>Often inaccurate figures for waste heat loads</li> <li>High air heater connected load</li> <li>Restricted operating hours in terms of day and week</li> <li>Domestic hot water consumption high in restaurants and low in shops (but varies by sector).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heat capacity demand calculation like residential construction, but the heat gains are unclear</li> <li>Widely varying, seasonal operating times and occupancies possible</li> <li>High domestic hot water peaks that do not occur in normal residential construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Often unreliable heat capacity demand calculation</li> <li>Often inaccurate figures for waste heat loads</li> <li>High connected loads of bath water heat exchangers</li> <li>Restricted operating hours in terms of day, week and year</li> <li>Large daily domestic hot water consumption with high peak demand</li> </ul>
<b>Space heating</b>				
Specific heat demand	Midland / lowland Old 100 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Existing 80 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 40 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Mountain region Old 120 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Existing 100 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 50 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	Midland / lowland Existing 80 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 40 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Mountain region Existing 100 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 50 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	Midland / lowland Existing 80 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 40 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Mountain region Existing 100 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 50 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Lower values possible with interruptions in operation	Midland / lowland Existing 300 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 150 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Mountain region Existing 375 kWh/(m <sup>2</sup> *a) New 190 kWh/(m <sup>2</sup> *a) (including domestic hot water and bath water heating)
Number of full load operating hours	Midland / lowland Old 2,000 h/a Existing 2,000 h/a New 1,200 h/a Mountain region: <sup>1</sup> Old 2,500 h/a Existing 2,500 h/a New 1,500 h/a	Midland / lowland: Existing 1,350 h/a New 800 h/a Mountain region Existing 1,700 h/a New 1,000 h/a	Midland / lowland Existing 2,000 h/a New 1,200 h/a Mountain region Existing 2,500 h/a New 1,500 h/a Lower values possible with interruptions in operation	Midland / lowland Existing 2,000 h/a New 1,200 h/a Mountain region Existing 2,500 h/a New 1,500 h/a (including domestic hot water and bath water heating)
Specific performance requirements	Midland / lowland Old 50 W/m <sup>2</sup> Existing 40 W/m <sup>2</sup> New 30 W/m <sup>2</sup> Mountain region Old 50 W/m <sup>2</sup> Existing 40 W/m <sup>2</sup> New 30 W/m <sup>2</sup>	Midland / lowland Existing 60 W/m <sup>2</sup> New 50 W/m <sup>2</sup> Mountain region Existing 60 W/m <sup>2</sup> New 50 W/m <sup>2</sup>	Midland / lowland Existing 40 W/m <sup>2</sup> New 30 W/m <sup>2</sup> Mountain region Existing 40 W/m <sup>2</sup> New 30 W/m <sup>2</sup> With business interruptions equal values necessary	Midland / lowland Existing 150 W/m <sup>2</sup> New 125 W/m <sup>2</sup> Mountain region Existing 150 W/m <sup>2</sup> New 125 W/m <sup>2</sup> (including domestic hot water and bath water heating)
<b>Hot water</b>				
Specific heat demand	Single-family house (EFH): 15 - 20 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Multi-family house (MFH): 25 - 30 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	Restaurants higher values than residential 30 - 70 kWh/(m <sup>2</sup> *a) Retail shops lower values than residential buildings: 5 - 15 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	Significantly higher values than MFH, but possibly compensated by low occupancy 30 - 50 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	Domestic hot water preparation and bath water heating are included in the key figures listed above. With the help of these key figures, only the approximate total demand can be estimated.
Number of full load operating hours	Not 8,760 h/a, as daily consumption varies; recommendation: 4,000 - 6,000 h/a	Lower values than residential construction (higher power peaks): 2,000 - 3,000 h/a	Lower values than residential construction (higher power peaks): 2,000 - 3,000 h/a	
Specific performance requirements	Single-family house (EFH): 5 W/m <sup>2</sup> Multi-family house (MFH): 8 W/m <sup>2</sup>	Restaurants higher values than residential: 25 W/m <sup>2</sup> Retail shops lower values than residential buildings: 5 W/m <sup>2</sup>	Specific domestic hot water demand is much higher than in the MFH: 15 - 25 W/m <sup>2</sup>	

Table 11.2 Number of full load operating hours for existing residential buildings (space heating without hot water). These numbers of full load operating hours may not be applied to new buildings and very well thermally insulated existing buildings with heating limits < 15° C and non-residential buildings (notes on application in the box).

Location	Number of full load operating hours for residential buildings Calculated with the help of the Excel tool for demand assessment and appropriate system selection	Number of full load operating hours for residential buildings Common values used in the individual countries
Zurich (CH)	2,050 h/a *	2,000 - 2100 h/a *
Davos (CH)	2,800 h/a *	2,600 - 3,000 h/a *
Locarno-Monti (CH)	1,800 h/a *	1,700 - 1,900 h/a *
Graz University (AT)	1,900 h/a **	1,800 - 1,875 h/a ***
Tamsweg (AT)	2,350 h/a **	1,766 - 1,840 h/a ***
Vienna inner city (AT)	1,700 h/a **	1,714 - 1,813h/a ***
Munich-Airport (DE)	2,050 h/a **	1,913 h/a ****
Karlsruhe (DE)	1,750 h/a **	1,611 h/a ****

\* Long-term empirical values from Switzerland. The figures are partly specified in cantonal energy ordinances.

\*\* The figures for Austria and Germany were calculated solely on the basis of the annual duration curve using the Excel tool for demand assessment and appropriate system selection based on Swiss values. These values should only be used as comparative figures in Germany and Austria.

\*\*\* Source: Handbook for Energy Consultants, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, October 1994 edition.

\*\*\*\* Source: Recknagel/Sprenger/Hömann, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 1990/1991.

## 11.3 システム全体の熱需要

### 11.3.1 必要熱容量のを決定

個々の熱消費者の数値からシステム全体に必要な熱容量を決定する場合、次の問題が発生することがよくあります。

- システム全体に必要な熱容量は、安全マージンが多かれ少なかれ大きい計算値と安全マージンのない実際の測定値の混合から生じます。
- スペースヒーティングの年間熱需要は、EN ISO 1 [119]に従って計算する必要があります。対照的に、測定に基づいて決定された負荷特性は、実際の屋外温度を参照します。
- EN 12831-1 [119]に準拠して計算されたスペースヒートインに必要な標準の熱容量では、太陽光、人、または電気装置などによる内部および外部の熱の増加は考慮されていません。一方、測定に基づいて負荷特性が抑止されるため、熱の上昇が正しく考慮されます。
- 既存の建物の暖房に対する熱容量需要を暖房需要から見積もるには、多数の全負荷運転時間が必要です。これは、システムの設置場所における屋外温度の年間持続時間曲線、室温、加熱制限、および非天候依存コンポーネントのサイズによって異なります。**使用するフルロード運転時間はどれくらいですか？**
- 断続的な暖房の影響を補正するための追加暖房容量の計算（例：週末の運転を減らした後、月曜の朝のオフィスビルでの暖房など）は、多くの場合、必ずしも正確ではありません。
- 測定された負荷特性は、1日の平均値を1時間の平均値に回帰することにより、さまざまな負荷ケースに対して作成できます。ピーク測定値に基づいて

決定された負荷は、熱消費だけでなく、発熱体（過大または過小寸法）および測定点の位置にも依存しますので注意が必要です。

- 測定によって決定される負荷曲線は、多くの場合、加熱出力需要の天候に左右されないかなりの割合を示します。新しい建物では、このような天候に左右されない、スペースヒーティングのための暖房能力の停止の割合をどのように考慮する必要がありますか？
- 国内の温水需要の平均熱容量（年間熱湯需要を8,760時間で割った値）は、温水の熱容量需要のピーク値（給水ヒーターの接続負荷）とは大きく異なります。お湯の消費量は日々変動し、曜日や季節によって異なります。

#### 質問へのお答

計算と実際に測定された値を可能な限り現実的に組み合わせて、プラント全体の数値を決定するには、次のようにして回答する必要があります。

- 新しい建物では、熱の増加はどのように考慮されますか？
- 既存の建物の以前の熱需要に基づいて、スペースヒーティングの熱容量需要を判断するために、全負荷のオペレーション時間として適切な数はどれくらいですか？
- 新しい建物では、このような天候に左右されない、スペースヒーティングのための暖房能力の停止の割合をどのように考慮する必要がありますか？
- システム全体の断続的な加熱の影響を補正するために、追加の加熱能力はどの程度考慮されますか？
- システム全体が参照する外気温はどれくらいですか？

### 11.3.2 消費熱量負荷特性

可能な限り実際に使用されている屋外温度の負荷特性としての熱容量需要を表すには、実証的なサポートが必要であり、大規模なビルサービスシステムの改修および拡張の測定における実用的な経験から生まれています。優れた利点は、以前のエネルギー消費量の計算から得られた数値材料と測定から得られた数値材料の組み合わせを明確に示すことができることです。このメソッドは、需要の評価およびQM Holzheizung [109]の適切なシステム選択のためにExcelツールに実装および適用されます。

この方法は、次の基本的な考慮事項に基づいています。

- 空調機ごとに、空間暖房、家庭用温水、プロセスを個別に考慮する必要があります。
- 一般住宅用建物の場合、スペースヒーティングに必要な熱量の日次平均値が計算に使用されます。経験と多数の測定結果から、特定の外気温度（日平均）で住宅の建物に必要なスペースヒーティングは、「パッケージ」で24時間以内の任意の時点で提供できることがわかりました。24時間後に再びバランスが正しければ十分です。したがって、いわゆる夜のセットバックは、通常の住宅ではほとんど目立ちません。これは、1985年以降に建設された住宅ビルや、熱的に古くなった建物に特に当てはまります。外気温が非常に低い場合は、夜間のセットバックも必要に応じてオフにすることができます。
- 週の終わりの動作が少なく、冷気換気システムシステムなどの特殊なケースは、ピーク負荷に対して可能な限り中程度に設計されています。
- 内部または外部熱交換器を備えた保存水ヒーターの場合、水加熱に必要な熱容量は、ピーク値ではなく発生する最大平均値として考慮されます。このシステムは、主に家庭用温水優先回路（ボイラー優先）で作動します。
- スタンドバイ蓄熱タンクを使用しないフロースルー水ヒーター（淡水ステーション）の場合、家庭用温水準備のための熱容量のデコマンドがピーク値として考慮されます。スタンバイ・ストレージを備えたシステムの場合は、発熱量の要求を最も高い平均値として考慮することもできます。予備蓄熱タンクの容量と、システムが家庭用温水優先回路（ボイラーの事前供給）を使用して作動するかどうかの質問を考慮する必要があります。
- 個々の熱消費者およびでは、安全係数とピーク負荷サーチャージが考慮され

正当である必要があります。したがって、各建物は全体的な計算で可能な限り現実的に使用されるため、一般的に同時性係数は必要ありません。ただし、中程度の同時実行係数は「禁止」されていません（12.2.5章を参照）。安全のための顧客および安全のためになされる消費として使用して、ある特定のバランスが常にある。

- リプレゼンテーションは、システム全体の荷重特性として実行されます。スペースの暖房では、天候に左右されないシェアとの違いがあります。これは、国内の温水およびプロセス熱の必要な熱容量、および熱分布の損失に対する非天候依存コンポーネントとは無関係です。
- 地域加熱ネットワークの熱分布損失の平均容量は、メーカーの仕様に基づいて計算されます。

負荷特性を利用した方法の大きな利点は、屋外温度の連続時間曲線を使用して、熱容量需要の年間持続時間曲線を計算できることです。

#### 特性のロード

負荷特性は、屋外温度の1日の平均値に応じた熱量要求の表現です。屋外温度の場合は、24時間の平均値を常に使用する必要があります。一方、熱量の要求は、1日の平均値（住宅用建物など）またはピーク値（銀行ビルなど）になります。システム全体の負荷特性は、複数の負荷特性の積み重ねによって決まります（図11.1を参照）。

**屋外温度の年間持続時間曲線** 屋外温度の年間持続時間の線は、屋外温度の累積頻度を年当たりの日数として表したものです。たとえば、図11.2からは、チューリッヒの10年間の日平均気温が100日間で4°C未満であることがわかります。

#### 熱容量需要の年間持続時間曲線

熱容量需要の年間持続時間曲線は、加重負荷特性と屋外温度の年間持続時間曲線から算出されます。たとえば、図11.3から見ると、50日間で熱需要が880 kWを超えていることがわかります。この50日間の熱需要は、曲線の下領域から生じます。

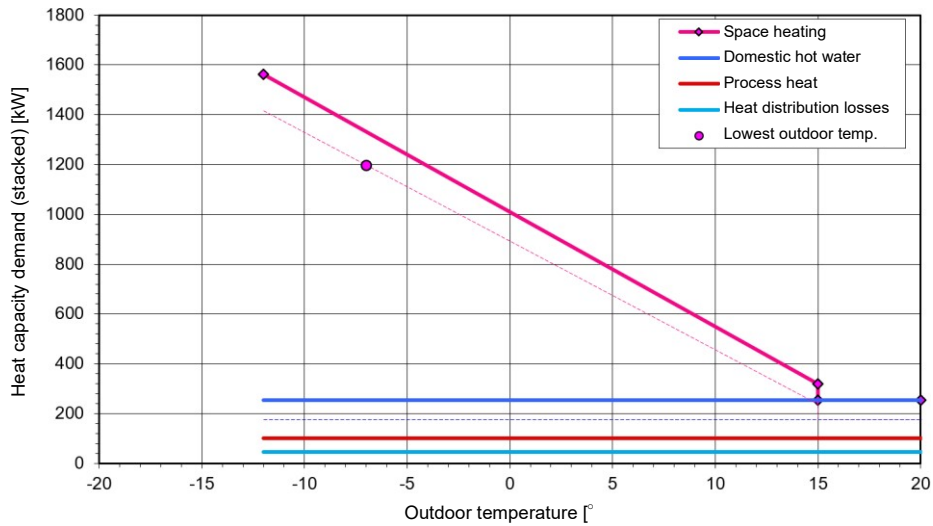


図11.1システム全体の負荷特性（実線）と加重負荷特性（点線）。必要な熱容量の年間持続時間曲線の計算に使用します。

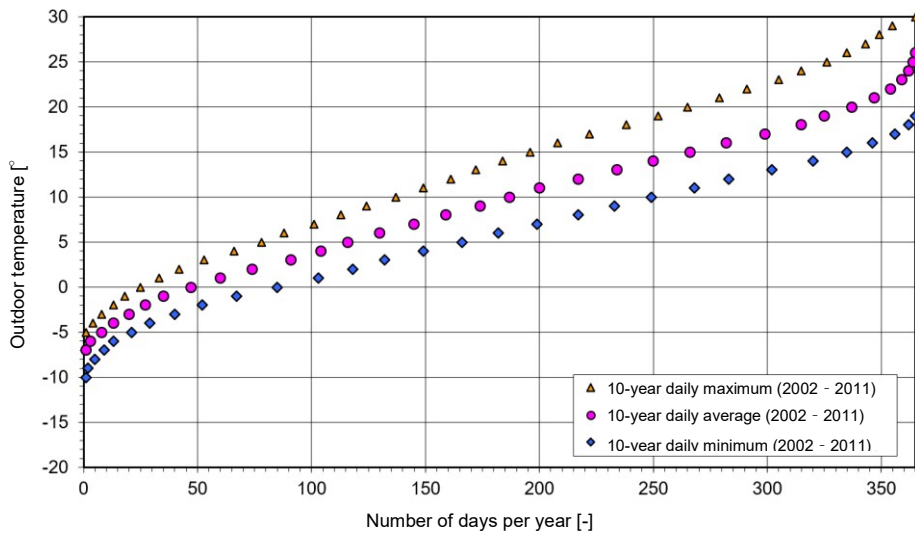


Figure 11.2 Annual duration curves of outdoor temperature for the Zurich-Fluntern site (10-year mean 2002-2011).

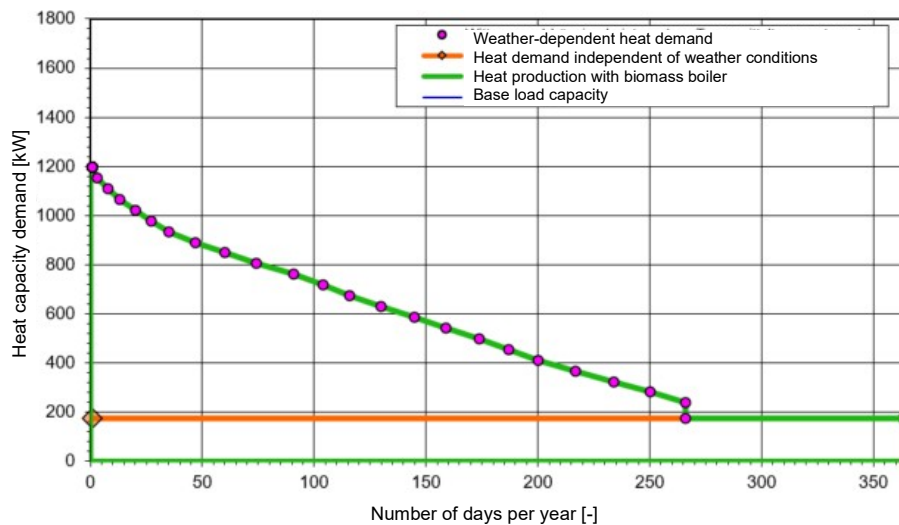


図11.3緑色で囲まれた必要な熱容量の年間持続時間曲線は、バイオマスで生成される年間エネルギー量です。



## 11.4 熱源解析

木材に加えて、将来完全に交換可能なCO<sub>2</sub>ニュートラルの熱供給を実現するために、再生可能な他の熱源がますます使用されています（章 1.3.2を参照）。熱グリッドを備えたバイオマスDHプラントは、地域で利用可能な熱源を使用できるようにするための理想的な出発点です。

したがって、加熱コマンドおよび木材供給戦略分析に加えて（11.2章および12.2.1章を参照）、（局所的に）使用可能な熱源の状況も早期計画段階で分析する必要があります。ここでは、熱源を利用する際のCO<sub>2</sub>ニュートラル、可用性、経済効率に重点を置いています。

既存のエネルギー戦略（エネルギーマスター計画など）は、建物、近隣、またはより大きな供給エリアに使用するエネルギー源を定義するもので、分析にも役立ちます。

可能であれば、最初にローカルエネルギー源を使用します。それ以上のステップでのみ、非局所エネルギー源を委託すべきである。地方のエネルギー源は、容易に輸送できないことが特徴ですが、通常、川や湖の水、産業廃棄物の熱など、豊富な量のものが用意されています。一方、非局所エネルギー源は容易に輸送および保管できますが、いつでもどこでも利用できるわけではありません（木材やソーラエネルギーなど）。

使用可能な熱源の初期分析中には、容量とエネルギー量の観点から利用可能な状況条件に関するデータ、および、時間的な可用性/負荷プロファイル、制御可能性、温度レベルなどの熱源のそれぞれの特殊な特性を収集する必要があります。

このデータに基づいて、エネルギーキャリア/熱源の優先順位付けと事前選択を行うことができます。これは、熱発生源のさらなるシステム選択で考慮されます（第13章を参照）。

## 11.5 バイオマスDHプラントQMプロジェクトプロセス統合

第2章で説明したように、QM for Biomass DH Plantsに準拠した品質監視では、需要評価と適切なシステム選択のためにExcelツールを使用して、各熱消費者およびシステム全体に対して妥当性チェックを実行する必要があります [109] 主要な図と特性曲線の計算が要求されます。次に、Qマネージャは、これらの主要な図と特性曲線を、選択した文献および自身の経験的価値の情報と比較します。

需要の評価、適切なシステム選択、Excelツールの使用は反復的なプロセスです。QM for Biomass DH Plantsプロジェクトプロセスでは、設計計画段階の最新のマイルストーン2で、需要評価と適切なシステム選択が再検討されます。これは、入札プロジェクトの準備が完了したときにマイルストーン3で更新され、運用の最適化後にマイルストーン5で繰り返されます。マイルストーン4で承認された場合は、需要評価と適切なシステム選択を確認し、プラントのドキュメントを更新する必要があります。

マイルストーンごとに情報のレベルが増加しますが、自由度はそれに応じて減少します。マイルストーン2の変更は鉛筆のストロークのみを意味することがよくありますが、マイルストーン4と5では工場が建設中であり、それに応じて判断ミスが発生します。

表11.3に、各マイルストーンに対するコマンド評価のステータスと適切なシステム選択の概要を示します。これらはチェックリストとして使用できます。「熱発生」列は、以降のシステム選択のサブオブジェクト（第13章を参照）にすぎませんが、わかりやすくするために、ここではすでに説明しています。

表11.3 各マイルストーンにおける需要評価のステータスと適切なシステム選択の概要とチェックリスト

Milestone	Heat consumers	Heating network	Heat generation in general	Heat generation with wood
<b>2</b> Design planning	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A list of potential heat consumers is available, and at least 70% of potential customers should have signed a declaration of intent.</li> <li><input type="checkbox"/> For new buildings, the planning data on heat, heat capacity and temperature requirements are available (with varying degrees of accuracy depending on the progress of the project).</li> <li><input type="checkbox"/> The previous fuel consumption figures are available from the existing buildings.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A site plan with the location of the central heating plant and the marked branch pipes, branch lines and house connections is available.</li> <li><input type="checkbox"/> The district heating network is designed according to size in terms of nominal diameters (no precise pipe network/pressure drop calculation yet).</li> <li><input type="checkbox"/> The heat distribution losses have been determined in terms of size on the basis of the linear heat density.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The necessary heat, heat capacity and temperature demand is known (see column “Heat consumers”).</li> <li><input type="checkbox"/> The national, regional or municipal energy plans and strategies were consulted.</li> <li><input type="checkbox"/> The heat sources available for selection were analysed in terms of characteristics, availability and economic efficiency.</li> <li><input type="checkbox"/> The system selection (energy mix, type and number of heat generation systems) has been made.</li> <li><input type="checkbox"/> The capacity allocation to the heat generation systems has been made.</li> <li><input type="checkbox"/> The mode of operation in summer and winter is fixed.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The necessary heat, heat capacity and temperature demand is known (see column “Heat consumers”).</li> <li><input type="checkbox"/> The fuel range and its availability have been clarified.</li> <li><input type="checkbox"/> The system selection (type of firing, monovalent/bivalent, number of boilers) has been made.</li> <li><input type="checkbox"/> The power allocation to the boilers has been made.</li> <li><input type="checkbox"/> The mode of operation in summer and winter is fixed.</li> </ul>
<b>3</b> Tender project	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The list of heat consumers for the first expansion stage and the final expansion has been determined.</li> <li><input type="checkbox"/> At the start of construction, at least 60 % of the annual heat demand<sup>1)</sup> must be secured by signed heat supply contracts.</li> <li><input type="checkbox"/> For new buildings, the latest planning data on heat, heat capacity and temperature requirements are available.</li> <li><input type="checkbox"/> For existing buildings, the previous fuel consumption figures have been checked and the temperature demand is reliably available (if possible based on measurements).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The location of the central heating plant and the route of the main, branch and house connection pipes have been definitively determined.</li> <li><input type="checkbox"/> The final design of the district heating network in terms of nominal sizes and pressure drops is complete.</li> <li><input type="checkbox"/> The heat distribution losses have been calculated on the basis of the definitive network design.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The heat source is established and a corresponding concession, fuel supply contract or equivalent document is available.</li> <li><input type="checkbox"/> The heat generation is specified or a description with principle scheme, functional description, measurement concept, etc. is available.</li> <li><input type="checkbox"/> The final principle scheme with registered outputs, temperatures and flow rates is available.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The fuel range is fixed and a corresponding fuel supply contract is in place.</li> <li><input type="checkbox"/> The standard circuit is specified or an equivalent description with principle scheme, functional description, measurement concept, etc. is available.</li> <li><input type="checkbox"/> The final principle scheme with registered outputs, temperatures and flow rates is available.</li> </ul>
<b>4</b> Acceptance	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The list of heat consumers has been updated.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Changes due to the implementation planning have been updated in the installation documentation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Changes due to the implementation planning have been updated in the installation documentation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Changes due to the implementation planning have been updated in the installation documentation.</li> </ul>
<b>5</b> Operation optimisation	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The operational optimisation has been completed.</li> <li><input type="checkbox"/> The list of heat consumers actually connected in the first year of operation has been compiled.</li> <li><input type="checkbox"/> The actual heat consumption, necessary peak power and temperature demand of the heat consumers according to the list are known.</li> <li><input type="checkbox"/> A comparison of the actual remaining expansion potential and possible further heat consumers (with intention to connect) has been made.</li> <li><input type="checkbox"/> If necessary, a concept for the advertising of additional heat consumers has been created.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The operational optimisation is completed</li> <li><input type="checkbox"/> Changes made in the course of the operational optimisation have been updated in the system documentation.</li> <li><input type="checkbox"/> The actual heat losses of the district heating network in the first year of operation are known.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The operational optimisation has been completed.</li> <li><input type="checkbox"/> Changes made in the course of the operational optimisation have been updated in the system documentation.</li> <li><input type="checkbox"/> The actual utilisation of the heat generation plants is known (number of full load operating hours).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> The operational optimisation has been completed.</li> <li><input type="checkbox"/> Changes made in the course of the operational optimisation have been updated in the system documentation.</li> <li><input type="checkbox"/> The actual utilisation of the boilers is known (number of full load operating hours).</li> </ul>

<sup>1)</sup> QM for Biomass DH Plants bases the value on the annual heat sales of the first construction stage or the first five years of operation. External requirements (e.g. funding agencies) may deviate from this value and should be clarified at an early stage.

## 12 熱供給設計

### 12.1 はじめに

第2章および第11章では、バイオマスDHプラントの品質監視と需要評価、および一般的な適切なシステム選択のためのプロジェクト調達について詳しく説明しました。第12章では、熱供給の設計に関する一般的な要件と、最も重要な主要な数値および用語について説明します。詳細な手順は、「地域暖房ネットワークの計画ハンドブック」[19]にも記載されています。

図8.1に示すように、加熱ネットワークは、1つ以上の中央加熱設備、1つ以上のメインパイプ、1つ以上の分岐パイプ、およびハウス接続パイプで構成されています。加熱ネットワークは長い耐用年数を持つ高価なインフラプロジェクトであるため、その後の変更は実装が困難で、コストが高くなります。これは、漏れや破裂パイプなどの欠陥の修復にも同様です。耐用年数が長い場合、投資コストと熱損失が増加した予測拡張予備と、ラインの寸法が狭い拡張予備との間では、慎重なバランスを取る必要があります。この困難な課題は、状況に応じて戦略的な先見性を持って取り組む必要があります。容量のボトルネックが発生した場合、負荷管理、分散型蓄熱、戻り温度の低下、脱分散型熱源またはリング接続の統合などの最適化オペレーションがあります。一方、大型の加熱ネットワークの場合、より多くの熱を販売する以外の最適化オプションはほとんどありません。

熱分布または熱ネットワーク設計は反復的で横断的なプロセスであり、需要評価、システム選択、段階的なネットワーク拡張を備えたシステムとして包括的に考慮する必要があります。

以下の説明と主な数値は、温水の特性が110°C未満の第3世代の熱分布と、埋め込みおよび永久接続された断熱プラスチックジャケットパイプおよびコンパクトな間接伝熱ステーションを考慮したものです [19] ページ、65 ページを参照。最後の章です。

12.5 は、温度レベルが低く、多様なシステムの統合により複雑さが増すことを特徴とする、地域熱加工ネットワーク技術のさらなる開発に取り組んでいます。

### 12.2 主要な数字と用語

#### 12.2.1 潜在的供給エリア

潜在的な供給領域を特定するために以下で説明するツールと方法は、実現可能性調査における初期評価と大まかな評価の補助となります (第11章も参照)。投資決定には詳細な計画が必須です。

従来の潜在的な供給エリアの推定に加え、GISツールや地籍地図などのデジタル情報源も、加熱や冷却の需要に関するデータを提供するために利用可能性が高まっています。

その他の有用な情報も含まれています。たとえば、次の無償のWebベースソフトウェアがあります (図12.1も参照)。

- THERMOS[113] は、予算、気候、エネルギー目標などのユーザーおよびプロジェクト固有の要件に従って、地域暖房ネットワークを計画および最適化するために使用されます。THERMOSを使用すると、瞬時のマッピングと統合されたエネルギー需要予測が可能です。
- Hotmaps-Toolbox[114] と PETA 5.1 [112] は、地域、地域、国、地域レベルでの戦略的な冷暖房計画において、当局、エネルギーサービス会社、およびプランナーをサポートします。この2つのツールには、ヨーロッパ・ピアン地域の暖房および冷房需要を見積もるためのデータが含まれています (ホットマップには スイスおよびノルウェー) を参照してください。
- From map.geo.admin.ch [115] からは、Hotmaps-Toolbox for Switzerlandと同様のソフトウェアがあります。暖房と冷房の需要を見積もるためのデータが含まれています。さらに、既存の1000を超える熱ネットワークがマッピングされています。

また、熱層面積における熱需要密度を推定するために、各建物の空間暖房、DO隣接温水、プロセス熱の年間熱需要を概算することもできます。この目的には、以下の方法が使用されます。詳細については、「地域熱ネットワークの計画」ハンドブックの第6.4.2章を参照してください [19]

- エネルギー参照面積と建物品質による年間熱需要の推定。
- 建物の容積と品質による年間の熱需要の推定。

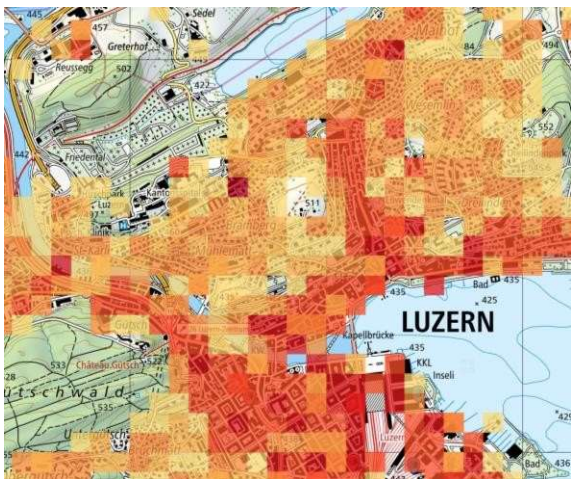
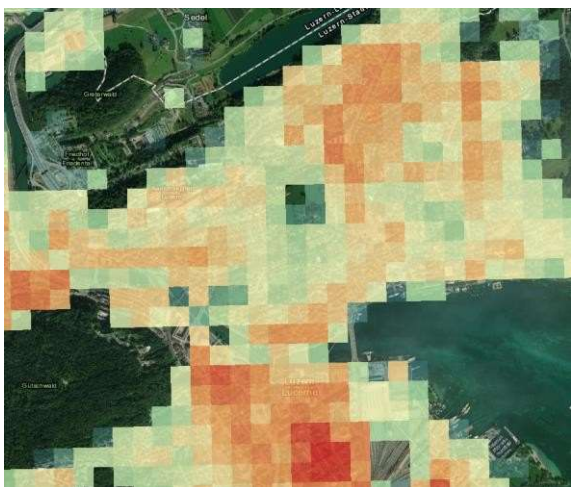


図12.1 : THERMOS(上)、Hot- maps toolbox(中央)、およびルツェルン(中央)の町のmap.geo.admin.ch (下)からの地図セクションです。色付きのフィールドは、さまざまな暖房および冷房要求値を表します。

### 12.2.2 熱要求密度

熱要求密度は、地域暖房ネットワークへの接続のための供給エリアの適合性基準です。面積内のすべての建物の年間熱消費量を領域の総面積に関連付けます。熱要求密度の評価には、表 12.1 を使用することを推奨します。

表12.1 プーンの推奨熱需要密度を適合性基準

Suitability for heat network	Heat demand density kWh/(m <sup>2</sup> *a)
Not suitable	< 50
Conditionally suitable	50 - 70
Suitable	> 70

#### 熱要求密度のステートメント

- 一戸建て住宅の近隣は一般的に関心がありません (熱需要密度 15-30 kWh / (m<sup>2</sup>\* a) )
- 複数の家族が住む地域、村や町の中心部など、建設が密集している地域は興味がある。
- 地域にある大規模な消費者 (主要な顧客) が優先的に統合されれば、熱調達密度と加熱ネットワークの経済効率を改善できます。
- 単一の大規模消費者のための暖房ネットワークは通常周囲の区域に高い熱調達密度がある場合だけ興味がある。
- ヒートネットワークは、対応するローカル近接から適切な熱調達密度が得られる場合に限り、少数の大規模な消費者にのみ設定できます。
- 投資と燃料のコストが低いか、熱損失が少ない (断熱基準が高く、供給温度が低い) ため、熱需要密度が70 kWh / (m<sup>2</sup>\* a) よりも低い地域を地域暖房に経済的に接続できます。

### 12.2.3 主要な顧客

地域の適合性を測る指標としての熱調達密度に加えて、主要顧客とも呼ばれる大量の熱消費特性は、地域暖房ネットワークの経済運営に不可欠です。

主要な顧客を早期に調査する場合は、最も関連性の高い顧客を明確にし、計画データを提供する必要があります。既存の建物や特殊な構造物、特に処理熱のある業界では、適合性のあるデータを利用できないことがよくあります。また、データを収集するにはコストがかかります。コストを低く抑えるために、仮の調査では、口頭による問い合わせと有資格の見積もりを使用する必要があります。



## 12.2.4 開発の程度

供給可能なエリアでは、すべての建物が接続されていることはまれです。特に、より大きな供給エリアの新たな開発の場合、例えば実現可能性や仮調査では、面積の年間熱需要を、いわゆる破壊または接続の程度で考慮する必要があります。接続の程度は状況に応じて考慮する必要があり、50%から80%の間に行うことができます。

## 12.2.5 並行性係数

熱分布ネットワークの寸法を作成するには、座標係数も考慮する必要があります。多くの熱消費者とのネットワークでは、この係数は、すべての熱消費者が同時に最大出力を消費しないこと、および総サブスクライブ型熱容量のデマンドに関連して同時に発生する最大熱容量デマンドから計算されることを意味します。

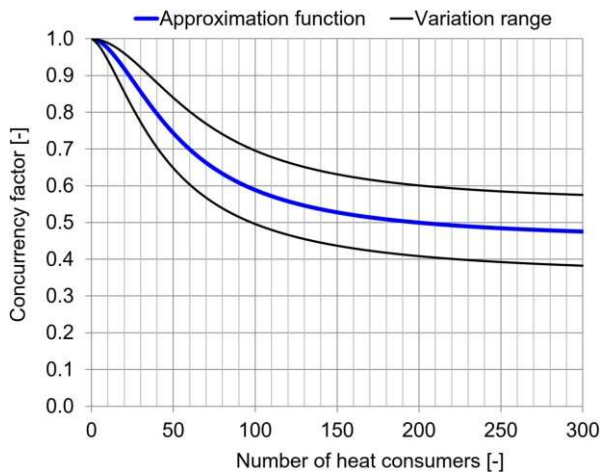


図12.2接続されている顧客数に基づく同時性係数近似の近接機能と散乱範囲（[19]を参照）です。

図12.2は、顧客数に応じた概算関数として並行係数を示しています。したがって、10～20社のお客様では、85%～100%の範囲で約95%の同期が予想されます。100個を超える熱消費者との接続では、約60%の同期が想定されます。

同期を決定する決定的な要因は、顧客構造です。永久的なプロセス熱伝導器は、例えば単一ファミリーの住宅の近隣よりも同期が高くなります。一時的または季節的な熱需要によって同期が減少しますが、季節的なピーク負荷により、ホテルや休日用のアパートが最大収容されている冬のスポーツ・リゾートでの休暇シーズンなど、一貫性の要因が増加します。同期の推定は、消費者の構造と経験に関する深い知識に基づいています。

Excelツールを使用して需要評価を行い、バイオマス用QMを適切なシステム選択します

DHプラントでは、同時性係数は使用されないことに注意してください。これは、熱源の設計が1日の平均出力需要に基づいているためです。つまり、同時性係数と同様に、前述の効果がすでに考慮されていることを意味します。

## 12.2.6 接続密度

地域暖房ネットワークは、熱の販売による収益が資本コストと運用コストからの熱生産コストを超える場合、経済的に存続可能であると想定されています。経済的に表面的であることを推定するための重要な指標は、接続密度（線形熱密度とも呼ばれる）です。接続密度は、MWh/a販売される年間の熱量と、メイン、ブランチ、およびハウス接続パイプラインのトレンチ長の合計（メートル単位）の比率です。熱需要密度と同様に、個別のサブネットワークまたは分岐に対して線形熱密度を計算し、評価に使用することもできます。

境界条件をより詳細に把握していない大まかな評価のために、線形熱密度が2 MWh (a \* m) を超える供給領域は、一般に最終的な拡張および年間稼働で魅力的な検討が行われます。熱販売による収益、有利な燃料コスト、低い熱損失（高断熱規格、低ネットワーク温度）、良好な建設条件、投資補助金などの一般的な条件により、接続密度が低い場合でも経済的な運用が可能になります。

近くまたはルートに沿った小規模な消費者の接続は一般的に望ましく、通常は接続密度の観点から重要ではありません。ただし、小さな消費者が次のメインパイプラインやブランチパイプラインから遠く離れている場合は、接続密度が低下します。そのため、対応する接続は魅力的ではなく、状況に応じて検査する必要があります。接続は、追加の接続コストまたは加熱価格の上昇につながることができます。

詳細については、6.4.4章の「地域熱ネットワークの計画 [19]」のハンドブックを参照してください。

## 12.2.7 具体的投資コスト

熱分布の具体的なコストは広範囲に及び、主に構造条件、配管の種類、現地価格、開発進捗状況、接続密度によって決定されます。

農村地域では、一般に都市部よりも地域の暖房パイプの敷設コストが低くなっています。都市部では、既存のサービスパイプ、建物構造、地盤の状態、高再構築コスト（アスファルト、舗装など）、および困難な交通状況により、最適な配管経路が確保されず、場合によっては追加コストを考慮する必要があります。

バイオマスDHプラントの品質監視で特定の投資コストの目標値を達成できない場合は、投資家および資本提供者と協議して、より高い値を合意することができます。この場合は、より高い固有性を検証する必要があります



熱分配の投資コストは、特に燃料価格の上昇などにより、長期的には経済的な存続可能性に影響します。どちらの場合も、経済的実行可能性は、事業計画と予算貸借対照表および予算損益計算書で実証する必要があります。詳細については、第10章を参照してください

### 12.2.8 熱供給損失

熱分布の損失は、接続密度など、経済的な効率に影響を与える重要なパラメータです。これらは、次の要因によって異なります。

- パイプラインの寸法
- パイプライン被覆のパフォーマンス(U値)
- フローとリターンの温度レベル
- 動作中の温度プロファイル（一定、すべり、または一定すべり）
- 接続密度
- 運用期間（通年または季節ごとの運用）

熱分配損失は、熱生成によって地域加熱ネットワークに供給される熱量と、接続されているすべての顧客から引き出される熱量の差として決定されます（『地域熱ヒーティング・ネットワークの計画』 [19]CHAPター7.1.4を参照）。熱分布損失は、絶対的または相対的な用語で考慮できます。通常は、システムに供給される熱の量に関連して考慮されます。相対的には、夏の熱損失は冬よりも大幅に高く、絶対的には差が最も無視できる程度である。

図12.3は、異なる動作モードとフロー温度の線形熱密度に応じた相対（パーセント）年間熱分布損失を示しています。バイオマスDHプラントのQMによると、効率上の理由から、熱分布損失は、有用な熱需要の10%の目標値を超えてはなりません。図12.3に従って目標値を達成するには、動作モード、温度レベル、および投資コストに応じて異なる接続密度を達成する必要があります。

運転暖房ネットワークでは、接続密度（圧縮）を事前に調整することで、相対的な熱膨張損失を低減し、全体的な経済効率を向上させることができます。

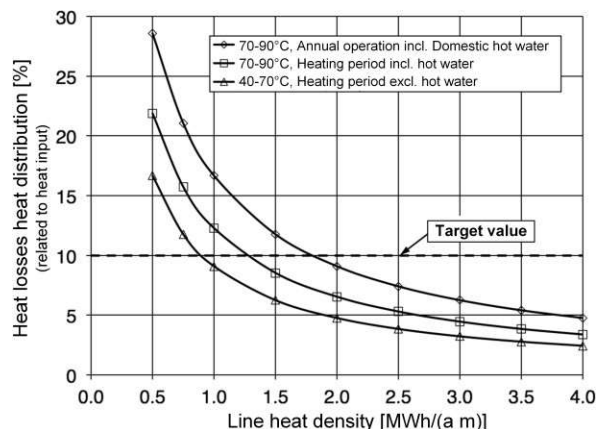


図12.3熱分配損失は、さまざまな動作モードと加熱ネットワークの流量温度レベルの線形熱密度に応じて発生します。

### 12.2.9 効率基準からの逸脱

12.2.6章ですでに説明したように、コスト効率の高い構造と動作条件により、接続密度が低い場合でも暖房ネットワークを経済的に運用できます。

避けられない廃棄物の熱（例：処理能力や産業）を考慮する場合、効率（低熱分配損失）とコスト効率（低投資）の点でも目標が矛盾しています。廃熱源は接続された顧客のすぐ近くに配置されていないことが多いため、たとえば接続または輸送ラインの熱損失を大きくするなどして、廃熱の利用に接続密度を低くすることも許可されれば意味があります。

この時点では、この質問に対する決定的な回答や推奨事項はありません。ただし、基本的には、特定の状況下では、主にCO<sub>2</sub>ニュートラルエネルギー源を中心に資源節約用途に基づいて使用する限り、効率要件を低くすることが可能である必要があります。したがって、評価は常に状況に基づいて行われ、国会議員の一部、住民の受け入れなどの各枠組みの条件に適合する必要があります。

## 12.3 プロジェクト手順

加熱ネットワークは、熱発生、熱伝達、および顧客への熱伝達で構成されます。プロジェクトプロセスの後続の説明には、熱発生から顧客への熱伝達を含む熱分布の計画作成タスクが含まれています。詳細については、「地域熱ネットワークの計画作成に関するハンドブック [19]」の第6章を参照してください計画フェーズと運用フェーズは基本的に区別されます。

表12.2 に、計画フェーズとそれに対応するアクティビティおよびタスクをリストします。パイプの直径の寸法は'次の章で説明します

表12.2を参照してください 地域暖房ネットワークの計画に関するハンドブックに従って、段階と活動を計画します ( [19] 、103ページ

Planning phase	Activity / Task
Pre-study	Determine potential heat supply area Determine key customers Update heat supply area First economic feasibility study Decision for further development
Design planning	Specify the key customers Survey of small customers Determine heat supply area Second economic efficiency analysis Decision on implementation
Tender planning	Design of heat network Specification transfer stations Building permit Tender and submission Third profitability analysis Award, execution and acceptance

## 12.4 管径寸法

パイプの直径は'パイプ長さのメートルあたりの特定の圧力損失に基づいて'常にPa/m単位で寸法付けされます 図 12.4 は、ÖKL-Merkblatt 67[101]および Swedish District Heating Association-tion DHA [77] による最大流量の推奨値を示しています比較すると、流量速度は100、200、および300 Pa /mの一定の特定圧力損失に対応しています [121]

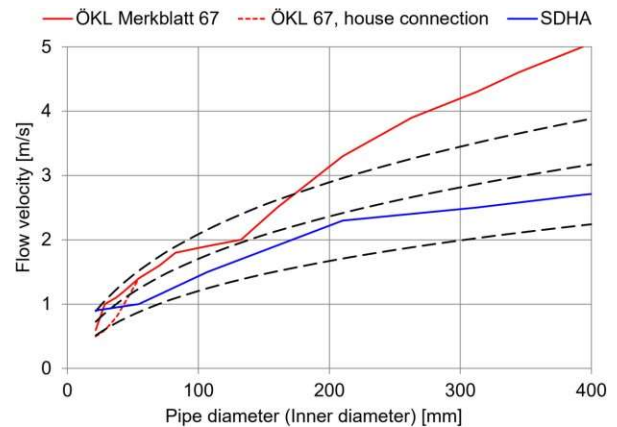


図12.4 流速度は内部配管の直径の関数であり、ÖKL-Merkblatt 67 [101]およびSwedish District Heating Association (DHA) [77]による最大流速の推奨値を示しています さらに、100、200、および300 Pa/mの一定の比圧力降下での流速が示されています。 [121]

### 実践的な調査の結果

52の地域暖房ネットワークの実際の調査では、メインパイプとサブパイプの約80%が、効果的に必要とされるよりも大きいことが示されました。 [121] オーバーサイジングは通常1つまたは2つに相当しますが、場合によっては最大4つの公称直径に相当し、パイプの直径が可能な限り小さい暖房ネットワークと比較して、熱損失とコストが大幅に高くなります。

### 12.4.1 寸法記入推奨事項

パイプ直径の寸法は'計画または予想される最終展開に基づいています耐用年数が長い場合、長期的な戦略的検討が不可欠ですが、それに対応する不確実性や困難も伴います。慎重なバランスを取る必要があります。慎重なバランスを取ることで、投資コストと熱損失を抑え、パイプラインの寸法を作成することで、予防的な拡張の可能性を引き出すことができます。

また、適切な配管システムと絶縁規格、圧力定格、設置状況と方法、およびデータ伝送と漏洩モニタリングを考慮する必要があります。また、パイプの静的温度や動作温度の仕様もあります。たとえば、冬の連続動作温度や予想される戻り温度などです。

上記の境界条件に基づいて'パイプ直径は次の推奨事項に従って寸法付けされます

- 水流パイプの粗さ $k \leq 0.01$  mmです
- 250 Pa/m~300 Pa/mの特定の圧力降下用に、個別のサブパイプラインを設計します

- 公称直径が異なり（クリティカルノードなど）、平均比圧力降下が150 Pa/mから200 Pa/mの長いパイプラインセクションの制御変数

初期の見積もりと寸法については、地域暖房ネットワークの計画に関するハンドブックに、さまざまな温度スプレッドと特定の圧力損失での送電容量がさまざまなパイプシステムについてグラフで示されています。（[19] ページ、191ページを参照）

### 12.4.2 寸法記入手順

加熱ネットワークの寸法付け手順については、「地域加熱ネットワークの計画ハンドブック」の7.3章を参照してください（[19]ページ、130ページ、および設計表191ページを参照）。

開始点はパイプが複数のセクションに分割されるパイプライン計画またはパイプライン図です。セクションは、ブランチのないパイプおよび公称直径の変化として定義されます。設計では、セクションに次の情報を定義する必要があります。

- セクションの番号付け
- セクションの熱容量
- 流量の番号付け
- セクションの長さ
- セクションの個々の抵抗（方向および取付け具の変化を考慮します）
- セクションの最初のパイプ寸法を作成します。

重要最適な呼び径を決定することは、反復プロセスです。

### 12.4.3 計算方法

圧力損失の計算とパイプラインの寸法決定は、パイプネットワーク計算のテーブル、チャート、フォームを使用して手作業で行うか、または特別な計算プログラムを使用して行うことができます。

この目的には、多数のパイプネットワーク計算プログラムが利用できます（建物および設置技術など）。一部は、ルツェルン応用科学芸術大学の圧力損失Excelツールなど、圧力損失の計算にのみ使用されます [122]

また、大規模な加熱ネットワークの計算に適した領域暖房用途向けに、より包括的な計算プログラムが用意されています。多くの場合、データのインポートとエクスポートのための包括的なインターフェースがあります（例 GISデータ）を使用して、圧力損失、熱損失、臨界ノード、寸法、動作時間など、計算の加熱関連のすべての側面をカバーします。ネットワーク分析などを行います。市販の計算プログラムには、次のようなものがあります。

- エンジニアリングオフィスのSTANET Fischer-Uhrig [123]
- 供給網のためのコンピュータセンターのROKA GS - Works Wehr GmbH [124]

- 3S-consult GmbHのSIR-3S [125]
- Verenum AGのTHENA [106]

ほとんどのプログラムにはあらかじめ設定された値があります（パイプの粗さなど）。ただし、これらの値は慎重に検証することなく使用しないでください。関連するすべての計算パラメータは自由に設定でき、常に慎重にチェックして設定する必要があります。

## 12.5 熱ネットワーク技術開発

従来の地区加熱ネットワークでは、60° Cを超える流量温度でソース（熱源）から熱を流し（熱消費者）[77]に転送し、図12.5に示すように「高温ネットワーク」と呼ばれています。建物には、プロセスだけでなく、暖房や家庭内の温水を供給します。

低温ネットワークとは、60° C未満の温度で動作する熱交換についてのネットワークを指します。これにより、約30° Cの下限までスペースを直接加熱できます。家庭用温水の準備には、分散型ヒートポンプが必要です。30° C未満のフロー温度では（図12.5を参照）、スペースヒートインおよび家庭用温水の両方の準備に、分散型ヒートポンプが必要です。低温ネットワークは、下流の従来の高温配電ネットワークに供給する分散型ヒートポンプの供給源としても使用できます。

温度が20° C未満の場合、グリッドはヒートシンクとしても機能し、冷却を供給します。後者の場合、アプリケーションは領域冷却とも呼ばれます。30° C未満の熱分布のためのアプリケーションは、「コールド・ディストリクト・ヒーティング」または「アニジー・ネットワーク」とも呼ばれます。「アネルギーネットワーク」は物理的に不正確であるため、この用語はこのドキュメントでは使用しません。

サーマルネットワークは、すべての温度レベルで熱を伝達するネットワークの総称として機能します（図12.5参照）。前述のように、フロー温度に基づいて区別されます。また、水の流れ方向（方向性または非方向性）とシステム内のエネルギーフロー（単方向または双方向性）[126]を参照) に関しても、異なる動作モードがあります。

特に既存の高温グリッド向けには、地域加熱技術の開発が進む中で、低損失・効率的な熱分配、再生可能な熱源の表面効率・収量の向上、新しい低温熱源の開発など、システム温度の低下に向かう傾向があります。しかし、どのシステム温度とネットワーク技術が選択されるかは、利用可能な熱源と各プロジェクトのフレームワーク条件によって大きく異なります。したがって、低温グリッドは、高温グリッドよりも絶対に適していません。

地域暖房供給のための典型的な化石の熱源(化石CHPのプラント、ガスのボイラー)はもはや利用できない

中期的に熱源として使用できます。廃棄物焼却や木材暖房からのCHP廃熱、CHPプラントなど、地域暖房用の他の高温熱源は、将来、他の再生可能エネルギー源や他の廃熱源によってますます補完されるでしょう。

- 中央および分散型ヒートポンプの熱源としての環境熱、または建物を受動的に冷却するためのヒートシンクとしての環境熱（フリー冷却）。以下のものを使用します。
  - 水面（湖と川）
  - 地下水（様々な深度）
  - 地熱エネルギー（特にボアホール熱交換器）です。

- 火力発電所、化石または電力を供給する産業プロセス、再燃焼プラント、建物、廃水からの廃熱、地域によっては地熱発電所からの廃熱など、さまざまなエネルギー源からの廃熱です。
- 化石燃料（ピーク負荷と冗長性のため、将来的には制限されます）

また、外気温および日射も熱源として利用できます。ヒートポンプの場合、空気以外の熱源（海水や地熱など）は、必要な温度と出力に対してより効率的です。地域や一般的な状況によっては、すでに様々な形で太陽熱エネルギーが使用されていますが、その利用は今後も増加していきます。

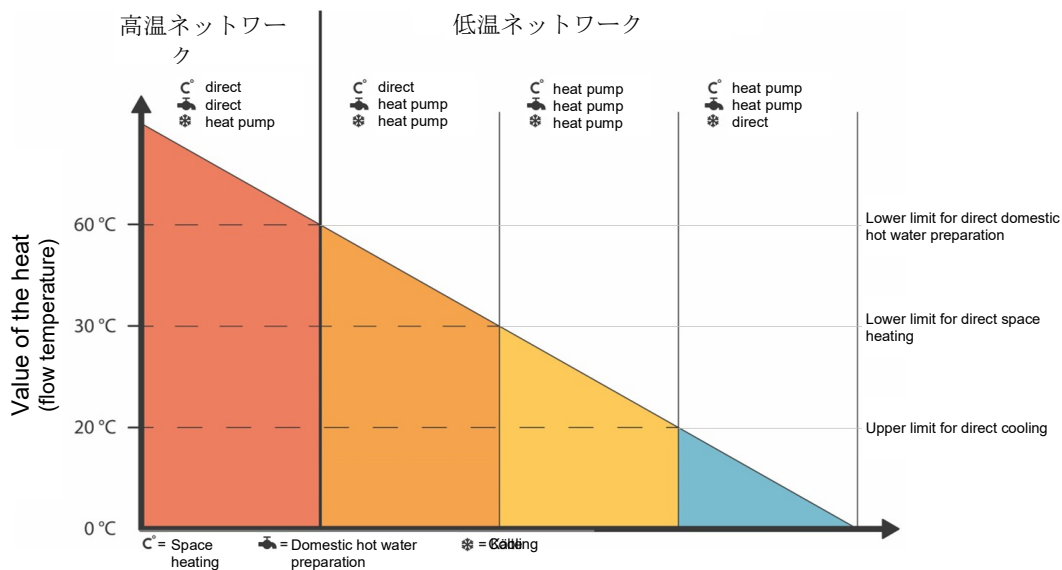


図12.5熱ネットワークの分類は、フロー温度に応じて行われます（[126]に追加）。

再生可能資源としてのバイオマスからのエネルギーは、その地域の利用可能性、保管可能性、柔軟性のために、今後も機能していくこととなります（第1.3.2章を参照）。低熱ネットワーク温度の利点は、低供給温度で大幅に高い収率を達成できるような、排出損失の低減と排ガス凝縮と特別に組み合わせたバイオマスDHプラントであることが挙げられます（第13章を参照）。

バイオマスDHプラントは、さまざまな方法で低温帯の概念に統合できます。たとえば、低温サブネットワークのリターンから熱を切り離すことで、カスケード熱利用を実現できます。逆に、低温の熱源は、低温の輸送パイプラインと中央のヒートポンプを介してヒートネットワークに直接組み込むことができます。

サーマルグリッドの分野では、概念や技術のさらなる発展のために、現在計画されているプロジェクトが数多くあります。これらのいくつかは、パイロットおよびデモンストレーション工場であり、常に市場のために完全に開発されていないか、または過度に専門化されていない。バイオマスDHプラントおよび

この計画ハンドブックのQMの目的は、バイオマスDHプラントおよびサーマルネットワークの効率的で省資源かつ低排出量の運用です。これに基づいて、熱ネットワークと、膨張した再生可能な熱源の相互作用について、以下の一般的な原則を考慮することができます。

- すべての地域で使用可能な熱源を最大限に活用し、リソースを節約します
- ローカル以外のソースの前にローカルソースを使用します
- すべての熱源が最適かつ許容可能な動作条件（容量、温度）内で動作するように、個々の熱発生器と蓄熱タンクのシステム構成と寸法を作成します。
- 加熱ネットワークの熱損失を最小限に抑えます

バイオマスDHプラントが全体的なシステムの一部であると同時に、バイオマスボイラーの効率的で低排出量の運転を目的としたこの計画作成ハンドブックの原則と推奨事項を、できる限り準用する（第13.7章を参照）。また、一般的に有効な推奨事項は、どの概念が現在の知識の状態から派生することはできません

持続可能であり、そうではありません。多くの概念を考えると、すべての概念が長期的に成功するとは限りません。

現在の状況を分析するために、EnergieSchweiz [115] の「**Thermische Netze**」プログラムに約1,000のネットワークが記録されましたこの解析では、2つの従来の領域加熱ネットワークに加えて、40° C [127]未満のフロー温度を持つ熱ネットワークの7つのケーススタディについても説明していますInternational en-ergy Agency (IEA) [128] の「低温地区加熱実装ガイドブック」には、低温ネットワークに関する詳細な資料と多数のデモンストレーション例が記載されています。



## 13 熱発生システム選択

### 13.1 はじめに

年間熱生産量や全熱容量需要などの重要な基本データは、需要の評価と熱分散の設計からも明らかです。第13章では、熱発生設計について説明しています。総熱需要と熱発生体間の熱需要の望ましい膨張については、基本的な熱生成システムの種類が選択されています。再生可能な他の熱源や再生可能な発熱システムの導入、効率化対策の利用、熱と電力の組み合わせ（CHP）の可能性についても検討する必要があります。また、発熱体のたわみは、加熱システム、水流システム、煙突システムの設計に影響を与えます。法的な問題、安全性、騒音保護、および排出ガス要件を確認する必要があります。

### 13.2 他の熱源との生態学的比較

#### 13.2.1 概要

今日暖房システムを選ぶとき、環境の両立性が持続可能性は費用と同様、前場に常にである。環境適合性を正確かつ有効に評価することはできませんが、システム計画のフレームワーク内で、さまざまなパラメータやメソッドを使用して、拡散バリエーションの定性的な比較を行うことができます。

騒音や大気への影響のみを評価する場合は、システムの動作に対応する調査を実施できます。空気の質の場合、熱膨張性加熱システムの排出量を比較すると便利です。分割型の設備の排出係数は、環境保護局がスイスで定期的に更新し、試験員のために「炉の排出係数に関するファクトシート」 [129]の「Fantsheet on Emission FAC-ors for Furnaces」に記載されています

しかし、より詳細な評価を行うためには、プラントの構造化、燃料の調達、補助エネルギー消費、廃棄などの上流工程と下流工程の影響を、工程全体および設備の予想寿命全体にわたって考慮する必要があります。ライフサイクルアセスメント（LCA）を使用して、包括的な評価を行います。

エネルギープラントの評価において特に重要なのは、エネルギー効率と気候への影響であり、以下のように定量化できます。

- **エネルギー効率の評価**（主に一次エネルギーに関連します）：  
累積エネルギー需要（主に一次エネルギー係数と表記）であり、オプションでこれから派生します

エネルギー回収期間とエネルギー回収係数です。

- **気候への影響を評価**温室効果ガスの総排出量（CO<sub>2</sub>またはGHG相当量）を決定します。

このデータの収集にはライフサイクルアカウンティングが必要ですが、取得されたデータは、異なる影響を主観的に重み付けすることなく定量化できる単一の物理実体を表しています。

様々な環境影響の包括的な評価が必要な場合は、個別の環境領域を個別に評価できます（例「臨界体積」は、臨界空気量、臨界水体積、廃棄物量、およびエネルギー等価量を示す指標の形式です）。ドイツでは、Federal Environment Agency（UBA）が開発した「UBAインパクトインジケータ」の評価方法を使用しています。この方法の目的は、さまざまな環境影響をランク付けすることで、個々の影響を可能な方法で評価する必要があります。

その他の方法では、環境への影響は1つの指標に集約されます。これは、たとえば、スイスといわゆる「環境影響ポイント」（EIP）で使用される「生態系の不足」方式を使用することで実現されます。EIPでは、個々の環境への影響を主観的に重み付けする必要もあります。スイスでは、EIPの決定を使用して、ビルセクターの持続可能性を評価します。対応するデータは、「Kodinationskonferenz der Bau-und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren」-建築物および不動産機関（KBOB）の調整会議の中で提供されています。これは、主要エネルギー要因、温室効果ガス排出量、および環境への影響に関するデータを示しています [130]

下のボックスは、言及された方法の特徴を説明しています。

エネルギー効率の評価

累積エネルギー需要 (CED)

CED には、システムまたは製品の製造、使用、廃棄に必要なエネルギーが含まれています [131]原則として、一次エネルギーが評価され、CED は「一次エネルギー係数」とも呼ばれます。エネルギー回収期間は、CED と年間エネルギー生産量から決定できます。

ハーベスティングFAC トールHF=CEP/CEDです

システムに予想されるライフタイムも想定される場合は、ライフタイム中にCED および累積エネルギー生産 (CEP) からエネルギー回収係数 (HF を抑止することもできます。この定義に従って HF < 1 となります。HF 値は、バイオマスのエネルギー利用のために2つのシステムを比較するために、サンプルとして使用できます。ただし、石油加熱システムと木材加熱システムを比較する場合、この定義は有用ではありません。このため、再生可能でない一次エネルギーが需要としてカウントされ、再生可能な一次エネルギーは考慮されないという条件で、回収率を決定できます。

再生可能エネルギーのインデックスREが適用されます。

$$HF_{RE} = CEP/CED_{RE}$$

再生不可能エネルギーのインデックスNRが適用されます。

$$HF_{RE} = CEP/CED_{RE}$$

原則として、化石エネルギー源には次のことが適用されます。

$HF_{NR} = HF < 1$  であり、再生可能エネルギーの場合：

$$HF_{NR} > 1 > HF.$$

この方法では、異なるエネルギーシステムのリソースの表面性を  $HF_{NR} > 2$  と比較できます

> 再生可能エネルギー源には10、再生不可能エネルギー源にはEFCNE<1を使用できます。

CEDについては、次のことも適用されます。

$$CED_{RE} + CED_{NR} = CED$$

気候への影響を評価

温室効果ガス (GHG) と同等

大気中の水蒸気、CO<sub>2</sub>、メタン (CH<sub>4</sub>) などの多くのガスや粒子は、地球の放射予算に影響を及ぼします。これは温室効果と呼ばれています。CO<sub>2</sub> 相当またはGHG相当は、グリーンハウス効果の変化の指標として機能します。これは、CO<sub>2</sub> と比較した温室効果に対する一定の寄与を示しています。普通100年という期間が考慮されます。例えば、100年間、メタン (CH<sub>4</sub>) 1 kgのCO<sub>2</sub> は28 kgのCO<sub>2</sub> に相当します。亜酸化窒素 (「笑気ガス」、N<sub>2</sub>O) の場合、この値は

265です。プロセスのすべての温室効果ガス排出量がライフサイクル全体で増加した場合、その温室効果ガスの排出量を決定できます。化石燃料の場合、一般的にGHGの等量はCO<sub>2</sub>によって支配されます。その他のプロ仕様では、CH<sub>4</sub> (バイオガスなど) またはN<sub>2</sub>O (品種品種の品種) も重要です。

ライフサイクルアセスメントでは、さまざまな影響カテゴリにおけるさまざまな環境影響を評価します

例としては、14種類のカテゴリを持つCMLメソッドや、9種類のカテゴリを持つエコインジケータメソッド (放射能、オゾン層破壊、重金属、発がん性、夏季スモッグなど) があります。冬のスモッグ、殺虫剤、温室効果ガスです

効果、酸性化、および富栄養化) があります。これらの方法により、多数の環境影響の要約比較が可能になります。ただし、たとえば、木材を1つの数字で石油と比較する場合は、温室効果の重み付けが必要です。

生態系の不足に応じた評価でライフサイクルを評価します

ここでは、地域または国固有の目標に関連して評価を行い、環境への影響点 (EIP) を合計します。この方法では、木材加熱システムからの排出など、重要な影響要因の感度を簡単に評価できます。ただし、全体的な評価は、国の制限値を超えたり下回ったりするなど、主観的な目標定義に向けて行われます。

13.2.2 例

表13.1 は、各加熱システムの回収係数HF NR (再生可能エネルギー使用量の評価なし) の比較を示しています。ここでは、地域加熱ネットワークの影響も調査されています。13.0の自動木材加熱システムの最高値は、地域加熱ネットワークのないシステムによって達成されます。グリッドの入力と損失は、一般的な接続密度のために、約9の収穫係数をいくらか低下させます。低い接続密度では、収穫係数が減少します。

表13.1 TJの再生不可能な一次エネルギーごとにTJの有効な熱で与えられたさまざまな加熱システムのハーベスタ (収穫) 係数HFNR です。また、熱の分解の場合は、熱密度の線形の影響もMWh / (a \* m) に表示されます。データは [131]に追加しています

Supply chain	HF <sub>NR</sub> [TJ/TJ]
Wood pellets	8.3
Wood chips with district heating at 0.6 MWh/(a*m)	7.9
Wood chips with district heating at 1.5 MWh/(a*m)	9.0
Wood chips with district heating at 3 MWh/(a*m)	9.4
Wood chips without district heating	13.0
Lump biomass boiler	13.8
Fuel oil boiler with flue gas condensation	0.71
Natural gas heating with flue gas condensation	0.74

石油・ガス加熱システムが0.71～0.74の収穫率を達成するにつれて、木材加熱システムは再生不可能なエネルギー源の代替効果を達成し、10～20分の1の高さを実現しています。代替は、木材加熱システムと化石加熱システム（例 14 / 0.7

= 20). これは、木材加熱システムの建設と運用に1リットルの石油を投資することで、オイル加熱システムに必要な石油を10～20リットルに置き換え、同等の利点を提供することを意味します。化石エネルギー源がCO<sub>2</sub>を引き起こすので、この要因は化石CO<sub>2</sub>排出量の代替指標でもあります。

図13.1 は、エコインジケータ方式に従ったライフサイクルアセスメントの例を示しています。すべての環境影響が1つの指標にまとめられるため、検討される変異体の順序は、温室効果の重み付けによって異なります。グリーンハウス効果の「高」な重み付けにより、木材の加熱は化石の加熱よりも大幅に優れています。温室効果の「低」な重み付けにより、ガスの加熱が最も効果的に行われ、集約された重み付けの問題が解決されます。

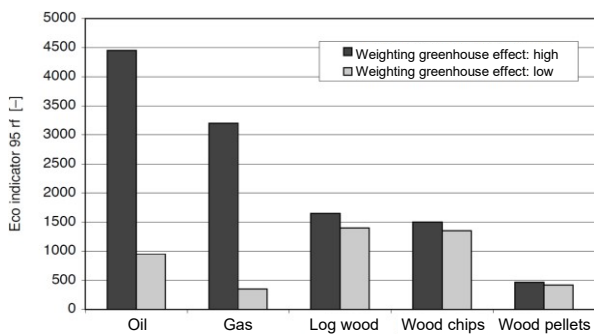


図13.1 TJの環境への影響は、[132]のデータによれば、温室効果の重み付け変動に対する石油、ガス、木材加熱システムの有用エネルギーのエコ指標ポイントである。木材チップの値の80%以上は、細かい粉塵と窒素酸化物の排出によるものです。最新の木材チップ加熱システムでは、微細な集塵装置を使用する場合、値は約3分の1になります。

表13.2 に、Switzerlandの建物セクターにおける持続可能性を評価するためのKordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB勧告) [130] からの抜粋を示します。図13.2（左）には、再生不可能な一次エネルギーのみが保存されている（インデックスNR）、一次エネルギー係数と立法エネルギー支出に関するデータが示されています。このデータは、エネルギー木材システムが高い回収率を達成し、加熱石油や天然ガスと比較して再生不能エネルギーの消費を約80%～90%削減できることを示しています。同様の効果が

表13.2さまざまな加熱システムの一次エネルギー係数または累積エネルギー需要（CED）、回収係数（HF）、温室効果ガスの排出量（GHG）、および発生した有用な熱に関連する環境影響ポイント（EIP）を示します。収穫係数HF<sub>NR</sub>はCED<sub>NR</sub>の逆数として計算されました。ヒートポンプのデータは、スイスの電気ミックスに適用されます。この混合電力の特性値は、表の最後に示されます。データは、オーストリア、ドイツ、イタリアの電気に関するデータを除く[130]に準拠しています[133]

図13.3（左）に示すように、温室効果ガスの排出に関しても得られます。

一方 図13.3（右）は、一次エネルギーまたは温室効果を考慮すると、環境への影響ポイントの差が差異より小さいことを示しています。すべての環境影響を考慮することで、天然ガスを加熱石油よりも有効に利用できるようになり、化石加熱システムよりも木材加熱システムの利点が小さくなります。

しかし、今後数十年にわたって、最も重要な課題は気候目標を達成することであるため、温室効果ガスの排出量を最優先する必要があります。図13.3（左）に示すように、バイオマス加熱システムや太陽熱システムは、温室効果ガスの排出に関して特に有利です。ヒートポンプも関心があります。ただし、低CO<sub>2</sub>電力で動作している場合に限りです。表13.2に示すヒートポンプのデータは、と一緒にスイスのグリッドから購入した電気に適用され

0.102 kg CO<sub>2</sub> (kWhあたり)の電力が必要です。その他の国では、対応するCO<sub>2</sub>の電力強度を考慮する必要があります。表13.2に、オーストリア、ドイツ、およびイタリアのデータを示します。これらの国の電気は、CO<sub>2</sub>強度が約2、4、6倍高くなっています。第2因子では、化石加熱よりもヒートポンプの利点が再利用され、第4因子で温室効果ガスの排出量が同様に高くなります。第6因子のCO<sub>2</sub>を集中的に使用する電気では、ヒートポンプでは化石加熱よりもCO<sub>2</sub>排出量が高くなります。

	Primary energy (Oil-equivalent) = cumulative energy demand CED			Harvesting factor	Greenhouse gas emissions	Environmental impact points
	Non-renewable (CED <sub>NR</sub> )	Renewable (CED <sub>RE</sub> )	Total (CED)	Non-renewable (HF <sub>NR</sub> = 1/CED <sub>NR</sub> )	GHG	EIP
<b>Boilers<sup>1)</sup></b>	kWh/kWh Q <sub>u</sub>			kWh Q <sub>u</sub> /kWh	kg CO <sub>2</sub> /kWh Q <sub>u</sub>	EIP/kWh Q <sub>u</sub>
Heating oil extra light	1.300	0.007	1.31	0.77	0.322	251.0
Natural gas	1.160	0.005	1.17	0.86	0.249	151.0
Log wood	0.194	1.580	1.77	5.2	0.045	152.0
Log wood with particle filter	0.198	1.580	1.78	5.1	0.046	144.0
Wood chips	0.097	1.420	1.52	10.3	0.020	116.0
Wood chips with particle filter	0.100	1.420	1.52	10.0	0.020	106.0
Pellets	0.210	1.320	1.53	4.8	0.038	108.0
Pellets with particle filter	0.213	1.320	1.53	4.7	0.038	103.0
Biogas	0.330			3.0	0.142	121.0
Heat pump air/water (annual COP 2.8)	0.908			1.1	0.063	149.0
Heat pump earth collector (annual COP 3.9)	0.665			1.5	0.046	110.0
Flat plate collector DHW SFH	0.275			3.6	0.037	102.0
Flat plate collector SH+DHW SFH	0.221			4.5	0.034	90.0
Flat plate collector DHW MFH	0.086			11.6	0.014	40.7
Vacuum tube collector SH+DHW SFH	0.193			5.2	0.031	76.5
<b>District heating<sup>2)</sup></b>	kWh/kWh <sub>end</sub>			kWh <sub>end</sub> /kWh	kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>end</sub>	EIP/kWh <sub>end</sub>
Biomass heating plant	0.143	1.580	1.72	6.99	0.050	120.0
Biomass CHP plant	0.128	1.330	1.46	7.81	0.042	102.0
Heating plant waste water heat pump (annual COP 3.4)	0.894			1.1	0.041	124.0
Heating plant ground water heat pump (annual COP 3.4)	0.963			1.0	0.062	155.0
District heating from waste incineration (average CH)	0.452			2.2	0.089	75.5
Biogas CHP plant	0.207			4.8	0.079	72.9
<b>Electricity from the grid<sup>2)</sup></b>	kWh/kWh <sub>end</sub>			kWh <sub>end</sub> /kWh	kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>end</sub>	EIP/kWh <sub>end</sub>
Switzerland (CH-consumer mix)	2.520	0.488	3.01	0.40	0.102	347.0
Austria <sup>3)</sup>	0.820	0.980	1.80	1.22	0.202 <sup>4)</sup>	170.0
Germany <sup>3)</sup>	1.760	0.830	2.59	0.57	0.427 <sup>5)</sup>	400.0
Italy <sup>3)</sup>	2.760	0.320	3.08	0.36	0.610	489.0

Abbreviations: COP: coefficient of performance, Q<sub>u</sub>: useful heat, DHW: domestic hot water, SH: space heating SFH: single-family house, MFH: multi-family house

<sup>1)</sup>For boilers, the reference value is 1 kWh of useful heat.

<sup>2)</sup>For district heating and electricity, the reference quantity is 1 kWh end (final) energy (trading unit).

<sup>3)</sup>Source: [133], all other data according to [130].

<sup>4)</sup>Current figures and applicable values for CO<sub>2</sub> emissions in Austria are provided by the Federal Environment Agency <https://www.umweltbundesamt.at/>

<sup>5)</sup>Current figures and applicable values for CO<sub>2</sub> emissions in Germany are provided by the Federal Environment Agency <https://www.umweltbundesamt.de/>

For heating oil, natural gas and wood fuels, KBOB shows values for CED that are greater than 1 and comparable with each other. For biogas and refuse-derived fuels, CED < 1 is shown, as their primary energy share is not or only partially assessed. These values for CED = CED<sub>RE</sub> + CED<sub>NR</sub> are not comparable with others and are not listed in the table.

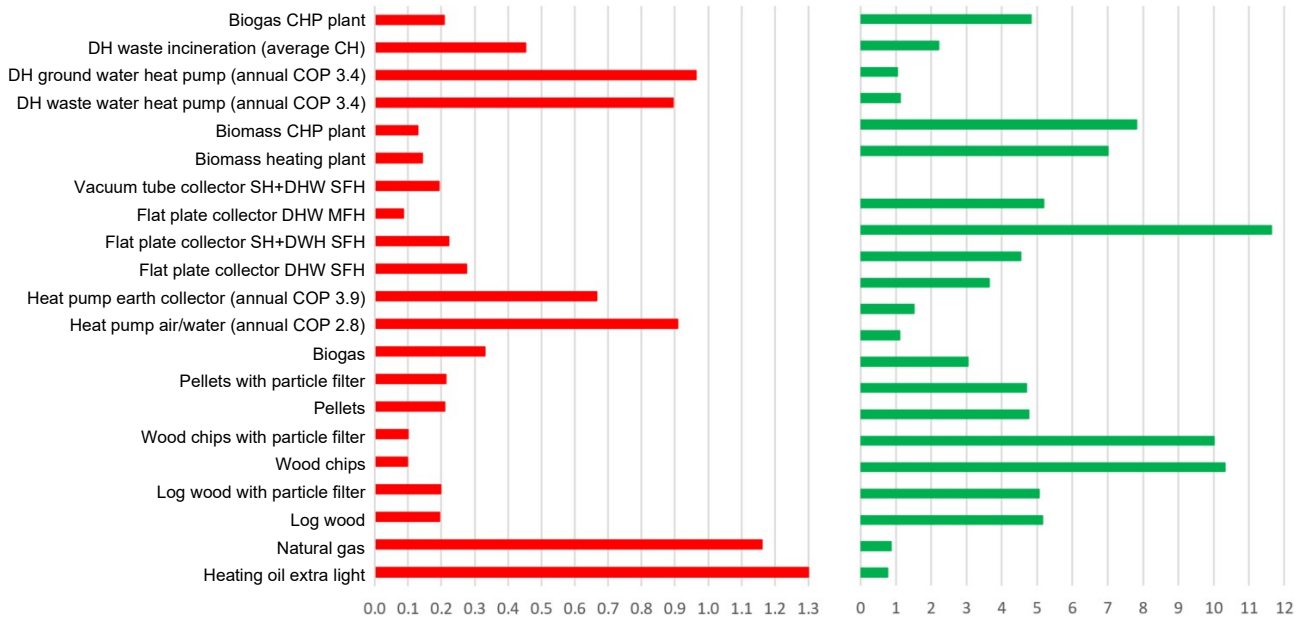


図13.2左(赤) : 再生不可能エネルギーまたは累積エネルギー需要の第一エネルギー係数 CED<sub>NR</sub> RIGHT  
 (緑) : 表13.2によれば、再生不可能なエネルギー回収係数 HF<sub>NR</sub> = 1/CED<sub>NR</sub> です。

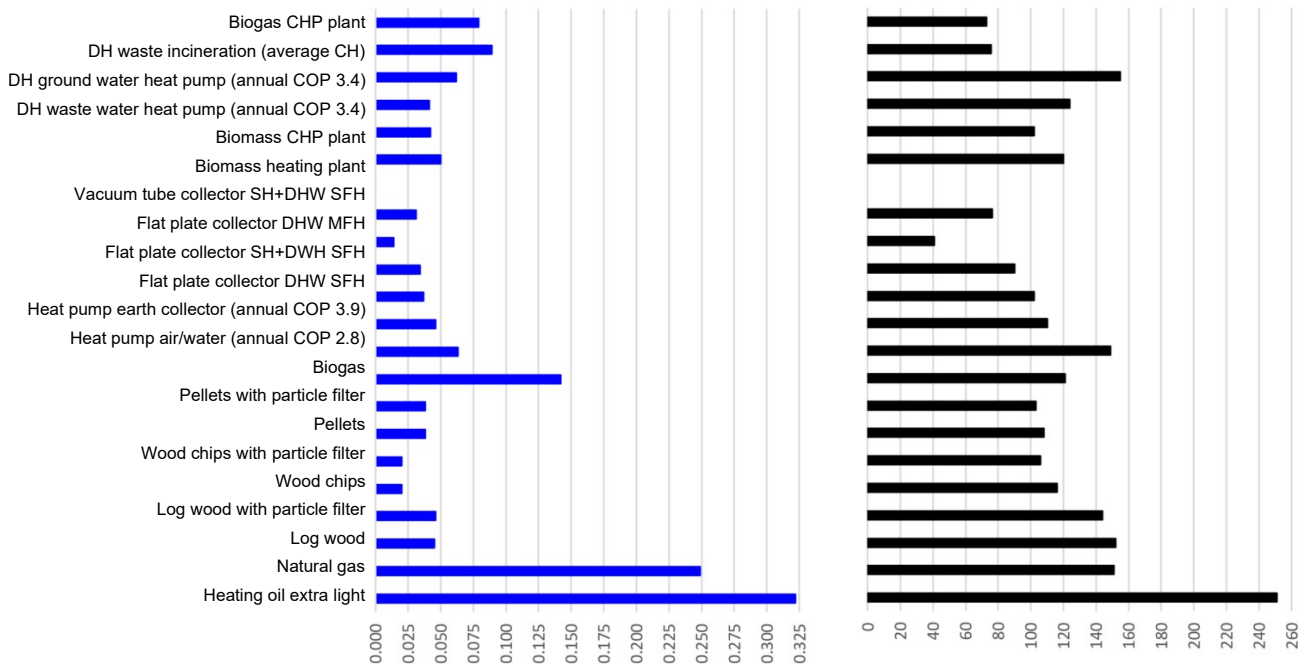


図13.3左(青) : 温室効果ガス排出量 (kg CO<sub>2</sub>-eq/kWhの有効熱)  
 右(黒) : 表13.2によれば、環境影響ポイント[EIP/GWH Useful HEAT] (EIP/GWHの有効熱) です



### 13.3 一般的な要件と重要な用語の定義

バイオマスDHプラントは、低排出量で経済的に運転する必要があります。これには、燃料の種類に応じた適切な燃焼システム、個々の熱源の熱出力の正しい記録、燃料の物流に合わせて調整された燃料貯蔵量（サイロ正味容量）、およびシステム全体への最適な水流の統合が必要です。目的は、基本的な概念とシンプルな概念に焦点を当てて、実証済みで経済的なインストールを実現することです。

プロジェクトの進捗状況（マイルストーン）に応じて、次の項目を目標として定義し、精度を高める必要があります。

1. 年間総熱需要量<sup>1)</sup>、または年間の熱生成が必要です
2. 必要な熱容量は合計1)
3. 熱発生システム（回路、制御コンセプト）
4. バイオマスボイラーの燃焼システム
5. 各エネルギー源（燃料）の熱源機への総熱容量需要の配分（熱生産シェア1を含む）です。
6. 加熱システム内の他のコンポーネントの寸法を記入します（燃料の貯蔵量や熱貯蔵量など）。

<sup>1)</sup> 需要評価と適切なシステム選択のためのExcelツールによる

バイオマス加熱プラントを設計する際には、以下の特性を考慮する必要があります。

- 水の含有量や圧縮（ペレットなど）に応じて燃料の燃焼が遅くなるため、ボイラー出力設定値を変更した後の応答時間が長くなります。
- バイオマスボイラーは、連続燃焼で30%から100%の出力範囲で動作し、連続燃焼空気供給と連続燃焼燃料供給を実現しています。適切な手段（燃焼用空気予熱など）を使用すると、低い出力範囲を15%まで延長することができます。
- 低負荷運転のために必要な最低平均加熱負荷は、定格バイオマスボイラー出力の10%~30%の範囲です。

バイオマス加熱プラントの最適な設計には特定の専門知識が必要であるため、計画担当者の要求が高まっています。バイオマス加熱プラントの設計および計画を初めて行う人や計画作成オフィスは、経験豊富な専門家のプランナーにアドバイスを求めることをお勧めします。バイオマスDHプラントの品質目標を達成するためには、熱生成システムが次の要件および目標値を満たす必要があります。

- **低排出ガス**：静止運転中は、法的に適用される制限値を超えないようにしてください
- **メンテナンスコストとサービスコストを削**

バイオマス燃焼プラントのフェーズです。これは、すべての燃料分類および燃焼システムの全出力範囲に適用されるため、適合可能な制御概念が必要です。

- **始動フェーズ、バーンアウトフェーズ、および炉床メンテナンス中の低負荷動作フェーズでの一時的な動作段階での異臭の排出** は、の章で説明されている対策を使用して回避する必要があります 13.5（表13.4を参照してください）。
- **高い年間効率**は **85%を超えるものです**。高い年間効率（20.12章を参照）の前提条件は次のとおりです。
  - $\lambda < 1.7$ が、全出力範囲（30%~100%）で過剰空気比
  - 平均140°C未満の排ガス温度とボイラーの低放射損失です
  - 単価バイオマス燃焼プラントは次のとおりです。1年に1回の拡張段階以降の全負荷運転時間の最小数は1,400時間を超え、1年に2,000時間を超える拡張段階が発生しています
  - 単価バイオマス燃焼プラントは次のとおりです。表13.5によれば、全負荷時の運転時間は大幅に増加しています（目標値では、ÖKL-Merkblatt >4,000時間/a）。
  - 低スタンバイ動作または炉床設備メンテナンス（年間スタンバイ時間と運用時間の比率は0.2未満です）
  - 起動フェーズとバーンアウトフェーズはできるだけ少なくしてください
  - 表13.4に準拠した軽負荷条件に準拠しています
- **システム投資コストを削減** 電発生システムの過大なサイジングは不要で、明確なシステム構造を持つシンプルな暖房設備と、できるだけ広い出力範囲を持つボイラーユニットはほとんどありません。標準シリーズの装置を搭載したマルチボイラシステムは例外です。
- **減自動灰除去およびボイラーチューブ洗浄、長寿命のシステムコンポーネントの使用、合意された燃料範囲に適合する充填および燃焼システム、および定期的な整備により、障害の少ない操作を保証する。スタートアップ段階とバーンアウト段階の少ないバイオマスボイラーを一定に活用します（バイオマスボイラーは、短時間の急激な出力変化なしに、平均負荷曲線を継続的に追従します）。**
  - **コスト効率に優れた燃料貯蔵**
    - 自動排出システム（サイロ正味容積）を備えた木材チップの燃料貯蔵量は、24時間定格出力でのバイオマスボイラープラントの日々の需要を5~7件と、直接供給チェーンの場合の輸送量を合わせた量にする必要があります（4.5.5.5章を参照してください）。この寸法により、燃料供給会社は、クリスマスや新年などの日々やサプライチェーンの短期的な中断を容易に橋渡しできる物流間隔を確保できます。直接供給チェーン（4.5.5章を参照）では、燃料供給業者と相談して必要な燃料貯蔵量を減らすことができます。積雪、凍結雨など、供給不足の極端な条件のセキュリティは、燃料供給業者と調整する必要があります。
    - ペレットの燃料貯蔵量は、設計温度にペレットの最小吐出量を加えた約10日の要件を満たす必要があります

車両は25 ~ 30 m<sup>3</sup>のペレットです。これにより、必要な物流通路を使用して、燃料供給業者の注文から納入までの応答時間が可能になります。その他の情報については、14.2章を参照してください

- **バイオマスボイラーを最適に活用**
  - バイオマスボイラーは、可能な限り低い出力レベルで平均負荷曲線に従って継続的に進む必要があります。
  - 頻繁な始動および燃焼段階は、バイオマスボイラーの高振動など、長時間の運転によって回避する必要があります。
  - バイオマスボイラーは、加熱ネットワークの負荷変化に対応できる必要があります（外気温による）。
  - 燃料ベッドは新しい燃焼出力に最適に合わせるために長い時間を必要とするので、出力の短期的な変化を避ける必要があります。
  - バイオマスボイラー出力への入力、応答時間よりも遅くなければなりません。これは通常、熱貯蔵を再利用して、短期的な負荷ピークと負荷低減を補正できます。
- **バイオマスボイラシステムとの年間熱生産シェアは次のとおりです。**
  - 単価バイオマス燃焼プラントは次のとおりです。100%
  - ピーク負荷運転と低負荷運転のためのオイル/ガスボイラーを備えた2価バイオマス加熱システムです。80%未満から85%未満です。
  - ピーク負荷運転と低負荷運転のためのオイル/ガスボイラーを備えた2価バイオマス加熱システムです。90%未満から95%未満です。
- **供給のセキュリティ** バイオマスボイラーの故障時に供給または冗長性を確保するには、以下の方法があります。
  - オイルまたはガス（バイオオイル/バイオガス）を使用したピーク負荷ボイラー、ボイラー出力<熱生成に必要な総熱容量です
  - 単価バイオマス燃焼システム用の移動式加熱システム用接続パイプです
  - 冗長なオイル/ガスボイラーシステムを備えた、接続された大規模な顧客からの負荷低減です
  - 中央暖房設備または特定の大規模な接続顧客（重要な生産プロセスを持つ産業会社など）での移動式加熱システム用接続パイプです。

### 利用規約

#### 炉床設備のメンテナンス

出力需要のない数時間後にバイオマス燃焼システムを外部点火なしで再起動できるように、定期的に少量の燃料を追加することで、この待機期間中に炉床（木材）を維持します。

#### 低排ガスで制御された炉床のメンテナンス作業

定期的に少量の燃料が火格子に加えられ、燃焼空気ファンをオンにして制御された方法でメンバーベッドに燃焼します。燃焼空気ファンをオフにした後新しくなったメンバーベッドには、熱分解プロセスで熱分解ガスを放出する燃料粒子が含まれていません。

#### 自動点火

燃料が乾燥している場合（水含有量M < 35 %~最大M < 40 %）、燃焼空気ファンをオンにした状態で燃焼ベッドをバーンアウト段階でメンバーベッドに燃焼させることで、低排出量で点火がオフになります。燃焼くう空気ファンをオフにすると、これにはまだくすぶっているガスをを放出する燃料粒子が含まれていないはずで。停止フェーズの後、必要に応じて、自動点火（イグニッションファンまたはイグニッションロッド）で燃焼プロセスが開始されます。

#### スイッチオン時間

スイッチオン時間は、加熱期間の開始から終了までの燃焼設備の通常の運転時間とスタンバイ時間（種火または負荷要求なしの運転開始フェーズ）で構成されます。

## 13.4 燃料品質と燃焼システム

システムの選択には、燃料品質に応じてバイオマスボイラーの燃焼システムを選択することが含まれます。

表4.11 Part I - EN ISO 17225-1に準拠した仕様に基づいたバイオマスDHプラント向けQMの燃料および粒子サイズの分類では、EN ISO 17225-4のSクラスが追加されています。

バイオマスDHプラント向けQMは、高品質の木材チップを使用した燃料分類をさらに柔軟に行い、標準と比較して大きな粒子の断面をさらに制限しています。燃料の分類については、第4章で詳しく説明しています。表13.3をガイドとして使用することで、対応する出力範囲の推奨燃焼火システムを特定の燃料品質に割り当てることができます。

表13.3 木材燃料の推奨使用範囲(燃焼システムおよび出力範囲の燃料分類による)を示します(FAQ 36も参照)

Fuel classification	Firing system	Power range	Comments
WS- and IS-P16S-M20	Small firing systems, standard series units Underfeed, fixed grate firing*	20 kW - 200 kW	Quality wood chips finely sieved with F05
WS- and IS-P31S-M20	Standard series units Underfeed, fixed grate firing*	> 100 kW	Quality wood chips coarsely sieved with F05
WS- and IS-P31S-M35	Underfeed and feed grate firing	> 200 kW	
WS- and IS-P31S-M50	Underfeed and feed grate firing	> 200 kW	
WS- and IS-P31S-M55+	Feed grate firing	> 200 kW	
P31-M35	Feed grate firing	> 200 kW	PWK, LH, DH
P31-M50	Feed grate firing	> 200 kW	PWK, LH, DH
P31-M55+	Feed grate firing	> 200 kW	PWK, LH, DH
WS- and IS-P45S-M35	Feed grate firing	> 500 kW	
WS- and IS-P45S-M50	Feed grate firing	> 500 kW	
WS- and IS-P45S-M55+	Feed grate firing	> 500 kW	
P45-M35	Feed grate firing	> 1,000 kW	PWK, LH, DH, AH
P45-M50	Feed grate firing	> 1,000 kW	PWK, LH, DH, RZ
P45-M55+	Feed grate firing	> 1,000 kW	PWK, LH, DH, RZ
P63-M35	Feed grate firing	> 3,000 kW	PWK, LH, DH, AH
P63-M50	Feed grate firing	> 3,000 kW	WS, IS, PWW, PWK, LH, DH, RZ
P63-M55+	Feed grate firing	> 3,000 kW	WS, IS, PWW, PWK, LH, DH, RZ

ストレージ容量の要件 (Q-ガイドライン、表19) およびオフピーク動作時の1日の平均暖房負荷の最小値 (Q-ガイドライン、表20) が満たされていることを前提としています。

\*固定された格子は次火のとおりである: 火格子上で燃料を移動運搬することなく、燃焼します (平坦な格子、傾斜した格子など)。燃料は充填スクリュで火格子の上に伝達されます。たとえば、火格子のセグメントを傾けることで、灰を除去できます。

木材加工 (RHH-M10-20)、木材チップ、および埃の多い削りくずの残留木材の仕様は次のとおりです。

- アンダーフィードおよび火格子燃焼では、最大50%の粉塵含有量が許容されます。これを超えると、粉塵注入が行われます。
- 炉床でスラグが発生しないように、一次排ガス再循環システムを使用することを検討してください (5.3.2章を参照)。
- 炉メーカーが提供する保証の主な要因は、木材チップの比率、破砕、粉塵の割合、燃料分析に基づく化学組成です。

## 13.5 熱発生システムの選択と設計

熱生成システムの選択と設計では、次の重要なデータを把握しておく必要があります。

- 年間総熱需要量<sup>1)</sup>
- 必要な熱容量<sup>1)</sup> と負荷特性<sup>1)</sup> をシステム全体に適用します
- バイオマスボイラと基本負荷共有物を使用した必要熱容量の年間持続時間曲線<sup>2+1)</sup>
- 今後の熱販売の発展 (熱再生、気候、拡大の可能性、「リスク顧客」) を目指します。
- 表 13.4に示すように、拡張段階での低負荷時の1日の平均加熱負荷が最小です
- 外気温度の関数としてのフロー温度
- メインの戻り温度
- 燃料供給と品質は、燃料の物流に応じて、直接または間接のサプライチェーンになります
- 排熱および熱源に潜在的な可能性があります

<sup>1)</sup> 需要評価と適切なシステム選択のためのExcelツールによる

13.3 章では、単価または二価のバイオマスボイラシステムを選択する際に決定的な要件を示します。動作モードの要件とバイオマスボイラーの利用状況によって、公称出力の設計とボイラーの数が決まります。

#### 手順

- 熱生成システムを基本モデルとして選択します。
  - 表13.5に示すように、必要な熱容量クラスの合計に応じています
  - 二価システムでの個々の熱源の熱出力の分配と、燃料要件の決定です
- 燃料の品質と燃料系統（直接または間接のサプライチェーン）に応じて、燃焼システムを選択します。
- システムコンポーネントの設計は次のとおりです。
  - 追加コンポーネント（燃料貯蔵、燃料輸送システム、排煙洗浄など）を備えた燃焼プラントです。
  - 熱貯蔵量を含む水流システムを統合
  - ヒーターシステム
  - 煙突（排ガスシステム）
- 安全性、騒音保護、および排出ガス要件への準拠を確認します
- 追加バリエーション（13.6（章）および追加オプション 13.7章）を含む定義済みの基本バリエーションをチェックします
- 投資および年間コストの決定、経済の実行可能性の評価（第10章）を行います。

### 13.5.1 バイオマス燃焼システムを搭載した熱発生基本モデル

バイオマス燃焼を備えた熱発生システムは、単一または複数のボイラーシステムとして設計でき、単価または二価で保管できます。システム全体および拡張段階の熱容量需要の負荷特性と年間持続時間曲線を考慮して、必要な総熱容量需要を決定したら、次の作業を行います。また、バイオマス燃焼システムに必要なものはすべて正確に定義され、表13.5 に要約されている熱発生系の基本的な変異体の1つが選択されています。

記載されているすべての基本モデルには、13.3章に記載されている一般的な要件を満たすちくね蓄熱タンクが装備されています

蓄熱タンクのない基本的な変異体は、バイオマス燃焼システムが基本負荷で作動している場合にのみ、選択できます。

熱発生システムを選択するには、パフォーマンスクラスに加えて、次のような**Q要件**と**影響要因**を考慮する必要があります。

- **全負荷運転時間数** バイオマスボイラー 表13.5 摩耗を増加させずに年間全負荷運転時間を長くするための前提条件は、

均一な使用率（開始段階と停止段階の数が少ない、電力の変化が遅い、燃料床が安定している）とボイラーの産業設計です。

- スイッチオン時間1年中または加熱期間中です。
- 表13.4に準拠した低負荷状態です  
 通年運転の場合、夏には低負荷条件を満たす必要があります。熱交換期間中の運転では、移行期間中に適用されます。
- **変更をロード**
  - 大きな負荷変動（負荷ピークおよび負荷低減）は、以下の状況で発生します。朝の暖房ピーク、夜間暖房需要の低減（夜間低減）、夏の水暖房（特にフロースルー水ヒーター、淡水モジュール）、特殊な負荷プロファイル（ウィンタースポーツリゾート、スポーツホテルなど）、熱設備内のネットワーク分離を使用して熱交換器をオンにし、地域加熱ネットワークの流量温度を上昇または下降させます
  - 高負荷変動（負荷ピークおよび負荷低下）を伴う日中変動は、次のような場合に発生します。温室（太陽が輝いているときは負荷軽減なし、夜間は高負荷低減）、屋外プールの朝の暖房、プロセス熱の不均一な負荷プロファイルなどがあります
- **基本負荷**（プロセス熱、基本負荷運転など）は、熱容量需要に対するバイオマスボイラー出力が少量であることから生じています
- **燃料の種類**は、供給および燃焼システムに要求を置きます。
- **工場への投資**
- **供給のセキュリティ** 燃料輸送または燃焼システムの故障の影響を受けやすいため、供給の安全性は、指定された燃料品質がどの程度維持されるかによって大きく異なります。再冗長性は、最大のボイラーに障害が発生した場合に提供できる熱量（必要な熱量の100分の1）に対応します。
- **バイオマスシェア**
- **燃料価格**：燃料価格が安い場合、バイオマス燃焼システムの年間オペレーション報酬が事前に確認されます。
- **柔軟性/拡張性リザーブ** 複数のボイラーシステムにより、段階的に熱供給エリアを整備する際に、個々のバイオマスボイラーを最適に活用することができます。
- **最先端の技術**：定格出力が約500 kWの燃焼システムは、M35未満の燃料に含まれる水の中の水分を自動点火して作動させることができます  
 - M40。たとえば、炉床設備のメンテナンスは不要です。これにより、低排出量で低負荷運転が可能になり、エネルギー損失が低減されます。特に、単価バイオマス燃焼システムが重要です。
- **最小必要定荷重** プッシャー供給システムを備えたバイオマス燃焼システムでは、挿入ダクト内のバックファイアを防止するために最低一定の負荷が必要です。この場合、次のガイド値が適用されます。



- 乾燥燃料< M35 : バイオマスボイラーの定格出力の30%
- 非乾燥燃料< M40 : バイオマスボイラーの定格出力の20%

- また、バイオマスボイラの全負荷運転時間は、バイオマスボイラの年間熱生産量をkWh/a単位で、公称熱出力をkW単位で除算したものと定義されています。

表13.4 Q-ガイドライン [15]に基づく低負荷運転のための最低平均日次加熱負荷 (表20)。

Firing type → Recommendations ↓	Feed grate firing systems					Underfeed and fixed grate firing systems		
	with automatic ignition		with firebed maintenance			with automatic ignition		with firebed maintenance
Water content	≤ M35	M35-40	≤ M35	M35 - 50	> M50	M ≤ M35	M35 - 40	≤ M50
Minimum average daily heating load as a percentage of the nominal boiler output for heat generation with heat storage tank	15 %	20 %	15 %	20 %	30 %	10 %	15 %	15 %

**重要な注意事項 :** バイオマスボイラーメーカーによっては、値が若干異なる場合があります。バイオマスボイラーメーカーの価値と推奨事項は、常に決定的なものです。

**低負荷状態**

低負荷状態を維持することで、十分な負荷再導入を伴う以下のような深刻な問題を回避できません。

- 不快な臭い
- 定期的に煙が見えます
- バイオマスボイラーにすすが蓄積する危険性があります
- 粒子分離器の有効性は制限されています。これは、粒子分離器が動作温度に達しないため、低負荷運転では制限されているか、まったく影響を与えないためです。これにより、セパレータの使用率が低下するか、または最適な状態になります。
- 電気集塵機 : 温度が露点を下回ると、ハウジング、インシュレータ、セパレータ電極に湿った粒子が付着する危険があります。結果 : インシュレータ間の短絡、自動クリーニングおよび灰の放電の不具合です。
- ファブリックフィルタ : 温度が露点を下回ると、フィルターファブリックに湿った粒子が固まる危険性があります。結果 : フィルタファブリックの破壊までの自動クリーニングが失敗しました。
- 分離プロセスの詳細については、第5.8章を参照してください

次のフレームワーク条件を提供する必要があります。

- 大型燃料ベッド (種火ベッド) のため、移動式火格子炉は、供給不足または固定格子炉よりも高い最小出力で操作する必要があります。
- 自動点火の利点は自動シーケンスを可能にし、炉床設備の維持に伴う最小限の熱損失を除去することである。低負荷運転では、これにより、システムのメンテナンスに比べて利点がさらに向上する可能性があります。
- 熱貯蔵装置および自動点火装置を備えたシステムでは、蓄熱タンクを完全に充填し、短時間で

ボイラー出力を最小限に抑え、高負荷の変動を抑えることができます。つまり、ボイラー出力を最小限に抑えた長時間連続運転が可能です。

*例*

バイオマスボイラーの最大出力は200 kW、夏季運転時の熱需要は1日あたり300 kWh、夏季運転時の保管および伝熱損失は1日あたり180 kWhです。

- 1日の加熱負荷は、通常のボイラー出力に対する割合で表されます =  $(300 \text{ kWh/d} + 180 \text{ kWh/d}) / (24 \text{ h/d} \times 200 \text{ kW}) = 0.10 = 10\%$ 。
- 乾燥した木材チップを使用する場合は、品質が良好です (M ≤ 35%)、このシステムでは、自動イグニッションと蓄熱が利用可能な場合、供給不足または固定された火格子点火による夏季運転が可能である必要があります。
- 夏の運転がないシステムでは、移行期間中の作動は同じ要求を満たす必要があります。そのため、低負荷運転時に、オイル/ガスボイラー (装備されている場合) または小型のバイオマスボイラ (単価システム用) を最初に作動させる必要があることがよくあります。

**13.5.1.1 必要熱容量のを決定**

合計必要熱容量によって、次のグループに分けられた基本バリエーションの出力クラスが決まります。

- 100 kW~500 kWです
- 501 kW~1000 kWです
- 1000 kWを超えています

二価システムの場合は、次のようになります。 図13.5に示すように、バイオマスボイラやバイオマスボイラの生産量は、年間の接続曲線に基づいて分配する必要があります。これにより、バイオマスボイラやバイオマスボイラの全負荷運転時間を最小限に抑えることができます。低負荷運転では、1日の平均加熱負荷が必要です。



表13.5 Q-ガイドライン [15]の表19に基づいた、総熱容量需要に応じた貯蔵を備えた熱発生システムの基本的なモデルの概要を示します標準水流スキームPart I [62] では、回路WE1～WE8について詳しく説明し、標準水流スキームPart II [71] では回路WE12～WE16について説明します。

Circuit	Description	Total required heat capacity		
		100 - 500 kW	501 - 1,000 kW	> 1,000 kW
1 Biomass boiler with storage tank WE2 (WE12)	Annual heat produced with biomass	100 %		
	Design biomass boiler output	100 % without load peaks		
	Number of full load operating hours biomass boiler	> 2,000 h/a		
	Low-load operation	Summer operation possible if sufficient summer load according to Table 13.4		
	Automatic ignition?	Yes		
	Fuel	Maximum P31S; with automatic ignition M40≤		
	Expansion reserve	Only possible in exceptional cases due to low load problems		
	Storage capacity	≥ 1 h related to nominal output of biomass boiler		
1 biomass boiler + 1 oil/gas boiler with storage tank WE4 (WE14/16 with 1 biomass boiler)	Annual heat produced with biomass	80 - 90 %		For systems without summer operation, it may also make sense to have only 1 biomass boiler + 1 oil/gas boiler above 1,000 kW.
	Design biomass boiler output	50 - 60 %*		
	Design oil/gas boiler capacity	At least 70 %, maximum 100 %.		
	Number of full load operating hours biomass boiler	> 3,500 h/a Target 4,000 h/a		
	Low-load operation	If Table 13.4 not fulfilled, by oil/gas boiler		
	Automatic ignition?	Yes		
	Fuel	Maximum P31S; with automatic ignition M40≤	No restriction; with automatic ignition M40≤	
	Expansion reserve	Possible through oil/gas boiler (with corresponding reduction of wood coverage)		
	Storage capacity	≥ 1 h related to nominal output of biomass boiler		
2 biomass boilers with storage tank WE6	Annual heat produced with biomass	→ Realisation of monovalent summer operation may be only possible with two biomass boilers	100 %	
	Design biomass boiler output 1		33 % without load peaks	
	Design biomass boiler output 2		67 % without load peaks	
	Number of full load operating hours biomass boiler 1 + 2		> 2,000 h/a	
	Low-load operation		Compliance with Table 13.4 usually possible with small biomass boilers	
	Automatic ignition?		For small biomass boiler	
	Fuel		Max. P31S; with automatic ignition M40≤	No restriction; with automatic ignition M40≤
	Expansion reserve		Possible with correspondingly high investment costs (expensive biomass boilers)	
	Storage capacity		≥ 1 h related to 2/3 of the total nominal output of biomass boilers	

Circuit	Description	Total required heat capacity		
		100 - 500 kW	501 - 1,000 kW	> 1,000 kW
2 biomass boilers + 1 oil/gas boiler with storage tank WE8 (WE14/16 with 2 biomass boilers)	Annual heat produced with biomass			80 - 90 %
	Design biomass boiler output 1			17 - 20 %*
	Design biomass boiler output 2			33 - 40 %*
	Design oil/gas boiler capacity			Min. 100 % - small biomass boiler, max. to 100%.
	Number of full load operating hours Biomass boiler 1 + 2			> 3,000 h/a Target 4,000 h/a
	Low-load operation			Compliance with Table 13.4 with small biomass boiler or oil/gas boiler
	Automatic ignition?			For small biomass boiler
	Fuel			No restriction; with automatic ignition ≤ M40
	Expansion reserve			Possible with oil/gas boiler (reducing use of biomass)
	Storage capacity			≥ 1 h related to 2/3 of the total nominal output of biomass boilers

\* Indicative value for systems with predominantly space heating

### 13.5.1.2 必要な合計ボイラ出力の決定

必要なボイラー総出力の決定は次のように行われます。

- 二価バイオマスボイラーシステムの場合は、総熱容量の需要に基づいています。これは、図13.4の抽出された負荷特性の青い正方形（負荷ピークを含む合計熱消費電力）に対応しています。

- 一般的な全熱容量のデマンドに基づいて、蓄熱のある単価バイオマスボイラーシステム用です。これは、図13.4に示す点線の負荷特性（負荷ピークなしの合計熱容量要求の日次平均平均年齢）の黒い菱形に対応します。これにより、短時間の負荷ピーク（3〜4時間）を蓄熱タンクでカバーするバイオマスボイラーの過大寸法を防止できます。

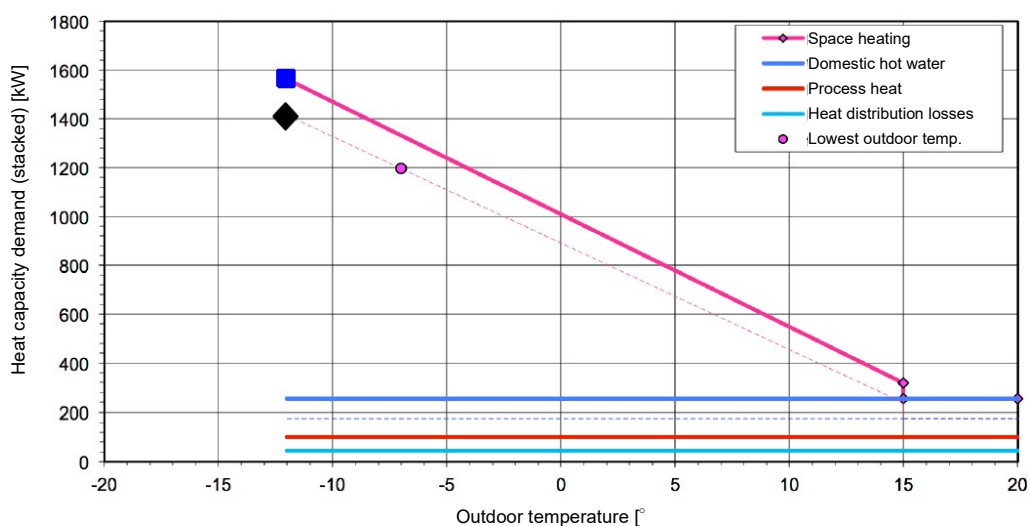


図13.4 単価または二価バイオマス加熱システムに必要なボイラーの総出力を、負荷特性を使用して測定します。

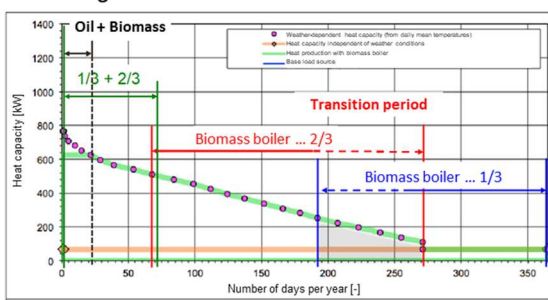
### 13.5.1.3 バイオマスボイラー全出力の 小型・大型のバイオマスボイ ラーに割り当て

2、3台のバイオマスボイラーを持つ単価または二価バイオマス加熱システムでは、小型バイオマスボイラの定格出力と大規模バイオマスボイラの定格出力の比率は、1：2（推奨範囲1：1～1：2）を超えてはなりません（図13.5）。これにより、共通の遷移範囲（共通の出力範囲）が可能になり、個々の作業において両方のバイオマスボイラーの最適な動作が可能になります。また、この部門は、標準シリーズユニットを搭載した多ボイラーシステムにも対応する必要があります。

共通の遷移領域が必要で

- そのため、寒冷期への移行時に大型バイオマスボイラーを試運転した後、次のようになります。表13.4によれば、小型バイオマスボイラの再試運転を行うことで、大規模なバイオマスボイラの電源をオフにしなくても、予想外の温暖化期でも、最小限必要な使用率を確保することができます。
- そのため、温暖化期に移行している間は、大規模なバイオマスボイラーを停止し、小規模なバイオマスボイラを始動した後、寒冷期にも、より大規模なバイオマスボイラを始動して、小型のバイオマスボイラを再び停止する必要はありません。

System selection 2 biomass boilers + 1 oil boiler with storage Biomass boiler 1 240 kW  
Biomass boiler 2 480 kW



System selection 2 biomass boilers with storage Biomass boiler 1 125 kW  
Biomass boiler 2 125 kW

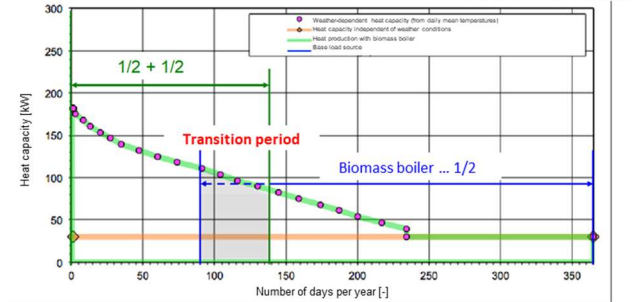


図13.5 年間の接続曲線の例を使用した2つのバイオマスボイラーを持つシステムの運転フェーズと移行範囲(化石ボイラーを使用している場合は左側、化石ボイラーを使用していない場合は右側)を示しています。

左側の「蓄熱タンク付き二価三ボイラーシステム」の年間デュレーション曲線の詳細データは次のとおりです。

- オフピーク動作時の1日の平均暖房負荷は、効率的に67 kWです
- 小型バイオマスボイラー240 kW、低負荷運転時の1日の平均加温負荷最小48 kW（表13.4に従ってボイラー出力の20%を想定 動作火格子燃焼、M35～M50）です。
- 大型バイオマスボイラー480 kW、低負荷運転時の1日の平均加温負荷最小96 kW（表13.4に従ってボイラー出力の20%を想定）。

右側の「蓄熱タンクを備えた一価二ボイラー木材暖房システム」の年間持続時間曲線の詳細なデータは次のとおりです。

- 低負荷時の1日の最低平均暖房負荷は、30 kWを効果的に達成します
- バイオマスボイラー1およびバイオマスボイラー2、125 kW、低負荷運転時の最低必要平均暖房負荷13 kW（表13.4によれば、ボイラーの10%を想定しています。供給不足および固定式火格子燃焼システム、≤M35）。

## 13.5.2 基本バリエーション説明

### 13.5.2.1 100 - 500 kW蓄熱タンク付き単価バイオマス加熱システム

#### 説明

最大500 kWまでの定格熱出力を持つシステムは、単価の単一ボイラーシステム（蓄熱タンクWE2を備えたバイオマスボイラー）を使用して操作できます。蓄熱タンクは、ボイラーの作動とピーク負荷をカバーする役割を果たします。これらのシステムは比較的包括的で、節約の余地があります。また、さらなる拡張ステージのための基礎としても使用できます。

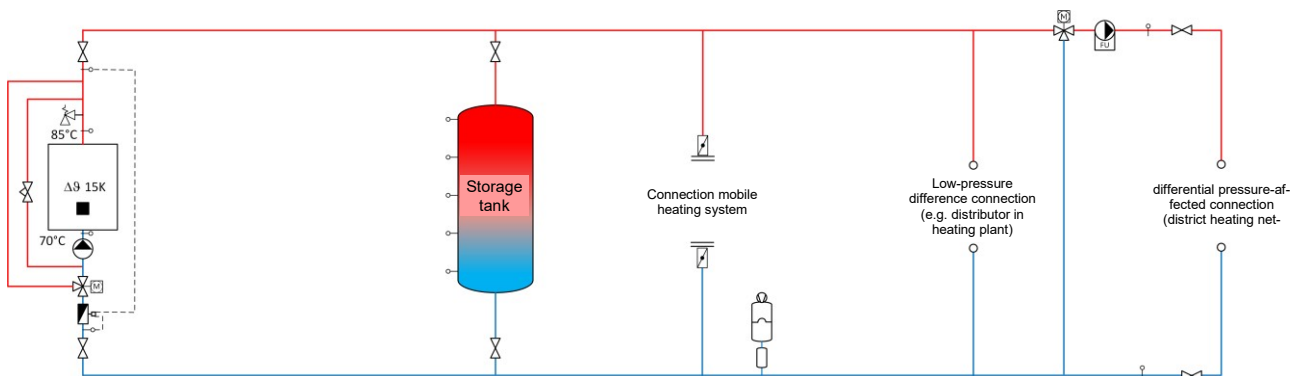


図13.6 生物量ボイラーと貯蔵タンク（WE2）を用いたシステムの原理図

最も重要なのは次のとおり

- 短期的なピーク負荷と負荷低減は、蓄熱システムによってバランスがとれています。
- ピーク負荷を考慮せずにボイラー出力を設計します（図13.4の黒の菱形）。
- 年間を通しての運転では、十分に高い夏の負荷（低負荷条件）でのみ、スペースヒーティングおよび家庭用温水の特別な熱需要があります。  
tions Table 13.4)
- 移行期間中、燃料の最大含水量は $\leq M40$ に制限されます（自動点火が必要です）。
- 費用効果の高いバリエーション
- WE4、6などにアップグレードすることで拡張が可能です。
- 制御戦略：バイオマスボイラーは可能な限り低い出力で運転されるため、ボイラーの出力は必要な平均熱容量にちょうど対応します。  
蓄熱タンクの蓄熱状態により、ボイラーへの出力仕様が決まります。過渡期または夏季運転において、短期間の高負荷変動がない場合、蓄熱タンクはオン/オフモードで最小ボイラー出力で充電されます。制御の詳細については、標準水流方式パートII[62]を参照してください。

ソリューションWE2は不適切です。

- 蓄熱システムで吸収できない短時間の高負荷変動が発生した場合に使用します。
- 夏季運転中に低負荷条件を満たすことができない場合
- 部分的に拡張されたシステムの場合は、次のようになります。

#### Design principles

Low-load operation	Summer operation possible if sufficient summer load according to Table 13.4
Automatic ignition?	Yes
Fuel	Maximum P31Swith automatic ignition $\leq M40$
Storage capacity	$\geq 1$ h related to nominal output of biomass boiler

### 13.5.2.2 100 - 1000 kW蓄熱タンク付き 二価バイオマス加熱システム

#### 説明

供給の安全性を高め、段階的に膨張した場合には、二価のシステムが低付加コストで安定した動作を実現します。蓄熱タンク付きバイオマスボイラを備えた二価システムは、1000 kW（蓄熱タンクと化石を備えたバイオマスボイラ

WE4).までの公称必要熱容量を推奨します熱貯蔵タンクは、ボイラーの作動をバランスさせる役割を果たします。化石ボイラーはピーク負荷をカバーし、必要に応じて夏の運転もカバーします。化石燃料ボイラでは、蓄熱システムで補正できない短期負荷変動もカバーできます。また、化石燃料ボイラは、バイオマスボイラの故障や不具合が発生した場合にも供給の安全性を保証します。これらのシステムは比較的安価で、非常に効率的に動作できます。

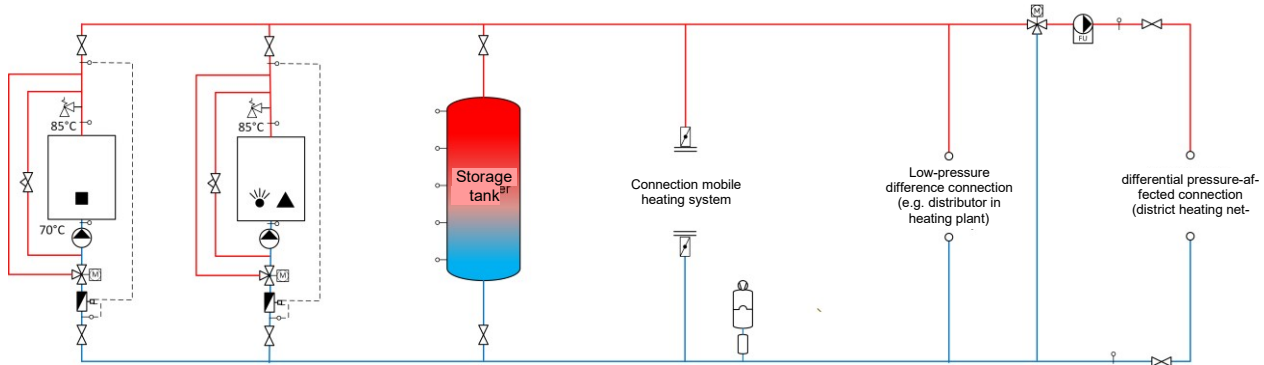


図13.7バイオマスボイラーと蓄熱タンク（WE4）を用いたシステムの原理図

最も重要なのは次のとおり

- 短期的なピーク負荷と負荷低減は、蓄熱システムによってバランスがとれています。
- 負荷ピークを含めたボイラーの全出力の設計です（図13.4の青い四角）。
- バイオマスボイラーの出力量は、平均必要熱容量（バイバランスポイントまで）に相当し、平均的な1日の加熱負荷の割合に相当します
- 化石補助ボイラーによるピーク負荷に対応します
- 移行期間中および夏にはバイオマスボイラーを使用した低負荷運転（負荷が十分であれば）、化石ボイラーを使用したほうが賢明（表13.4）
- 自動点火の場合、燃料中の最大含水量は $\leq M40$ に制限されます
- 年間を通じて保証された運用と供給のための費用対効果の高いバリエーション
- バイオマスボイラーは、バイオマスを十分にカバーして利用しています
- 埋蔵量は化石プラントの一部でカバーされています
- 熱生成水流システムと制御は、例えばWE8などのように拡張できます
- 制御方式：バイオマスボイラーは、ボイラー出力ができる限り低い出力で作動します  
必要な平均熱容量を満たしています。蓄熱期間の蓄熱状態によって、バイオマスボイラーの出力仕様が決まります。冬季のピーク負荷運転のために、化石ボイラーのスイッチをオンにし、バイオマスボイラーをサポートしています。バイオマスボイラーの故障や故障が発生した場合には、化石加熱システムが自動的に機能を引き継ぎます。夏季は、バイオマスボイラまたは化石ボイラのどちらかを使用しているかに応じて運転します

低負荷条件で満たされています。短期的な高負荷変動が発生しない場合、蓄熱タンクはバイオマスボイラーによってオン/オフモードでのボイラーの最小出力で充電されます（自動イグニッションが必須）。バイオマスボイラーが低負荷運転に適していない場合は、化石ボイラーが夏を対象にしています。制御の詳細については、「標準水流方式パートI [62]」を参照してください

- 夏の運転がないシステムや、高い熱需要を持つシステムは、1つのバイオマスボイラーと1つの化石ボイラーで1000 kWを超える可能性もあります。

ソリューションWE4は不適切です。

- 100%化石を含まない熱発生が必要な場合に使用します。

#### Design principles

Annual heat production with biomass	80 - 90 %
Design biomass boiler output	50 to 60 % total required heat capacity including load peaks (blue square in Figure 13.4)
Design of fossil boiler output	70 to 100 % total thermal power requirement (high redundancy)
Number of full load operating hours Biomass boiler	> 3,500 h/a (target 4,000 h/a)
Low-load operation	If not fulfilled: Summer operation with fossil boiler
Automatic ignition	Yes
Fuel	up to 500 kW maximum P31S; with automatic ignition $\leq M40$
Storage capacity	$\geq 1$ h related to nominal output of biomass boiler



### 13.5.2.3 501~1000kW蓄熱タンク付き単価バイオマス加熱システム

#### 説明

ボイラの出力量を2つのバイオマスボイラーに分割することで、大規模なシステムを一年中バイオマスで運用することができます（バイオマスボイラー2台と収納式WE6）。それは

出力を1/3から2/3に分割することをお勧めします。これにより、通常、より小型のボイラーで夏の低負荷をカバーし、年間を通じて両方の熱源のバランスのとれた運転が可能になります。小型ボイラには自動点火が装備されている必要があります。蓄熱タンクは、ボイラーのバランス作動とピーク負荷をカバーする役割を果たします。

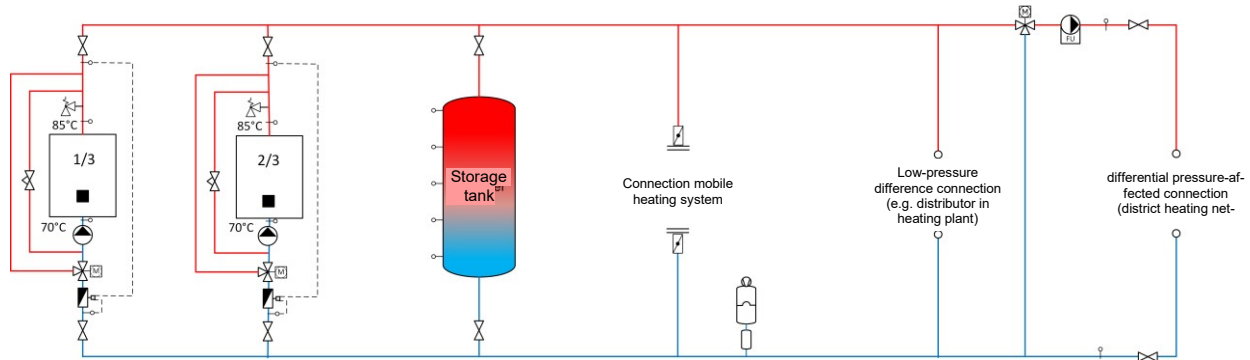


図13.8 バイオマスボイラーと蓄熱タンク（WE6）を用いたシステムの原理図

最も重要なのは次のとおり

- 短期的なピーク負荷と負荷低減は、蓄熱システムによってバランスがとれています。
- 負荷ピークを含めたボイラーの全出力の設計です（図13.4の青い四角）。
- 13.6.1章に従って1/3~2/3比でボイラー出力を供給します。
- 移行期間中および夏には低負荷運転が可能で、通常は小型ボイラーを使用できます（表13.4）。
- 燃料内の自動点火最大水含有量を備えた小型ボイラーはM40以下に制限されています
- 年間を通して化石のない運転をしています
- 1つのバイオマスボイラー供給が故障した場合は、2つ目のバイオマスボイラーによって条件付きで保証されます。最大限の信頼性を得るためには、モバイルヒーティングシステムへの接続を提供する必要があります。
- 顧客との段階的なつながりが（比較的高い投資コストで）
- 熱生成水流システムと制御は、例えばWE8などのように拡張できます
- 制御方式：両方のバイオマスボイラーは、ボイラー出力の合計が平均必要熱容量を満たすように、可能な限り低い出力（共通の同じ出力仕様）で動作します。蓄熱期間の蓄熱状態によって、バイオマスボイラーの出力仕様が決まります。ボイラーのカスケード（シーケンシャル）です

回路) ボイラの作動を決定します。夏の運転中に、短時間の高負荷変動がない場合、蓄熱タンクはオン/オフモードでのボイラーの最小出力で充電されます。小型のバイオマスボイラーが日常の平均熱対策をカバーできなくなった場合は、小型のバイオマスボイラーを手動で大型のボイラーに切り替えます。大型バイオマスボイラーの日々の熱出力量（最小出力で24時間の熱生産）がその25%未満である場合は、大型バイオマスボイラーを手動で小型ボイラに切り替えます

毎日の最大加熱生産（公称出力で24時間の熱伝導）が可能です。小型のバイオマスボイラーは、1時間あたりの平均熱需要を満たすことができなくなった場合に、自動イグニッションで自動シーケンスとピーク負荷運転を行うことでオンになります。小型のバイオマスボイラーは、熱容量が2つのバイオマスボイラーの最小出力の合計を下回ると、再度オフになります。大規模バイオマスボイラーの不具合が発生した場合は、自動着火により小型バイオマスボイラーのスイッチが入ります。制御の詳細については、「標準水流方式パートI [62]」を参照してください

#### ソリューションWE6は不適切です。

- 蓄熱システムで吸収できない短時間の高負荷変動が発生した場合に使用します。
- 夏季運転時の低負荷条件を小型ボイラに適合させることができません。

#### Design principles

Annual heat production with biomass	100 %
Design biomass boiler output 1 and 2	33 % respectively 67 % without load peaks (black rhombus in Figure 13.4)
	> 2,000 h/a

Number of full load operating hours biomass boiler

Low-load operation small boiler Automatic ignition?	Compliance with Table 13.4 with Yes, for small boiler
Fuel	up to 1,000 kW max. P31S with automatic ignition ≤ M40
Storage capacity	≥ 1 h related to at least 2/3 of total

nominal output of biomass boilers (recommended, however, ≥ 1 h at 100% of total nominal output).

### 13.5.2.4 1000 kWを超蓄熱タンク付き 単価バイオマス 加熱システム

#### 説明

2つ以上のバイオマスボイラーを備えた単価マルチボイラーシステムを実現できます。たとえば、段階的な拡張の場合や、低負荷条件が実現できない場合に、2つのボイラーシステムWE6の拡張として実現できます

小型ボイラー（蓄熱タンク付きマルチボイラーシステム）と一体になっています。ボイラーの部分的な出力範囲は、ボイラーの切り替えと夏季運転の両方が容易にできるように選択する必要があります。公称ボイラー出力を分割します（例 1/5～2/5～2/5）では、1年を通して動作が保証されます。小型ボイラーには自動点火が装備されている必要があります。蓄熱タンクは、ボイラーのバランス作動とピーク負荷をカバーする役割を果たします。

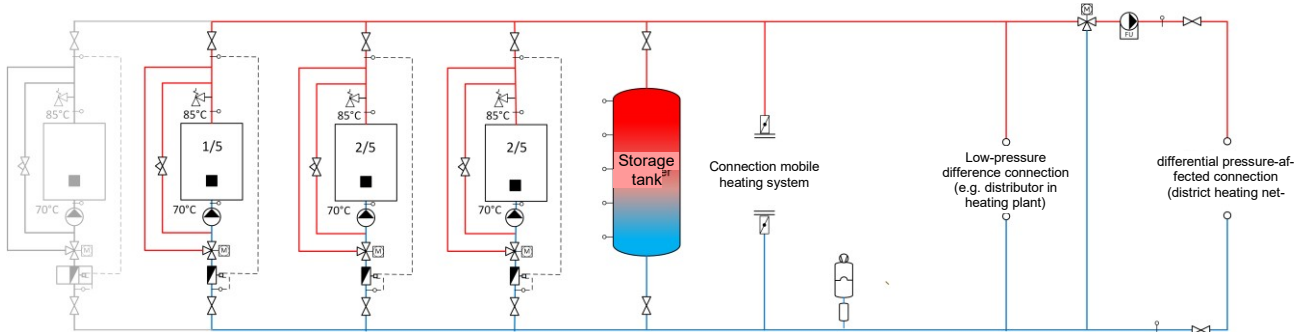


図13.9 マルチバイオマスボイラーと蓄熱タンク（WE6+）を用いたシステムの原理図

最も重要なのは次のとおり

- 短期的なピーク負荷と負荷低減は、蓄熱システムによってバランスがとれています。
- 負荷ピークを含めたボイラーの全出力の設計です（図13.4の青い四角）。
- ボイラー出力の分配は、合計動作とボイラー切り替えが保証されます（13.6.1）。
- 移行期間中は低負荷運転、ボイラーが最小の場合は夏モードで運転します（表13.4）。
- 燃料内の自動点火最大水含有量を備えた小型ボイラーはM40以下に制限されています
- 年間を通して化石のない運転をしています
- 1つのバイオマスボイラー供給が故障した場合は、2つ目のバイオマスボイラーによって条件付きで保証されます。最大限の信頼性を得るためには、モバイルヒーティングシステムへの接続を提供する必要があります。
- 顧客との接続は、段階的に行うことができます
- 熱生成水流システムと制御は、拡張できます
- 制御方式：バイオマスボイラーは、ボイラー出力ができる限り低い出力で作動します

）を使用して、算出されたボイラー出力の合計は必要な平均熱容量を満たしています。蓄熱期間の蓄熱状態によって、バイオマスボイラーの出力仕様が決まります。ボイラーのカスケード（シーケンシャル回路）ボイラーの作動を決定します。夏の運転中に、短時間の高負荷変動がない場合、蓄熱タンクはオン/オフモードでのボイラーの最小出力で充電されます。通常、バイオマスボイラーは手動で切り替えられます。熱容量需要が稼働中のバイオマスボイラーの定格出力の合計を超える場合、小規模バイオマスボイラーを停止し、大規模バイオマスボイラーをオンにするか、その他のバイオマスボイラーをオンにします。必要な熱容量が、バイオマスボイラーの最小排出量の合計を下回る場合は、いずれかのを実行

小型バイオマスボイラーを停止するか、小型バイオマスボイラーをオンにして大規模バイオマスボイラーをオフにします。自動シーケンシャルスイッチングにより、自動での自動点火が可能な最小のバイオマスボイラーを自動的にオンにすることができます。バイオマスボイラーの機能が大きい場合には、自動着火を備えた最小のバイオマスボイラーも点灯します。制御の詳細については、「標準水流方式パートI [62]」を参照してください

ソリューションWE6+は不適切です。

- 蓄熱システムで吸収できない短時間の高負荷変動が発生した場合に使用します。

#### Design principles

Annual heat production with biomass	100 %
Design	Total boiler output without load peaks (black rhombus in Figure 13.4) smallest boiler according to Table 13.4, design other boilers for problem-free boiler changeover (e.g. 1/5 to 2/5 to 2/5)
Number of full load operating hours biomass boiler	> 2,000 h/a
Low-load operation	します Compliance Table 13.4with smallest boiler
Automatic ignition?	Yes, for small boiler
Fuel	up to 1,000 kW maximum P31S with automatic ignition ≤ M40
Storage capacity	≥ 1 h related to 2/3 of the total nominal output of the biomass boilers (recommended, however, ≥ 1 h at 100% total nominal output).

### 13.5.2.5 1000 kW超蓄熱タンク付き二価バイオマス加熱システム

#### 説明

通常、2つ以上のバイオマスボイラーを備えた二価の多ボイラーシステムは、大規模なシステム（蓄熱タンクと化石ボイラーWE8を備えた2つのバイオマスボイラー）でもバイオマスを使用して夏の運転を可能にします。また、2価システムWE4または

2ボイラーシステムWE6の延長として構築することもできます。二価システムは、追加コストを抑えながら最大信頼性を特徴としています。蓄熱タンクは、バイオマスボイラーの運転のバランスをとる役割を果たします。化石燃料ボイラーでは、蓄熱システムで補正できない短期負荷変動もカバーできます。これらのシステムは、比較的安価で非常に効率的に運用できます。

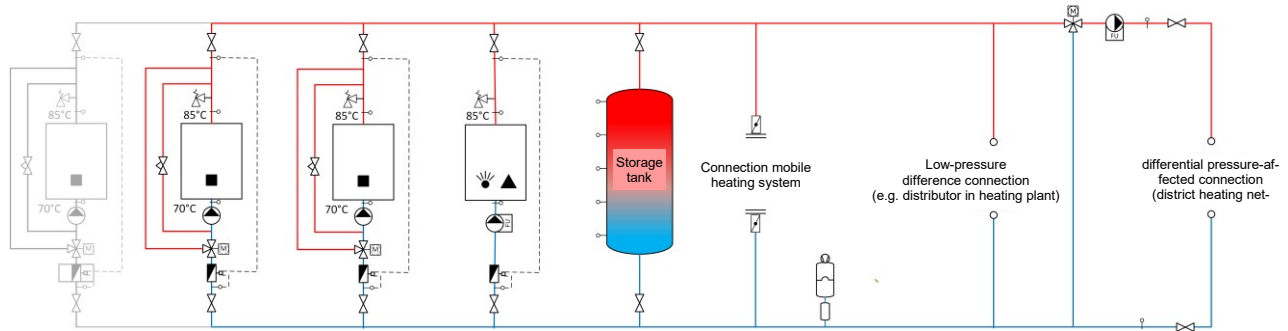


図13.10 2台バイオマスボイラーと蓄熱タンク及び化石燃料ボイラー（WE8）を用いたシステムの原理図

最も重要なのは次のとおり

- 短期的なピーク負荷と負荷低減は、蓄熱システムによってバランスがとれています。
- 負荷ピークを含めたボイラーの全出力の設計です（図13.4の青い四角）。
- ボイラー出力の部分は、合計動作とボイラー切り替えが保証されています（複数ボイラーシステムの設計との相互参照）。
- 移行期間中は低負荷運転、ボイラーが最小の場合は夏モードで運転します（表13.4）。
- 燃料内の自動点火最大水含有量を備えた小型ボイラーはM40以下に制限されます。
- 最大の供給信頼性
- バイオマスボイラーは、バイオマスを十分にカバーして利用しています
- 化石燃料ボイラーの埋蔵量です
- 顧客との接続は、段階的に行うことができます
- 熱生成水流システムと制御は、拡張できます
- 制御方式：バイオマスボイラーは、ボイラー出力ができる限り低い出力で作動します

）を使用して、ボイラー出力の合計が必要な平均熱容量を満たします。蓄熱期間の蓄熱状態によって、バイオマスボイラーの出力仕様が決まります。ボイラーのカスケード（シーケンシャル回路）ボイラーの作動を決定します。夏の運転中に、短時間の高負荷変動がない場合、蓄熱タンクはオン/オフモードでのボイラーの最小出力で充電されます。通常、バイオマスボイラーは手動で切り替えられます。熱容量需要が稼働中のバイオマスボイラーの定格出力の合計を超える場合、小規模バイオマスボイラーを停止し、大規模バイオマスボイラーをオンにするか、その他のバイオマスボイラーをオンにします。必要な熱容量が稼働中のバイオマスボイラーの最小出力の合計を下回った場合、小型バイオマスボイラーのスイッチをオフにするか、小型バイオマスボイラーのスイッチをオンにして大型バイオマスボイラーをオンにします。

スイッチをオフにします自動シーケンシャルスイッチングにより、自動点火が可能な最小のバイオマスボイラーを自動的にオンにすることができます。化石燃料ボイラーは、冬季の最も寒い時期にピーク負荷運転に使用され、夏には低負荷運転に使用される可能性があります。大型の木質燃焼ボイラーに不具合が発生した場合は、自動着火を備えた最小のバイオマスボイラーが追加されます。バイオマス加熱システムが万一故障した場合、化石ボイラーが熱供給を引き継ぎます。制御の詳細については、「標準水流方式パートI [62]」を参照してください

#### Design principles

Annual heat production with biomass	80 - 90 %
Design	Total boiler output 60 % including peak loads (blue square in Figure 13.4) smallest boiler according to Table 13.4, design other boilers for problem-free boiler changeover (e.g. 1/3 to 2/3 or for three biomass boilers 1/5 to 2/5 to 2/5)
Number of full load operating hours biomass boiler	> 3,000 h/a
Low-load operation	Compliance with Table 13.4 with smallest boiler or fossil fuel boiler
Automatic ignition?	Yes, for small boiler
Fuel	up to 1,000 kW maximum P31Sw with automatic ignition ≤ M40
Storage capacity	≥ 1 h related to 2/3 of total nominal output of biomass boilers (recommended, however, ≥ 1 h at 100% total nominal output).

### 13.5.3 二価システムの設計手順

二価バイオマス加熱プラントの発熱体を設計する場合は、以下の境界条件を考慮する必要があります。

- **地域加熱ネットワークの熱出力の年間持続時間曲線**は、屋外温度の経過に関連して比較的短いピーク負荷フェーズを示しています（図13.11を参照）。
- **熱発生システムのコスト構造**は、異なります。バイオマスボイラーの投資コストは高く、燃料コストが低い一方、石油・ガスボイラーの投資コストは比較的低い、燃料コストは高いです。

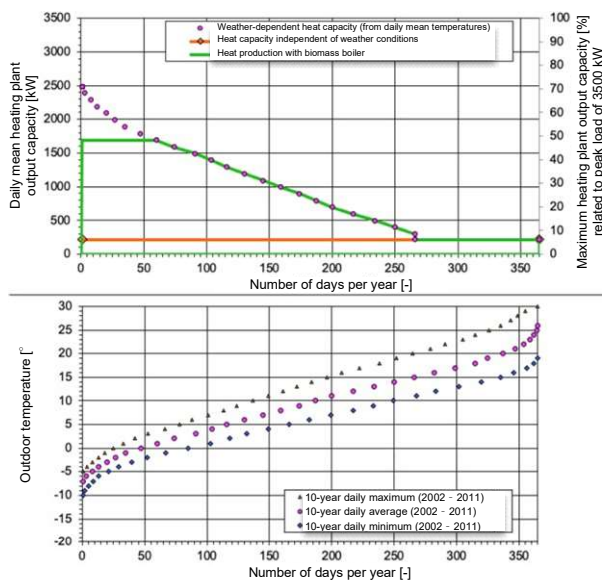


図13.11 二価バイオマス加熱システムの年間持続時間曲線の例

上：1日平均の熱出力の年間継続時間ライン  
 下：1日の平均屋外温度の年間持続時間曲線

表13.6 さまざまな熱発生システムのコスト構造

Combustion plant	Investment costs (fixed costs)	Fuel costs (variable costs)
Biomass	high	low
Heating oil, gas	low	high

- このような境界条件から、バイオマス燃焼プラント間で二価システムを分割して基本負荷（ベースおよび中負荷）をカバーし、オイル/ガスプラントでピーク負荷をカバーし、スタンバイユニットとして使用することをお勧めします。CO<sub>2</sub>ニュートラル熱の発生は、化石エネルギー源をバイオガス（液体）、バイオ加熱油、高品質木材燃料（ペレット、高品質木材チップ）などの再生可能エネルギー源に置き換える場合にのみ、このシステムタイプで実現できます。

二価系の熱出力は、原則としてコスト最適化を決定することで分割する必要があります。ただし、他の枠組みの条件としては、資金提供機関が許容する化石燃料の最大シェア、人口と建物所有者の間での化石燃料の使用の受け入れの低下（CO<sub>2</sub>ニュートラル熱発生への熱移行）なども考慮する必要があります。

- 大規模なシステムでは、システムを2つのバイオマスボイラーに分割するのが理にかなっています。ここでは、次の基準が重要です。
  - 投資コストのコスト低下は、この文脈における重要な決定基準を表しています。つまり、バイオマスボイラーの定格出力の合計が約2未満の2つのバイオマスボイラーに分割されます。2MWについては、経済性の観点から慎重に検討する必要があります。

バイオマスDHプラントのQMの経験から、表に従ってQ要件に準拠していることがわかりました

13.4 技術的に完璧な運転を保証するだけでなく、これらのプラントも経済的に最も興味深いものです。

### 13.5.4 燃焼システム選択

熱発生システムの選択とそれに対応する設計原理に基づいて、1つ以上のボイラーに必要なボイラー出力が決定されます。

さまざまな燃焼システムは、さまざまな用途に適しています。燃焼システムを選択するための最も重要な基準は次のとおりです。

- ボイラー出力
- 第13.4章に従ってバイオマスの分類を下さい
- 基本負荷および低負荷動作の動作モードです（要件表13.4を参照）。

### 13.5.5 蓄熱タンク寸法

バイオマスボイラの出力設定値を反応時間よりも遅く変更できるように、通常は次の機能を備えた蓄熱タンクが必要です。

- バイオマスボイラの反応時間よりも速い短期負荷ピークおよび削減の補正（指定された貯蔵容量による）です。
- 蓄熱状態の変化による負荷傾向への反応です。

一般に、バイオマスボイラーの公称出力に関連する**1時間以上の保管容量を推奨**します。また、法的要件も考慮する必要があります。ただし、高（短期）負荷ピークおよび負荷低減が日中に発生した場合（たとえば、温室の負荷パターン、プロセスヒート、エアヒータなど）、これらの負荷は、ストレージ容量が大幅に大きい場合にのみ補正できます。したがって、次の場合には、次の推奨事項を遵守する必要があります。



- **温室**：日中の温室のピーク負荷（夜間の冷熱放射による）と負荷低減（日中の太陽の光）を補正するために、バイオマスボイラーの公称出力の4～6時間まで蓄積容量を増やす必要があります。バイオマスボイラーの定格出力は、最大熱容量需要の約50%を想定して設計されています。これにより、使用率または全負荷運転時間の数値が増加します。
- **熱処理** **2 h-8h**
- **エアヒーター** **1.5 h-2 h**
- **屋内温水準備** **1.5 h-2 h**  
(淡水ステーションなど)
- **屋外温水 プール** **1.5 時間～**  
**2時間**

蓄熱タンクを備えた単価バイオマスボイラシステムのバイオマスボイラの過大寸法を防止するために、固体ライン負荷特性に応じて、短期負荷ピーク（3～4時間）を蓄熱タンクでカバーする必要があります。ストレージ容量には、バイオマスボイラーシステムが平均負荷低減または点線負荷特性に準拠できるように負荷曲線のバランスを取ることができるストレージ容量が必要です（図11.1）。

2台以上のバイオマスボイラーの場合、最小蓄熱容量は1時間以上で、バイオマスボイラーの公称出力の2/3に基づいています。

必要なストレージ容量は、需要の評価と適切なシステムの選択のためにExcelツールで計算されます。ストレージ容量は、ストレージタンク全体の温度差によって直接決定されます。バイオマスDHプラントのQMでは、蓄熱タンク全体の温度が30 Kを超えることが指定されています。温度差が40 Kの場合、貯蔵容量は、既存の貯蔵容量の30 Kと比較して大幅に増加できます。最適な保管管理を行うには、一定の高流量と一定の低い戻り温度が必要です。

最適な熱貯蔵管理の前提条件を含む、熱貯蔵システムの機能の詳細については、第7.5章を参照してください

### 13.5.6 燃料デマンド

バイオマスの年間燃料需要（t /年またはLCM /年）は、年間の一次エネルギー需要（MWh / aなどの燃料のエネルギー含有量）と燃料のエネルギー含有量から計算されます。

一価の熱発生の場合、バイオマスの年間一次エネルギー需要は、システム全体の年間熱需要量を、バイオマスボイラーシステムの年間効率で割ったものに相当します。

二価熱発生の場合、バイオマスボイラー（年間熟生産の生体原性シェア）がカバーする年間熱需要の割合のみが、バイオマスの一次エネルギー需要を決定するための相対的な存在となります。これは、設備全体の出力割り当てと年間の持続時間曲線に依存し、通常、年間熱需要の80～90%に相当します

プラント全体このシェアを年間の効率で割ることで、バイオマスボイラープラントの年間エネルギー需要が増加します。Excelツールの需要評価と適切なシステム選択では、ワークシートの「図またはQ計画表」にこれが表示されます。

**発熱損失  $Q_{VWE}$**  は、発熱量の年間効率から計算されます。バイオマスシステムの年間効率の抑止については、第20.12章で説明しています発熱量 $Q_{VWE}$  は以下の影響を受けます。

- 運転損失、ボイラー効率
- スタンバイの損失
- 容量の使用率
- 平均負荷レベル



## 13.6 その他の種類の熱源システム

### 13.6.1 標準シリーズの装置を備えたマルチボイラシステム

低コストのバイオマスボイラは、標準シリーズとして約500 kWの公称ボイラー出力まで、最大1500 kWの例外を備え、単価の複数ボイラーシステム（例：3～6の「カスケードシステム」）として使用できます

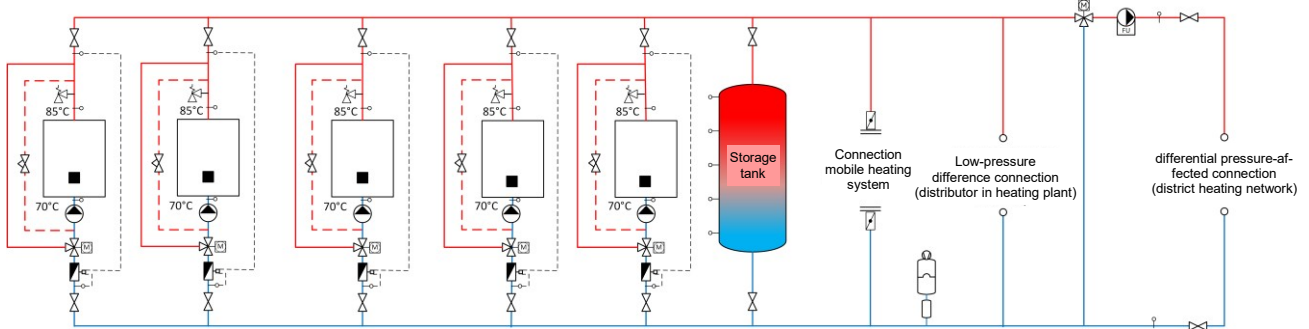


図13.12標準シリーズデバイスを使用したマルチボイラシステム(「カスケードシステム」)の概略図

なお、バイオマスボイラーは、安定した火格子燃焼とアンダーフィード燃焼を行う標準的なリース機器として、自動灰除去と自動洗浄機間の洗浄を行うことに留意してください。

**固定火格子の値**（傾斜用火格子付き）または回転式火格子の値は、指定された運転時間（たとえば、6～8運転時間）後になります。このプロセスでは、火格子上の燃料は、バーンアウト段階で完全にバーンアウトします。その後、自動点火でバイオマスボイラーを再始動する前に、火格子を機械的に清掃します。クリーニング間隔は30～45分です。

バイオマスボイラーの洗浄間隔の間に、別のバイオマスボイラを始動させて、洗浄工程をコールドスタートでブリッジすることを防止する必要があります。洗浄したボイラーが停止作動段階に戻るとすぐに、再度スイッチをオフにしてください。

1つのバイオマスボイラーが故障した場合、バイオマスボイラーの再メンテナンスにより、信頼性の高いバックアップ（冗長性）が実現します。

また、低負荷運転でのバイオマスボイラーの利用が基本的な拡張ではすでに可能となっているため、標準シリーズデバイスを搭載したマルチボイラシステムは、加熱ネットワークを拡張する際に高い柔軟性を発揮します。

燃料の要件（13.4章も参照）：

- ペレット
- 高品質の木材チップ WS-P16S-M20\*および WS-andis-P31S-M20
- WSおよび IS - P31S-M35（ボイラー出力200 kW以上、可動式火格子燃焼）

必要とされる高い燃料品質は、高い燃料価格のために、運転コストを大幅に増加させます。これは、合計ボイラー出力が高いマルチボイラーシステムの経済効率にも相当な影響を与えます。

バイオマスボイラー等は、バイオマス暖房設備の熱容量需要を最大2 MW以上までカバーしています。

個々のバイオマスボイラーの自動オン/オフ（自動点火）による最適な出力仕様と最適なカスケード制御を可能にする蓄熱タンクと組み合わせることで、1年を通じて個々のバイオマスボイラーを連続運転することができます。特に、移行期間および夏の低負荷動作時（表13.4を参照）は、使用率が高く、スタンバイ損失が少なくなります。これにより、全体的な年間効率 $\eta_a$ が向上します。

#### 設計の原則

Annual heat production with biomass	100 %
Design	Total boiler output without load peaks (black rhombus in Figure 13.4) Smallest boiler according to Table 13.4, Other boilers for problem-free boiler changeover (e.g. 1/5 to 2/5 to 2/5)
Number of full load operating hours biomass boiler	> 2,000 h/a
Low-load operation	Compliance with Table 13.4 with smallest boiler
Automatic ignition?	Yes, for small boiler (< 500 kW)
Fuel	Pellets, quality wood chips WS- and IS-P16S-M20* as well as WS- and IS-P31S-M20 or WS- and IS-P31S-M35 (from boiler output > 200 kW with moving grate furnace)
Storage capacity	≥ 1 h related to 2/3 of the total nominal output of the biomass boilers (recommended, however, ≥ 1 h at 100% total nominal output).

### 13.6.2 夏季運転用に燃料品質の高いバイオマスボイラーを追加

移行期または夏の熱需要が低い場合は、2つのバイオマスを持つ単価システムです。ボイラは、サイズや一般的に使用される参照燃料のために最小負荷要件が高くなるため、大型バイオマスボイラーに必要な使用率（表13.4に準拠した低負荷運転に必要な最低平均日暖房負荷）を達成できない場合があります。

システムの設計と運用の柔軟性を高めるために、バイオマスボイラー（夏）を追加しました

低出力を備えたボイラー）は、夏や低負荷の運転を柔軟かつ効率的にカバーするのに便利です（図13.14を参照）。原則として、燃料品質（ペレットまたは高品質の木材チップ）を重視し、自動点火機能を備えたシリーズデバイスが使用されています。これらは、100% CO<sub>2</sub>ニュートラル熱発生を実現するために、化石ボイラー、バイオオイル、バイオガスボイラーに代わる実用的な代替品となります。

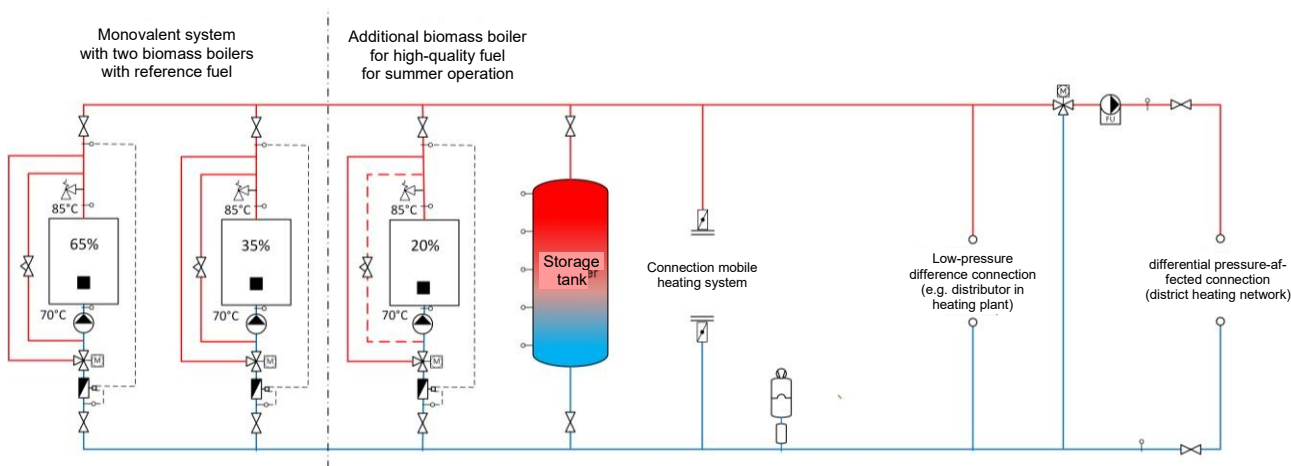


図13.13 二つのバイオマスボイラと、夏季運転用の高品質燃料用の追加バイオマスボイラを含む単価システムの概略図

補助バイオマスボイラーの設計は、家庭用温水供給の熱生産においてバイオマスボイラーを最大限に活用することを目的としています。

このため、1つまたは複数の追加バイオマスボイラーのボイラ出力またはボイラの総排出量は、夏の運転に必要な最大平均暖房負荷の2倍以上にする必要があります。大規模バイオマスボイラー1基とバイオマスボイラー1基のみのシステムでは、夏の運転で必要とされる最大平均暖房負荷の3倍の寸法にする必要があります。これは、追加バイオマスボイラーが夏季運転時の平均的な日々の負荷をカバーできるように、日々の負荷を補正するための貯蔵容量があるという前提に基づいています。これにより、バイオマスボイラー（図13.5参照）を増設して移行範囲をカバーすることが可能となり、バイオマスボイラーの大型化も可能となります。

直列装置の場合、標準シリーズの装置を使用するマルチボイラシステムの場合は、特別な燃料要件を考慮する必要があります（13.6.1章を参照）。

燃料の貯蔵と供給が別でない場合は、補助バイオマスボイラーの始動時に、燃料貯蔵に必要な高品質の燃料が含まれていることを確認する必要があります。燃料供給に不具合がある場合は、すべてのボイラーを作動させることはできません。

燃料を別々に保管して供給することで、追加のバイオマスボイラをと同時に作動させることができます

その他のボイラーおよびピーク負荷カバーとして使用され、冗長のために使用されるか、または機能不良の場合に供給を保証します。

補助ボイラーにペレットを使用する場合は、ファブリックサイロなどの追加のペレット保管を作成する必要があります。

集中太陽熱システムが利用可能な場合、自動点火と高い柔軟性を備えた補助バイオマスボイラーにより、太陽熱システムのバックアップが可能になります。しかし、補助バイオマスボイラーの実用性や経済効率の問題は、熱発生や補助バイオマスボイラーの利用が著しく制限されていることから生じています。表に従って補助バイオマスボイラーの必要な使用率を示します

13.4 保証の対象となることはありません。したがって、このような動作フェーズは最小限に抑える必要があります（13.7.4.3章を参照）。補助バイオマスボイラーのスイッチをオンにすると、ボイラーの最低出力で8時間以上の連続運転時間が必要になります。蓄熱タンクは部分的にしか満たされないべきである太陽熱システムが次の日に再度最大に使用できるようにする。

### 13.6.3 熱と電力の組み合わせ

バイオマスポテンシャルを将来に向けてエネルギー効率の高い方法で利用するためには、熱電併給（CHP）プラントの設置も検討する必要があります。ドイツおよびオーストリアでは、「Kraft-Wärme-Kopplung」という用語がスイスの「Wärme-Kraft-Kopplung」で使用されています。

バイオマスから電力を供給する場合は、常に最大量の熱を使用して資源を節約する必要があります。そうでない場合、発電にバイオマスを使用することは推奨されません。これらのプラントの変調範囲は比較的小さいため、原則として、電気ベースおよび熱ベースの負荷を供給するためには常に公称電力で動作する必要があります。バイオマスCHPプラントには、以下の技術が適しています。

- 蒸気タービン
- 蒸気機関
- 有機ランキン・サイクル（ORC）
- ガスエンジン
- ホットガスタービン

個々のCHPテクノロジーについては、地域暖房ネットワークの計画に関するハンドブックで詳しく説明されています。（[19] ページ2.9 ffを参照。）

バイオマスガス化では、高い燃料品質を確保するために注意が必要です。原則として、品質の高い木材チップ（WS/S-P16S/P31S-M10）などの均質で乾燥した燃料が必要です。工場の製造業者、設計および技術および工場のサイズによっては、使用できる燃料の範囲を個々のケースで明確にする必要があります。また、電気や熱の生産に加え、バイオマスガス化技術を用いた木炭の生産も可能です。

バイオマスCHPプラントには、オリエンテーション値として次の発電コストがあります。

- 蒸気ボイラーと蒸気タービンによる蒸気プロセスは次のとおり10 ~ 20 CT /kWh（15 ~ 30 RP/kWh）
- サーマル・オイル・ボイラおよびORCモジュールを使用したORCプロセスは、次のとおり15 ~ 25 CT /kWh（20 ~ 35 RP/kWh）
- ガスエンジンを使用したバイオマスガス化プロセスは次のとおり15 ~ 30 CT /kWh（25 ~ 40 RP/kWh）

経済的実行可能性は、市場の状況（達成可能な供給料金/自家発電の補償範囲と発電コスト）および技術的枠組みの条件（部分負荷運転、プラント利用、熱出力の最適化）に従って詳細に検討する必要があります。運転/プラント全体の効率など。該当する場合は、達成可能な発電コストを他の再生可能エネルギー源のコストと比較します。

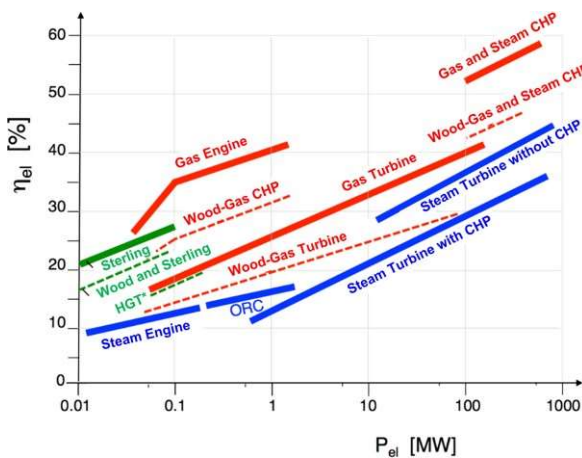


図13.14 電気の機能としての発電用のさまざまな技術の正味発電効率を示します（発電出力機能）[19]です。CCGT =複合サイクルガスタービン、HGT =ホットガスタービン（バイオマス通信を使用）

図13.14 は、CHPテクノロジーが数kWから1 GWを超える電力容量に対応していることを示しています。達成可能な正味発電効率は、10%未満から60%までの範囲に対応しています。定評のある蒸気動力技術のために、電気的なエネルギー効率は、10 kW elから大規模プラントの場合は約45%までの出力で10%未満のスケール依存性が顕著であることを示しています。バイオマスガス化やスターリングエンジンなどの他の技術により、小中出力での電気効率が向上しています。バイオマスを用いた発電は天候や季節に左右されず、基本負荷運転や電力網の安定化に適しています。

## 13.7 補助熱源と熱源システム

### 13.7.1 一般的な注意事項

今後のCO<sub>2</sub>ニュートラル熱発生の需要は、受け入れが必要な課題です。ピーク負荷と低負荷のカバレッジでは、バイオマス燃焼を備えた発熱系の基本的なモデル（13.5.1章）に追加オプションが必要になる場合があります。もう一つの可能性は利用可能なら分散型の既存のボイラーの統合である。必要なインフラ、測定および制御技術に応じて、既存の発熱体（ペレットやガスボイラー、CHPユニットなど）を計画されたネットワークに統合できるかどうかを、それぞれのケースでチェックする必要があります。

化石のピーク負荷カバレッジは、脱炭素化の要件を満たすことができません。そのため、将来、複数の再生可能エネルギー源を使用して、加熱ネットワーク（熱グリッド）の熱発生をますます増加させる必要があります。

補完的な熱源は次のとおりです。

- バイオマスプラントの排気ガスから発生する廃熱で、ヒートポンプを直接、間接的に使用
- ヒートポンプで直接および間接的に使用するための冷凍プラントからの廃熱
- ヒートポンプを使用した間接使用のために、廃水および廃水処理場（WWTP）からの廃熱です
- ヒートポンプで直接および間接的に使用するための工業プロセスからの廃熱
- 地表に近い空気層、地表水、および地表近くの地熱エネルギーからの周囲熱で、ヒートポンプで直接使用
- 地熱エネルギーは、地下水利用を含め、ヒートポンプと直接または間接的に使用するために、水深500メートルまでの深さにまで及び、地熱エネルギーはより深くなります。

補完的な熱発生システムは次のとおり：

- ヒートポンプ
- ソーラーサーマルシステム
- バイオガス/バイオオイルボイラー
- バイオガス/バイオオイルCHP（熱・発電設備一式）

バイオマス燃焼システムと補助熱源/発熱システムとの相互作用は、熱源または発熱システムの可用性によって決まります。

低負荷運転のための最小平均日次加熱負荷に関する要件は表に記載されています

**13.4 バイオマスボイラーの年間利用(全負荷運転時間数)**により、バイオマス燃焼システムをエネルギー効率と低排出ガスで運用できる分野を決定します。

補助熱源や補助熱生成システムを使用してバイオマスシステムを構築する場合は、次のことを確認する必要があります。

- 化石エネルギー源をCO<sub>2</sub>ニュートラルの熱生成に置き換えます
- バイオマスのエネルギー効率に優れています。可能性は限られていますが、最適に使用してください。
- バイオマスを他の再生可能エネルギー源と交換します（可能かつ適切な場合）。再生可能エネルギー源の可能性を拡大し、これらを最適に利用する必要があります。
- 異なる再生可能エネルギー源間の「競争状況」を回避します。競合するのではなく結合します。

記載されている基本的な熱源および熱発生システムの実装を成功させるには、選択された技術の基本要件を考慮する必要があります。たとえば、屈曲効率を高めるために、一部の技術では、加熱ネットワークで40°Cの目標値を持つ低いリターン温度、または加熱ネットワークでの低いフロー温度が必要です。目標値は70°Cです

熱発生システムを追加することで、ボイラ設計において、表13.4に規定された最低使用率でバイオマスボイラーを稼働させることが求められています追加の発熱システム用することで、バイオマスボイラーの全負荷運転時間を短縮できるため、表13.5の値を満たすことができなくなります。

システム全体は、13.3章に記載されている基本要件を常に満たすことができるように設計および操作する必要があります。



## 13.7.2 排ガスからの熱回収

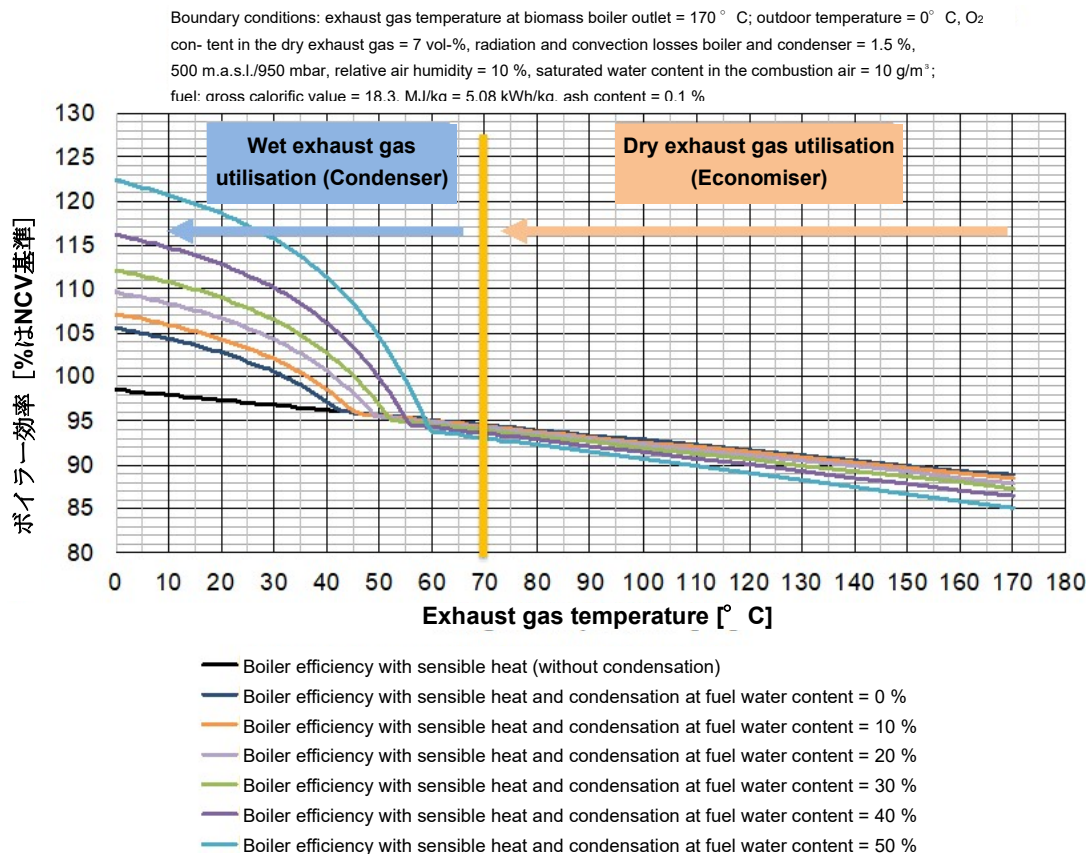


図13.15ボイラーの効率は、燃料の排ガス温度と水含有量に応じて決まります。排出ガスの使用率を低下させます (Verenum AG社製)。

### 13.7.2.1 一般的な注意事項

ボイラーまたは排ガス洗浄システムを離れた後も、設計および動作条件に応じて、排ガスの温度は120 ~ 160 ° Cであり、それに応じて高エネルギー含有量になることがあります。

図13.15は、経済化機構や排煙凝縮システムを利用してボイラー効率を高める可能性を示しています。そのため、バイオマスから効率的にエネルギーを利用するために、以下に記載する排ガスからの熱回収の種類を検討する必要があります。その他の情報については、5.9章を参照してください

### 13.7.2.2 エコノマイザ

粒子分離器の出口では、排ガスの温度は部分負荷で120 ° Cから公称ボイラー出力で160 ° Cの範囲になります。経済担当者は、煙道ガスを70 ° C (露点約15 K)まで冷却することで、良識ある熱を回収します。年間のボイラー使用率が

高いため、バイオマスボイラーの生産熱量の5~7%のWRGを追加できます。

水流では、通常、エコノマイザーは、蓄熱タンク (ボイラー側) 後のメインリターンに直列に接続されます (図13.16の左側の図を参照)。メインフロー温度が85 ° C未満の場合は、追加の熱源と同様に、バイオマスボイラーと並行してエコノマイザーを水流的に統合する必要があります (図13.16)を参照。メインの戻り温度 > 65 ° C、またはバイオマスボイラーの熱伝導媒体 (サーマルオイル、蒸気、またはホットウォーターなど) は > 110 ° Cであり、エコノマイザーによって生成された熱を温水システムに移すことができます。

FAQ 17では、加熱水と排気ガス側にエコノマイザーを統合するさまざまな種類の利点と、その利点について詳しく説明しています。

その他の情報については、5.9章を参照してください



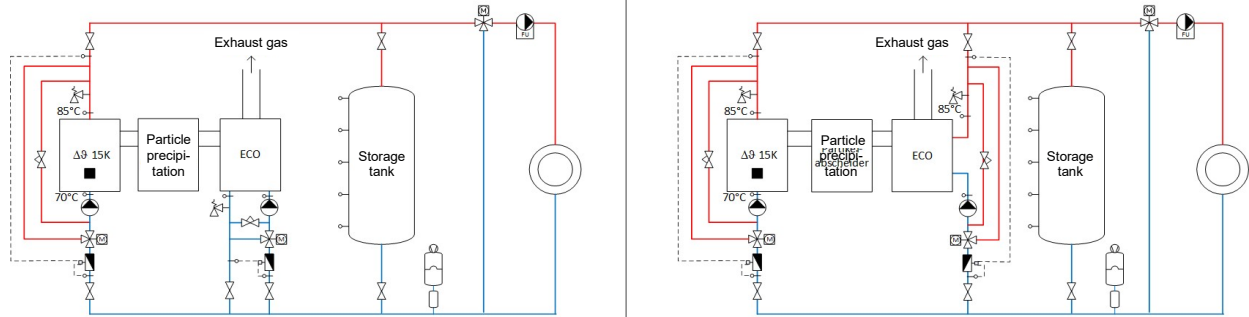


図13.16リターン（左）または並列（右）での、一連のエコノマイザー統合システムの概略図

### 13.7.2.3 排ガス凝縮

煙道ガス凝縮システムでは、煙道ガスの潜熱も顕熱とともに回収されます。排ガスは露点よりも十分に冷却され、最大限の熱回収を実現します。

WRGシェアが10%を超える、またはターゲット値が15%を超えるようにするには、次のフレームワーク条件を満たす必要があります。

- ヒーティングシステムのリターン温度の低下
- 定置運転段階でのボイラーの全出力範囲で30%~100%である過剰空気比  $\lambda$  が湿ガス基準1.5以下
- 必要なバイオマスボイラシステムの排ガス再循環と最適な利用（全負荷運転時間は3000時間以上、始動および燃焼段階は数回）です。
- 平均燃料水含有量はM40以上
- 熱交換器の温度差は、最大熱回収能力での加熱システムの出口温度と戻り温度の差が4 K以下で、運転時間全体で2 K以下です。

熱回収率は、戻り温度によって決まります。排ガスを露点以下で冷却できる1Kは、熱回収率を1%上昇させます。

表13.7排ガス凝縮システムの効率的な運用の基本要件

M 40	Wood chips from forest residues	< 45 ° C
M 40	Wood chips from forest residues (> 1,000 kW nominal boiler output)	< 50 ° C*
M 50	Industrial waste wood from a sawmill	< 50 ° C

\* with combustion air humidification

基本的なモデルとして、排ガス凝縮システムは水流で直列にメインリターンに統合されています（図13.17を参照）。可能な限り低いリターン温度を確保するために、凝縮液の流量をストレージタンクの上流側で決定する必要があります。凝縮水を介した流量を確保するために、リターンは蓄熱タンクとボイラーの間になければなりません。ボイラーと結露の同時発生により、水流システムの機能がオーバーフローなしで保証されます。

また、蓄熱タンクとボイラー間のメインリターンに凝縮水を取り付けることもできます（図 13.18参照）。メインリターンの流量が少ない場合は、次のようになります。排ガス凝縮システムの回路内の流量は、ポンプ容量を減らして、排ガス凝縮システムの入口への流路の流出を排除できるようにする必要があります。ノンリターンバルブまたはノンリターンフラップの取り付けは、望ましくないオーバーフローを防止するための追加の手段となります。

例外的なケースとしては、たとえば、熱発生と加熱ネットワークの間のネットワーク速度が低下した場合や、戻り温度が低い場合には、排ガスの凝縮をネットワーク側の戻り値に統合できます（図13.19参照）。この場合、ネットワーク内の熱需要を持つ排ガス凝縮システムの熱生成のシミュレーションと、それに対応するリターン内のマスフローを考慮する必要があります。

FAQ 17では、加熱水と排ガス側にエコノマイザーを統合するさまざまな種類の利点と、その利点について詳しく説明しています。

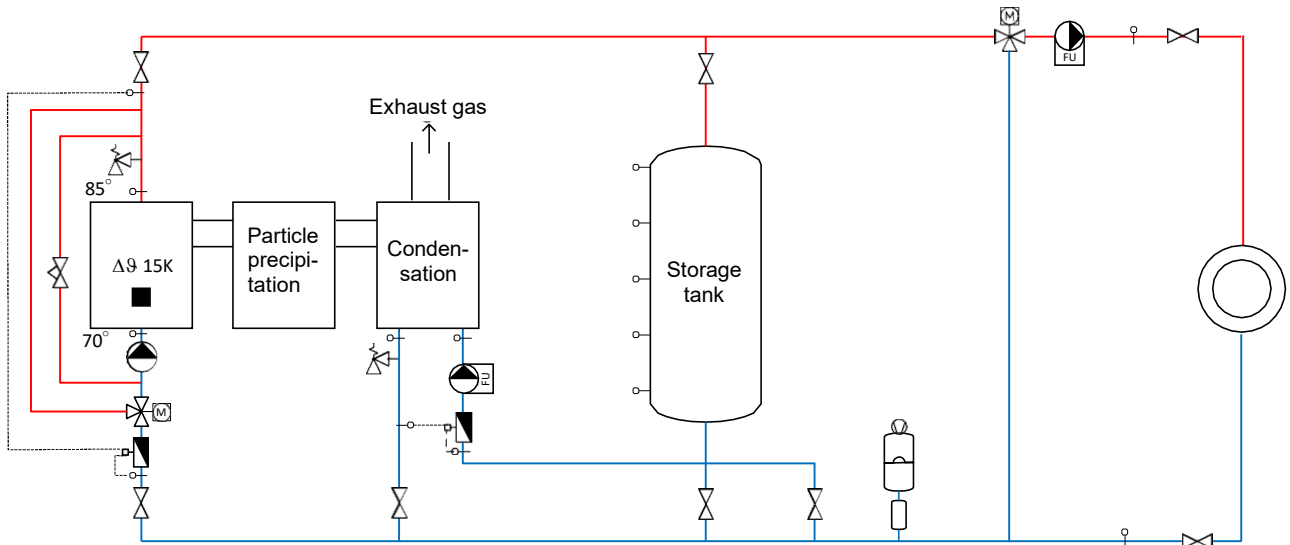


図13.17 主リターンに排ガスの凝縮が発生しているシステムの概略図蓄熱タンクの上流にある流ガスの注入口で、貯蔵タンクとボイラーの間にある排ガスの凝縮出口です。

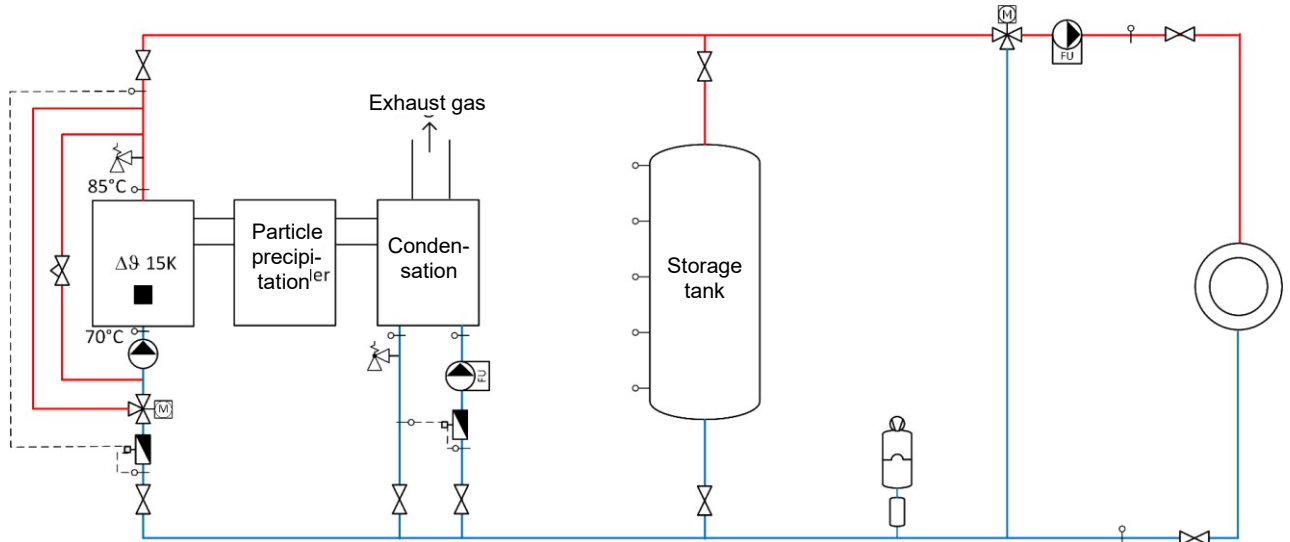


図13.18 主リターンに排ガスの凝縮が発生しているシステムの概略図蓄熱タンクとボイラーの間の排ガス凝縮入口と排ガス凝縮出口。

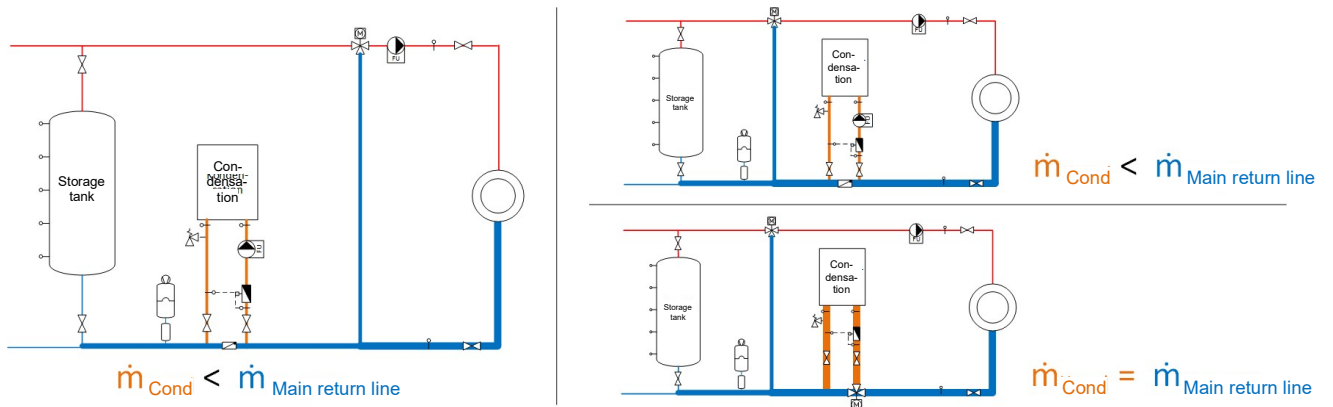


図13.19 ストレージタンクのメインリターンアップストリームでの排ガス凝縮の集積図

### 13.7.2.4 排ガス熱回収が可能な低温ネットワーク

低いリターン温度と低い温度要件を持つ消費者が別の低温ネットワークを介してタップできる場合、低温ネットワークには排熱のみを供給できます。低温のため、流煙の凝縮により、著しく高い熱収量を達成できます。

注意ピーク負荷範囲または衛生上の理由から、一次システムからの熱でグリッド温度を一時的に上昇させることができます。排ガス凝縮システムの不具合が発生した場合に比べて、通常動作時の排ガス温度が大幅に低下するため、煙突の断面の寸法に特に注意する必要があります（13.10.4.2を参照）。また、通常機能の場合は動作モードになります。

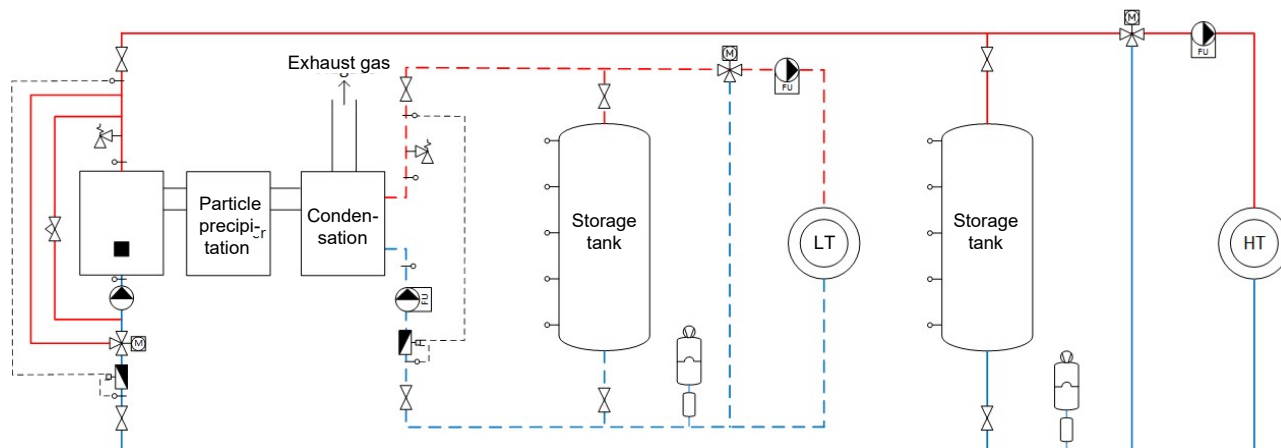


図13.20 排煙の凝縮を低温ネットワークに統合した概略図

### 13.7.3 ヒートポンプ

#### 13.7.3.1 一般情報

ヒートポンプは、温度レベルが低い熱源から熱を抽出して、この熱をより高い温度レベルまで上昇させます。高温レベルの熱は、加熱に使用できます。ヒートポンプサイクルの作動原理と、対応するキー数値の定義がわかっていることが前提です。

ヒートポンプシステムの効率 は、性能係数（COP）と年間COPによって定義されます。

品質等級は、実際の機械の性能COPの係数が理想的なカルノー熱力学サイクル（Carnot-COP）のCOPとどのように異なるかを示しています。

ヒートポンプシステムの基本要件は次のとおり：

- ヒートポンプの冷媒（作業媒体）は、オゾン破壊の可能性（ODP）と地球温暖化の可能性（GWP）に関して高い環境適合性を有しています。
- 冷媒は、温度の適用範囲全体に適している必要があります。
- ヒートポンプの設計は、ユニットの負荷に対応している必要があります。年間8000時間の全負荷運転時間を持つヒートポンプは、工業試験的な建物標準で実現する必要があります。
- ヒートポンプシステムの構築に関する法的要件を遵守する必要があります。すべての関連する標準および指令に準拠する必要があります（承認済み

冷媒、騒音排出、危険性、設置室の活性化、ガス警告など）

#### 13.7.3.2 ヒートポンプシステムのエネルギー効率

ヒートポンプシステムは、それぞれ高効率の性能（COP）と高い年間COPで動作する必要があります。システムの設計時には、次の点をアカウントに含める必要があります。

- 可能な限り最小の温度上昇（シンクとソースの温度差）で動作します。生成された熱は、可能な限り低い温度レベルで使用する必要があります。温度上昇の可能性については、ホットガスからの廃熱の最適な利用を考慮する必要があります。
- COPが高い、または高い品質のヒートポンプを選択します（図13.22 および 図13.23を参照）。
- 最適な作動ポイントでシステムを連続運転し、可変熱出力を使用して開始/停止フェーズをほとんど行わないため、摩耗が低減されます。この目的のために、複数のヒートポンプ、速度制御ヒートポンプ、または両方のタイプの組み合わせを使用できます。
- メインリターンの温度を上げるためのヒートポンプシステムの水流統合は次のとおり：
  - 加熱ネットのメインリターン温度は、可能な限り低い温度レベルで一定に保つ必要があります。
  - リターン温度上昇のためにヒートポンプシステムの熱供給を行う必要があります

ヒートポンプ回路の可変容量フローの転送容量に応じて、可能な限り小さい温度差に応じて変化します。

- 次の動作条件では、ヒートポンプシステムは、メインリターン（図13.21を参照）に直列に接続されているストレージタンク、または熱源と並行して接続されているストレージタンクの下部に熱を供給する必要があります（図13.21右を参照）。
  - ヒートポンプシステムの熱生成曲線は、ヒーティングネットワークの負荷低減曲線と同一ではありません。

1段階のヒートポンプ

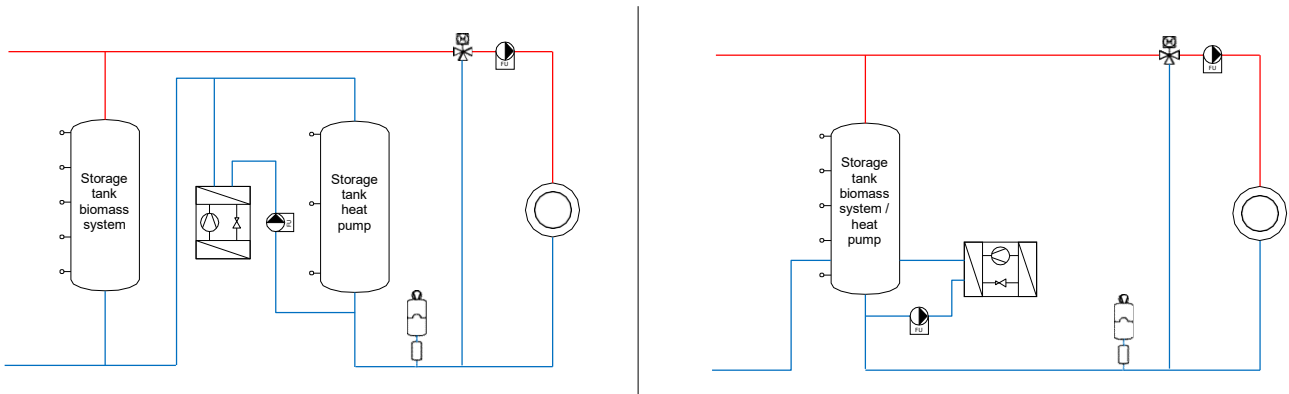


図13.21 ヒートポンプを統合するための概略図

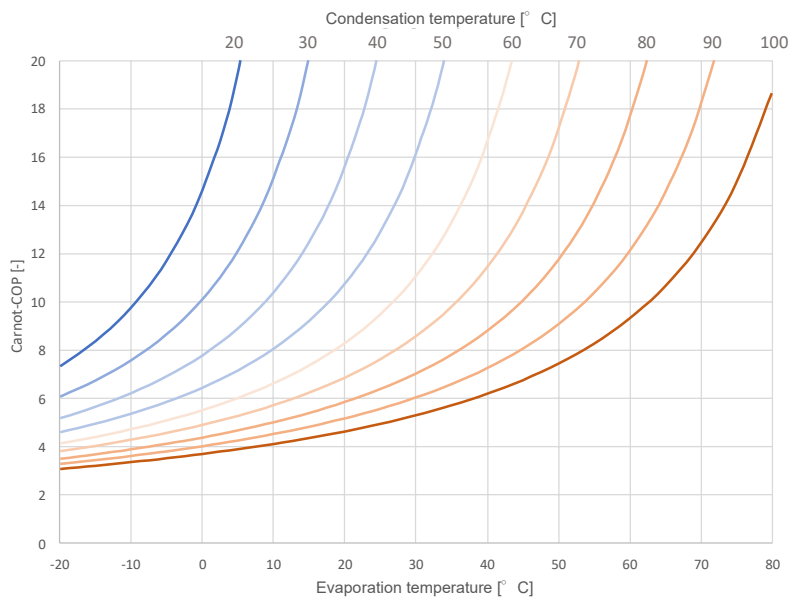


図13.22 カルノープロセスのCOP。この図は、理想的な機械またはヒートポンプの品質等級1に基づいています。実際の動作では、ヒートポンプの品質等級は0.4～0.6です。

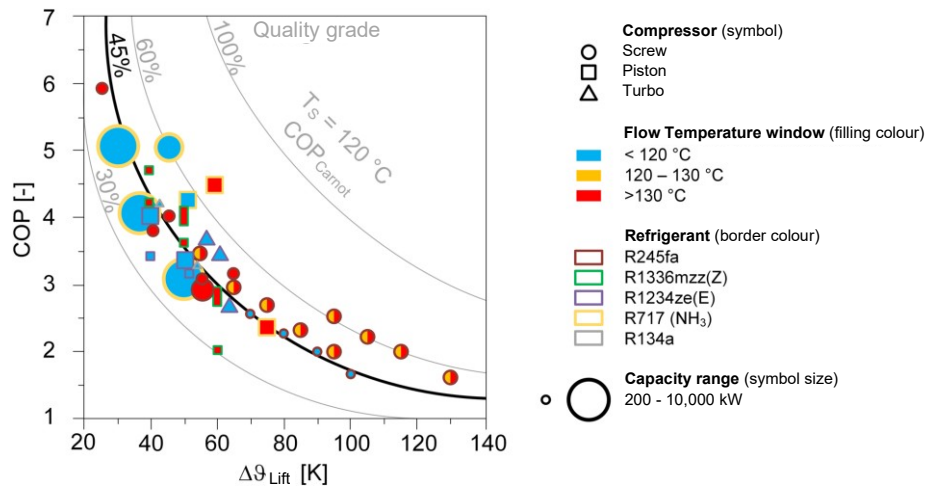


図13.23外部温度上昇の関数としての実機械の品質等級とCOP、つまり、シンク出口と線源入口温度の温度差 [134]

バイオマス暖房設備を持つ暖房ネットワークのためのヒートポンプシステムの経済的・エネルギー効率の高い運転のためには、COPの年間目標値  $>4$  を遵守する必要があります。COPの年間性能係数または性能係数は、ヒートポンプシステムが達成する必要がある温度上昇に直接関連しています（図13.22を参照）。工業用最新版ヒート・ポンプ・システムは以下の通りです。

- 温度上昇30 K、COP 6～7 \*
  - 温度上昇40 K、COP 4～5 \*
  - 温度上昇60 K、COP 3～4 \*
- \*高品質グレードのヒートポンプ

冷媒を選択する場合は、ODP値が0でGWP値が低いことを確認する必要があります（化学物質リスク低減条例、ChemRRV [135]を参照）。可能な限り、自然な冷媒を考慮する必要があります

### 13.7.3.3 夏期運転のヒートポンプシステムの水流通システムの結合

夏季のヒートポンプの流量温度（ヒートポンプシステムでのみ熱が発生する場合）が地域加熱ネットワークの供給流量温度に対応している場合、ヒートポンプはバイオマスボイラーシステムの蓄熱タンクを充填できます（図13.24を参照）。バイオマス燃焼システムと連動してヒートポンプシステムを作動させると、ヒートポンプは、熱を蓄熱タンクの上流側のメインリターンに供給するか、蓄熱タンクの下部に供給して、リターン温度を上昇させます。

注意原則として、基本的なQM要件に準拠する必要があります。

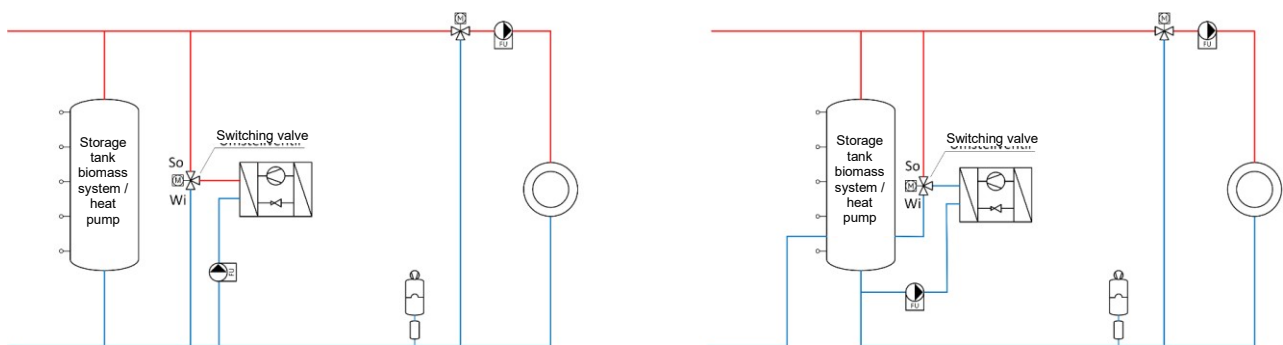


図13.24 夏季運転用ヒートポンプを統合するための概略図。



### 13.7.3.4 ヒートポンプと排ガス凝縮との組み合わせ

熱配管のメインリターン温度で冷却した後、排エガスがヒートポンプを使用してさらに30° C未満まで冷却された場合、排ガス凝縮の熱回収率は30%まで上昇することがあります。

生成された熱が連続してメインリターンに供給されるように、ヒートポンプシステムを水流で取り付ける必要があります（図13.25を参照）。これによりCOPが高くなり、温帯リフトが小さくなります。

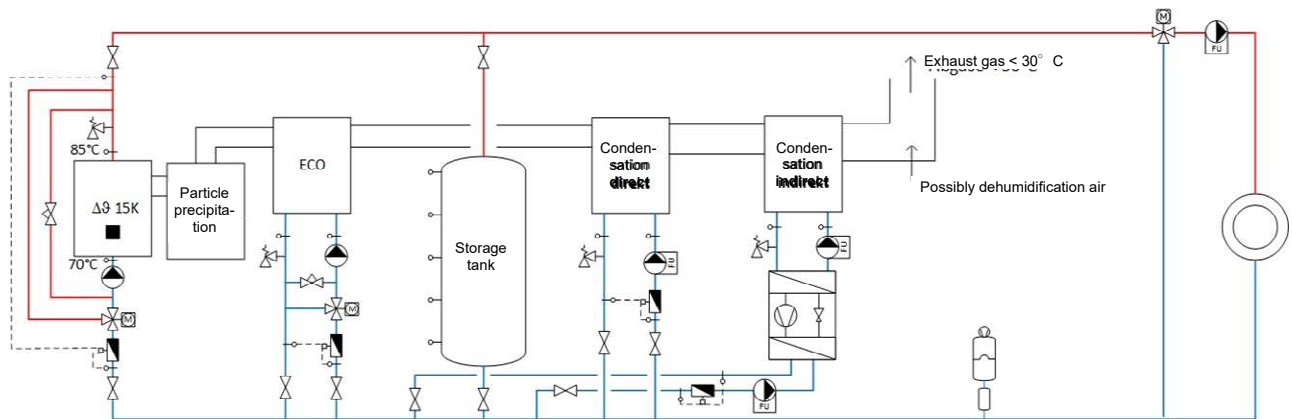


図13.25 ヒートポンプを排ガス凝縮に統合した図

たとえば、複数の圧縮ヒートポンプ、熱源回路および有用な熱回路用の速度制御ポンプを備えた速度制御ヒートポンプ、または2つのオプションを組み合わせることで、これを実現できます。排ガス凝縮システムを使用してヒートポンプシステムが得る追加の熱出力により、熱発生 の総熱出力が大幅に増加します。ヒートポンプを選択するときは、低温上昇と比較的高温の両方に適していることを確認する必要があります。

**吸収式ヒートポンプ** は、150° Cの温度範囲で温水ボイラーを使用して作動します。吸熱ポンプの駆動熱には、バイオマスボイラー（バイオマスボイラー）の温水ボイラーの約30%が必要です。オプションとして、バイオマスボイラーのボイラ全量を温水70%、高温湯30%に分けて、共用の排煙システムを設置することができます。温水（ボイラー回路の総体積流量の30%）は吸収ヒートポンプで約150° Cから約130° Cに冷却されます。COPは、コンデンサ側の80° Cの流量と55° Cの戻り温度（地域加熱メインリターン温度の上昇に使用）で約1.7の結果を出し、30° C未満の排液後の排ガス温度を示します（図13.26）。

ここでは、燃料含水率M 50での排ガス凝縮により、燃料効率を約20%向上させることができます。エコノマイザーの追加利回りは考慮されません。

ヒートポンプシステムの温度上昇を低く保つには、低いメインリターン温度を確保する必要があります。排ガス凝縮システムを介した熱回収の直接的な部分は、メインリターンフローの増加につながることに注意してください。

ヒートポンプシステムによる温度上昇後、エコノマイザーはメインリターンに水流で統合する必要があります。

圧縮ヒートポンプを使用する場合は、COP > 4を使用する必要があります。システムは、ボイラー出力を調整することで排気ガス量の変動にもかかわらず、常に最適な動作条件で動作できるように設計する必要があります。

流ガス凝縮を伴う熱回収システム用の吸収ヒートポンプは、総必要熱容量が5 MWを超えるバイオマスDHプラントで使用されます。理想的には、大酪農場、ランドリー、その他の高熱消費者のように、一部のお客様（最大約50%）も温水を必要とします。

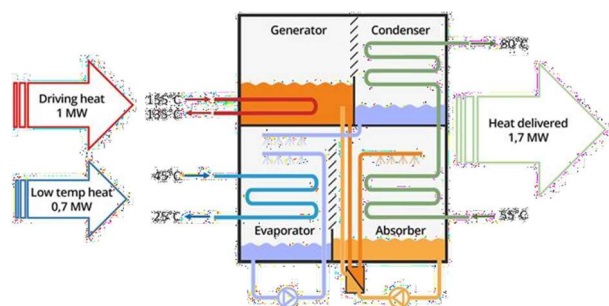


図13.26吸収式ヒートポンプ（Libr、シングルステージ、出典：STEPSAHEAD）。

排ガス凝縮を伴う熱回収用ロータリーヒートポンプの用途は、バイオマスDHプラントにあり、総必要熱容量が5MWを超えています。

ロータリーヒートポンプの利点は次のとおり：

- 冷媒に問題はありません  
ODP = 0、GWP = 0、不燃性、無毒（無可ガス）
- 1台の装置と作業装置で、-20° Cから150° Cまでの幅広い用途に対応します

- 温度と出力は非常に柔軟に調整できます
- 100° C未満の高温用途に適しています

ロータリヒートポンプの利点は次のとおり：

- 中程度のCOP
- コストが高くなります
- 必要なスペースが不足しています

### 13.7.3.5 寒冷地暖房用の排ガス凝縮による熱回収

煙道ガス凝縮システムからの熱を約15° Cの流動温度のネットワークに供給することで、煙道ガスを20° C未満に冷却することができ、その結果、煙道ガス凝縮の高い熱回収率が得られます。熱は寒冷地暖房として分配され、分散型ヒートポンプによって必要な温度まで上昇します（年COP > 4）。これにより、バイオマスの高いエネルギー効率で使用できます。

## 13.7.4 太陽エネルギー

### 13.7.4.1 目標

バイオマス暖房設備の運用に伴う太陽エネルギーの利用目的は以下の通りです。

- 効率的な直接太陽エネルギーの利用により、太陽光の強い月にバイオマスの需要を削減することができます。バイオマスは、低日射の月に使用する必要があります。
- 低負荷運転では十分な使用率が得られず、夏にはバイオマスボイラーを使用しないようにします。
- 低負荷運転でバイオマスボイラーの利用が不十分な夏の化石燃料（加熱油、ガス）の使用量を削減します。

### 13.7.4.2 加熱ネットワーク用の太陽熱システム

図13.27に示すように、暖房ネットワーク用の太陽熱システムは、夏の平均的な夏の熱負荷、つまり、天候に左右されない熱容量のデマンドとしての夏の暖房ネットワークの平均的な日々の暖房負荷に基づいて設計されています。太陽熱システムの加熱ネットワークへの油圧統合は、集中型または分散型にすることができます。

夏の暖房ネットワークの1日の平均暖房負荷に応じて寸法が決められた太陽集熱器アレイを使用すると、夏の熱需要の100%をカバーし、その一部を移行中にカバーできます。

期間バイオマスボイラシステムは、暖房シーズンの初めにのみ作動します。

限られたコレクターフィールドエリアが100%の夏のカバレッジを妨げる場合、必要な残留カバレッジは、高燃料品質のバイオマスボイラー、または代わりに、バイオオイルまたはバイオガスで理想的に動作するボイラーによって提供される必要があります（13.6.2章を参照）

太陽熱システムを統合するためのさまざまな例と可能性は、Solar District HeatingまたはEuroheat&PowerのWebサイトにあります。（<https://www.solar-district-heating.eu>と<https://www.euroheat.org/>）。

次の実証式では、表13.8の値を考慮して、必要な合計コレクタ領域の大きな推定値を示します。有効なフレームワーク条件を考慮して、コレクタ領域全体の詳細な寸法を作成する必要があります。適用可能な簡単なツールは無料で入手でき、デモンストラリングを促進します（[www.scfw.de](http://www.scfw.de)）。

$$\text{Collector area} = \text{collector area factor} \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{kW}_{\text{summer demand}}} \right] * \text{aver- age daily heating load in summer} \left[ \text{kW}_{\text{summer demand}} \right]$$

表13.8異なる太陽フラクションのコレクタ領域とストレージボリュームの推定値(基準: CH'DE'およびATに10個のプラント)

Collector area factor [m <sup>2</sup> /kW <sub>summer demand</sub> ]	Storage volume [l/m <sup>2</sup> collector]	Annual coverage* [%]	Solar fraction summer [%]
20	100	approx. 20	100
4	200	approx. 6	40
2	300	approx. 3	20

※国内の温水需要は、年間の暖房需要の25%を想定し、暖房期間（夏）外の需要は年間需要の約10%を想定しています（国内の温水需要と地区暖房ネットワークの熱分配損失）。家庭用温水の年間熱湯需要の割合が高いほど、年間利用率が高くなります。

コレクタの年間生産量が400~500kWh/m<sup>2</sup>の場合、次のような結果が得られます。

- コレクタ面積約20m<sup>2</sup>/kWでは、コレクタ面積約100リットル/m<sup>2</sup>の保存容量を使用して、熱ネットワークの年間総熱需要に合わせて、約20%の太陽の割合を達成できます。夏には、この場合の太陽の割合はほぼ100%になることができます。
- 約4m<sup>2</sup>/kWのコレクターエリアと200リットル/m<sup>2</sup>のコレクターエリアのストレージボリュームにより、暖房ネットワークの年間総熱需要に対して最大6%のソーラーフラクションを達成できます。
- 2m<sup>2</sup>/kWのコレクター面積と300リットル/m<sup>2</sup>のコレクター面積の貯蔵容量により、暖房ネットワークの年間総熱需要に対して最大3%の太陽熱分率を達成できます。

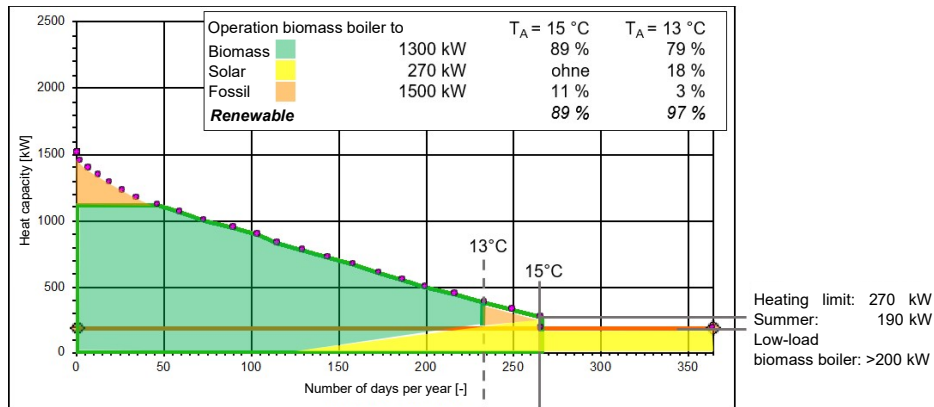


図13.27 バイオマスボイラー、化石燃料ボイラー、太陽熱システムを使用したバイオマス加熱プラントの年間持続時間曲線

バイオマス加熱プラントのネットワークに太陽熱システムを効率的に統合するための前提条件は、バイオマスボイラーを年間の高効率で運用できることです。これにより、排ガスからのエネルギー効率の高い熱回収で造ったバイオマスボイラーの最適な利用が再開されます。

- エコマイザの設置による追加熱収率は、バイオマスボイラーの熱生産の約6%である。これは、太陽熱システムの収穫量に対応し、夏の1日の平均暖房負荷のkWあたり4m<sup>2</sup>の太陽コレクター・サーフェイスと、最大6%の太陽年間補償率を実現します。
- エコマイザの設置による追加熱収率は、バイオマスボイラーの熱生産の約20%である。これは、太陽熱システムの収穫量に対応し、夏の1日の平均暖房負荷のkWあたり20m<sup>2</sup>の太陽コレクター・サーフェイスと、最大20%の太陽年間補償率を実現します。

注意太陽熱システムが夏の需要全体をカバーできない場合、バイオマスボイラーの稼働率は、太陽熱システムの熱収量によって大幅に制限されます。表13.4に示すように、バイオマスボイラーに必要な1日の平均暖房負荷を大幅に下回る使用率である場合、年間効率を大幅に削減することができ、稼働中のバイオマスボイラーの効率を大幅に改善できます。このような状況の下では、太陽熱システムとバイオマスボイラーを組み合わせることで夏の熱需要をカバーすることは、エネルギー効率の面で好ましくない影響を与える可能性があります。

また、バイオマスボイラーの利用は、太陽熱システムの熱収量によって移行期間中に大幅に削減されます。この問題は、図13.27の年間継続時間曲線に見られます。夏には約100%の太陽電池を使用して（夏には化石燃料を代替するなど）、太陽熱システムの熱収率により、移行期間中のバイオマスボイラーの負荷が大幅に低減されます。システムの選択「1つのバイオマスボイラーと蓄熱タンク（単価または二価）」は、移行期間中にバイオマスボイラーの運転が好ましくない結果となり、負荷が低すぎるため、年間効率が低下します。（

バイオマスボイラーに要求される最小平均日暖房負荷を大幅に下回っています）。

燃料品質の高いオペレーション（ペレットや高品質の木材チップなど）を実現するための少量生産のバイオマスボイラーが追加されています。夏には、場合によっては移行期間中に、太陽熱システムの熱収量によるバイオマスボイラーの使用不足の問題を回避することができます（13.6.2章を参照）。

そのため、移行期におけるバイオマス燃焼システムの最適な動作を実現するために、太陽熱システムからの熱収量を増加させながら必要な有用化を行うために、以下のシステム選択バリエーションを検討する必要があります。2つのバイオマスボイラー（ボイラー出力1から2に分注）、または蓄熱タンク付きの複数のボイラーシステムです。

共通ストレージボリュームは、次のように使用します。

- 夏には、太陽熱システムの熱発生とバイオマスボイラーシステムの熱生産がメインフローに供給されます。
- 移行期間中は、主リターンを上げるために、太陽熱システムの熱収量が蓄熱タンクの3分の1に供給されます。貯蔵タンクの上の3分の2は、標準のQMバイオマス加熱設備回路に従ってバイオマスボイラーシステムによって管理されます。
- 補足情報については、FAQ 32「How should should be integrated?」を参照してください。“

### 13.7.4.3 分散型太陽熱システムの採用

1MWh (a\*m) 未満の加熱ネットワークでの接続密度を使用して、夏の家庭用温水プレパレーションを、消費者の熱太陽コレクターシステムで減衰させることができるかどうかを調べる必要があります。この期間中は、家庭の温水準備の熱対策よりも、加熱ネットワークの熱損失が大幅に高くなります。

このタイプでは、加熱ネットワークは加熱時間のみ作動します。夏の暖房ネットワークの熱損失は除外され、太陽熱システムのポンプと暖房ネットワークの出力需要に対応した集中太陽熱システムでカバーされる必要はありません。

ソーラー・熱システムは、各顧客の家庭用温水消費量に応じて設計されています。また、夏には、ヒートポンプ（太陽光発電システムとの組み合わせでヒートポンプボイラー）を使用して、顧客の施設で水を加熱することも可能になります。

#### 13.7.4.4 ヒートポンプ付き太陽光発電

暖房ネットワークの熱需要は、夏にはヒートポンプでおおわれる可能性があります。ヒートポンプの電源が太陽光発電システム（PVシステム）で生成された場合、この熱生成も更新可能です。さらに、冬期にはヒートポンプを追加で内蔵して、ピーク負荷をカバーしたり、排ガスを凝縮したりすることができます。

夏の需要では、太陽光発電モジュールの面積が平均で1日平均暖房負荷の5~7m<sup>2</sup>になるため、夏の暖房需要をカバーするためのヒートポンプの電力需要に対応する年間電力が生産されます。

太陽電池モジュールの表面は、既存の複数の屋根面に配置することもできます。

次の前提条件を満たすことができます。

- 夏の熱需要は次のとおりです。年間の合計熱需要の10%です
- 平均15° Cを超える外気を熱源とし、空気流温度ネットワークを70° Cにします
- ヒートポンプの年間性能係数（APF）> 3（高品質グレードのヒートポンプの場合は最大4）です。

太陽熱とは対照的に、バイオマスボイラーを始動するために、移行期間の開始時にヒートポンプを停止することができます。このようにして、移行期間中に必要な利用率で、年間の表面性を損なうことなくバイオマスボイラーを操作できます（13.7.4.2章を参照）。直接使用されないPV電力は、グリッドに供給できます。

システムの選択肢として、「1つのバイオマスボイラーと1つの貯蔵単価」を選択することで、ヒートポンプをより大きく設計する必要があります。ヒートポンプのオンとオフを切り替えることで、バイオマスボイラーの必要な利用を考慮して、太陽光発電システムでの太陽エネルギーの間接的な使用をより柔軟に設計することが可能になります。太陽エネルギーと熱生産の使用は時間の経過とともに分離されています。

ヒートポンプは、排ガス凝縮による熱回収にも使用できます。

### 13.7.5 廃熱利用

#### 13.7.5.1 予備的コメント

廃熱とは、プロセスの副産物として発生し、使用されていない環境に放出される熱の流れを表す用語であり、ポンプ、ファン、熱交換器または冷却システムのエネルギー消費を増やすことで、望ましくない熱交換に貢献します。廃熱利用（熱回収）とは、この廃熱を他のプロセスや目的に使用し、エネルギー効率を向上させる手段のことです。

熱源からの熱とは対照的に、廃熱は需要関連ではなくプロセス関連です。季節的な条件、稼働時間、プロセスシーケンスなどの理由、および廃棄物の熱供給と熱需要の時間的なシフトにより、定性的（温度）と定量的（熱量）が廃棄物の熱供給の変動を生じます。システム、特に蓄熱タンクの取り外し時に考慮する必要があります。バイオマスDHプラントのQMからの需要評価および適切なシステムの選択用のExcelツールでは、システムの設計時に「最大平均日次基本負荷容量」の下で廃棄熱利用を考慮することができます。

注意産業プラントは通常月曜日から金曜日まで1から2回のシフトを行い、クリスマスと新年にかけては生産しません。そのため、この期間中は、産業プラントからの廃熱が空間加熱に利用できなくなる可能性があります。

#### 13.7.5.2 直接廃棄物熱利用

##### 80° Cを超える排熱源

80° Cを超える排熱源からの熱（CHPプラントからの廃熱、地熱エネルギーなど）通常、バイオマス加熱システムと同じ温度レベルにあり、メインフローや熱貯蔵システムに直接統合してバイオマスボイラーシステムと並行して使用できます。

廃棄物熱源を比較的低電力で、結果として低質量流量に統合する場合は、顧客側の流量をこの質量流量に適合させる必要があることに注意してください。そうしないと、廃熱利用の流れの温度が高質量流量によって混合され、蓄熱タンクが底部から充填される危険があります。

##### 60° Cを超える排熱源

60° Cを超える熱源（産業廃棄物熱、圧縮空気廃棄熱、デスパーヒーター熱、または中程度の深さの地熱エネルギー）の場合、熱は加熱ネットワークのメインリターンに直接送られる必要があります。このようにして、メインの戻り温度が上昇し、熱が減少します

> ヒータネットワークの設定温度に達するには、80° Cを追加する必要があります。ただし、この場合、顧客または暖房ネットワークの廃棄物熱生成と廃熱の同時排除、および発生する主リターンの大量フローは、排熱出力と一致する必要があります。必要に応じて、熱需要から熱供給への時間的なシフトを抑制するために、加温蓄熱タンクが有用です。この廃熱がバイオマス加熱システムの蓄熱タンクに直接供給される場合は、蓄熱タンクの設計時に、対応する熱量と保存温度に対する影響を考慮する必要があります。貯蔵タンクはそれに応じた寸法にする必要があります、すべての発熱部品の最高戻り温度を維持できるようにする必要があります。

### 13.7.5.3 ヒートポンプを使用した間接 廃棄熱利用

#### 50° C未満の排熱源

メインのリターン温度よりも低い温度の熱源からの廃熱は、直接使用できません。直接排熱利用のために使用可能なヒートシンクがない場合、この排熱はヒートポンプを使用して使用可能な温度レベルまで上昇し、加熱回路に供給できます。

用途の可能性、用途の限界、ヒートポンプの設計要件については、13.7.3章に記載されている基本条件を遵守する必要があります。

次のような、排ガスからの結露廃棄物熱用の追加の熱源を使用できます。たとえば、ヒートポンプを使用する場合などです。

- 冷却システムから熱を排出します
- 産業廃棄物の熱/産業用排気です
- ARA廃熱（廃水処理工場）
- 地下水（湖または川の水）
- 表面近くの地熱エネルギー（地熱プローブ）

**冷凍システムからの廃熱（20～40° C）** 冷凍システムの凝縮温度は、通常30～40° Cです この温度レベルは、ヒートネットワークでは直接使用できず、ヒートポンプのソースとして使用できます。冷媒は、再充填剤およびシステムの設計に応じて、第2段階で高压に直接圧縮するか、別のシステムで使用可能な温度に上げることができます。

冷却用途の目的に応じて、熱需要は季節によって異なります。ほとんどの場合、エアコンの冷却が行われている場合は、夏季の家庭の温水需要に対応するためにヒートポンプを使用することができます。冬では、バイオマス加熱の排ガス凝縮システムをヒートポンプの原料として利用することができます。年間を通して比較的安定して稼働する冷却アプリケーションも、年間を通して廃棄物の熱利用に使用できます。

比較的高い線源温度のため、COP値が良好で、これらのシステムでは高温にもなります。

**プロセスに依存する産業廃棄物の熱（5～80° C）** 産業プラントからの廃棄物の熱は、非常に異なる起源であり、異なる温度レベルで発生することがあります。産業廃棄物の使用における第一の優先事項は、発生場所にできるだけ近い場所で使用することです。ピンチ方式を使用して工場内のすべてのプロセスを分析することで、熱源やシンクを特定し、「熱交換器ネットワーク」を構築できます。会社で使用されていない廃熱は、中央加熱システムに移すことができます。

温度のため、直接使用可能な熱は13.7.5.2章に従って統合されます。低温レベルでの排熱は、ヒートポンプを使用して使用可能な温度まで上昇し、システムに統合できます。

- 低温ネットワークでは、機械（発電機、機械工具などを備えたタービンプラント）からの廃熱、産業用または商業用の廃熱、および地熱エネルギー（例：温泉から、移すことができます）。
- ヒートポンプの使用は、排熱の時間的な発生と調整するか、蓄熱タンクでバランス調整する必要があります。

#### 廃水処理施設からの廃熱（5～20° C、季節により異なります）

廃水処理施設（WWTP）では、5° C～20° Cの残留熱が年間を通じて蓄積され、バイオマスボイラーシステムの排ガス凝縮に利用できます。廃水処理施設の流量温度が約15° Cの場合、排液ガスを20° C未満に冷却して、高品質の熱回収率を実現できます。冬季には、廃棄物の排出量が減少するため、WWTPの廃棄物熱の潜在的な低減は、廃棄物の排出量が減少することで補正できます。

ヒートポンプシステムは、ベースロードをカバーするために作動します。夏には、ヒートポンプが地域加熱ネットワークのフロー温度を供給します。加熱期間中は、メインの戻り温度を上昇させます。

バイオマスボイラーシステムは、中負荷をカバーし、十分な容量がある場合はピーク負荷をカバーします。ピーク負荷はバイオガスまたはバイオオイルボイラーでカバーすることもできます。

#### 地下水と地表水は季節的には、季節的には温度が上昇

これには、次の情報源が含まれます。

- 地下水のソース温度は8～12° Cです
- 表面水のソース温度:範囲は、5～20° Cです 海の色調には比較的大きな違いがあります。

これらの熱源は、バイオマスボイラーシステムの排ガス凝縮システムで使用することができます。廃水処理施設の流量温度が約15° Cの場合、排ガスを20° C未満に冷却して、高品質の熱回収率を実現できます。冬季の地下水や地表水の減少は、水温の低下によって補われます。

ヒートポンプシステムは、ベースロードをカバーするために作動します。夏には、地域暖房ネットワークの流量温度を提供します。加熱期間中は、メインの戻り温度を上昇させます。

バイオマスボイラーシステムは、中負荷をカバーし、十分な容量がある場合はピーク負荷をカバーします。ピーク負荷はバイオガスまたはバイオオイルボイラーでカバーすることもできます。

#### 外気 (-10° C～+30° C)



熱出力が大きいヒートポンプには、それに応じて大容量の蒸発器が必要であり、かなりのスペースが必要で

す。熱出力が大きいヒートポンプには、対応する大容量の蒸発器が必要であり、これには十分な余裕が必要です。また、防音材は特に夏の運転で考慮する必要があります。

## 13.8 プロセス熱の提供

プロセス熱とは、工業的なプロセスに必要な熱のことです。空間加熱の要求とは対照的に、プロセス熱の要求は通常、外気温度に依存せず、供給されるプロセスに直接依存します。

燃焼温度が高いため、バイオマス燃焼システムは高温でプロセス熱を供給するのにも適しています。必要な温度レベルに応じて、次のメディアのバイオマスでプロセス熱を生成できます。

- 温水システムが110° C未満である
- 温水システムが110° C未満である
- 蒸気
- サーマルオイル
- ホットエアまたはその他のホットガスプロセスです

蒸気、熱油、または熱空気のためのバイオマスボイラは最新の技術であり、利用可能である（第 5.4章も参照）が、温水および温水ボイラーには、CHPまたはプロセスヒートプラントにのみ使用されます。ガスボイラーからの排煙とは異なり、プロセス（乾燥など）のためのバイオマスボイラーからの高温の排ガスの直接使用は、一般的に粉塵負荷のためには可能ではありません。高温適用では、バイオマス炉の大規模な熱質量と腐食問題による慣性、安全エンジニアリングに特に注意する必要があります。この計画ハンドブックでは、建設タイプ、プラント、および安全技術について詳しくは説明しません。この分野で経験される専門の製造業者およびプランナーが関与する必要があります。

### プロファイルをロードし、蓄熱処理

プロセスの熱需要は、基本負荷として発生し、温度レベルが高い場合でもバイオマス燃焼システムによって供給されます。

短期負荷の高い熱需要を変動させ、日々の負荷プロファイルが不均一（夜間や週末など、営業時間外の熱消費がないなど）で処理する場合、必要な使用率を維持しながらバイオマス燃焼システムでは、ほとんど均一に処理できません。化石燃料ボイラに再配置せずに、蓄熱タンクを介して必要なロードバランスを可能にするには、次の点を考慮する必要があります。

- 事前に、可能な対策を慎重に検討し、生産を調整してピーク負荷をできるだけ低減する必要があります。
- その後、週の初めの朝に発生する最大の負荷ピークが、蓄熱タンクとバイオマスによって安全にカバーされるように、蓄熱の蓄熱度管理を設計する必要があります

量とバイオマスボイラーの最大熱排出量は、限界を超えています。バイオマスボイラは一定の起動時間を再利用し、蓄熱タンクは限られた時間しか最大排出量を供給できないため、システム運転が先見性を持って計画されている場合にのみ、両方の最大出力を同時に使用できることを考慮する必要があります。

- 本番プランニングをストレージ管理に組み込む必要がある場合があります
- 週端での（プロセス）熱需要が減少した場合、保管設計では、バイオマスボイラーの熱伝導を最小限の出力で確保する必要があります（表13.4の低負荷条件にAC補正）。月曜日の朝のハイストレージ蓄熱状態は、起動ピークをカバーするために使用できます。
- 蒸気、サーマルオイル、または空気を熱交換媒体として使用する場合、さまざまな要因（達成可能な保管容量、コスト、安全性など）により、保管オプションは非常に制限されます。原則として、これらの熱伝導メディアには、マイナーストレージ容量を実装できないか、またはわずかしか実装できません。

### デザイン

プロセスヒートプラントの供給のためのシステム選択と設計のために、需要評価のためのExcelツールと、バイオマスDHプラントのためのQMの適切なシステム選択では不十分な場合があります。測定値に基づく時間単位の負荷プロファイルが必要になることがよくあります。天候の影響は頻繁に第2重要である、従って設計は少数の選択された、典型的な週間プロファイルに基づいていることができます。プロセスの温度要件は、これまでになく、プラントの選定において決定的な要素となっています。

システムには次のような種類があります。

- 将来的には、ガスグリッドから得られたバイオガスや天然ガスの品質で供給される化石ガスボイラーを使用した、熱貯蔵とピーク負荷カバー時代のバイオマス・コムバスプラントのベース負荷（利用可能な場合）です。
- ガスボイラの天然ガスの代替として使用される可燃性製品ガスを生成するバイオマスガス化システムです。なお、発熱量は、天然ガスよりも大幅に低く、ガス配管やバーナーの調整が必要であることに留意する必要があります。しかし、これについては実用的な経験はほとんどありません。同時に、プロセスの熱供給に使用するには、実質的に0%~ 100%の範囲で変調操作を行うか、またはガス貯蔵タンクを使用する必要があります。このモデルでは、市販製品はほとんど入手できず、高い投資コストと運用コスト（燃料品質の向上、メンテナンスコストの増加、サービスコストの増加）が予想されます。しかし、バイオマスガス化プラントでは、炭火や植物炭の生産を増やすことができます（植物炭は、エネルギーには使用されず、材料にも使用されるバイオマスから生産される炭です）。

## 13.9 システムコンポーネントの設計

1-2 MW	33	27
>2 MW	20	16

### 13.9.1 粉塵沈殿技術の選択

#### 粉塵の割合

環境的に関連する面では、バイオマス燃焼による粉塵排出量は、NOx排出量を削減するだけでなく、非常に重要です。バイオマス加熱システムからの粉塵排出量を評価する場合は、2つの分数を基本的に区別する必要があります。粗い飛灰は、燃焼中に燃料ベッドからスワイプされ、排出ガスとともに排出される灰の粒子で構成されています。粒子サイズの範囲は、数  $\mu\text{m}$  ~ 約  $100 \mu\text{m}$  です。2番目の分数は微粒子で構成されています。いわゆるエアロゾルで、燃焼中に蒸発するバイオマス中の有機物質の凝縮により、直径が  $1 \mu\text{m}$  未満であることが明らかです。

#### 法的要件

細かい埃についての議論では、PM10という用語がよく使われています。PM10は「粒子状物質 <  $10 \mu\text{m}$ 」を表し、粒子サイズが  $10 \mu\text{m}$  未満の固体粒子および液体粒子の総質量に相当します。ヨーロッパのほとんどの国では、PM10の排出 (Emission) と Immission (排出) の両方の制限があります。呼吸可能な微粒子のための限界値に達したか、または多くの場所で前に達されたので、またバイオマスの暖房装置は削減に貢献しなければならない。粒子質量に加えて、健康に関連する粒子の数も将来的に重要になるでしょう。

バイオマス燃焼プラントの総粉塵の上限値は国によって異なります (表13.9および第19章を参照)。2015年の中燃焼プラント指令 (MCPD) では、国別SPEという形式で実装された粉塵、窒素酸化物、一酸化炭素、および二酸化硫黄に関して、EU内で最大50 MWの燃焼プラント向けに新しい最小排出ガス基準が設定されました。例えば、ドイツは、44日にMCPDをより厳密に実装しました。BlmSchV。

表13.9燃料または定格熱入力に応じた国固有の粒子状物質の排出制限値。比較精度を向上させるために、個々の国の制限値は11および13% O<sub>2</sub>に変換されます。

Fuel heat output	Total dust [mg/m <sup>3</sup> ]	
	at 11 % O <sub>2</sub>	at 13 % O <sub>2</sub>
CH	70 - 500 kW	50
	0.5 - 1 MW	20
	1 - 10 MW	20
	> 10 MW	10
EN	< 1 MW	25
	1 - 5 MW	23
	> 5 MW	13
AT	< 1 MW	150

他のバイオマス燃料 (カリム、廃材) には、大幅に厳しい制限が適用

#### ダスト沈殿技術

5.8.1章で詳細に説明されている次の粉塵収集方法を使用できます。

- 重力除塵 (セトリングチャンバー)
- 遠心分離 (サイクロン、マルチサイクロン)
- 電界力 (電気集塵機、湿式電気集塵機)
- ろ過 (布製フィルター、パック済みベッドフィルター、セラミックフィルター) です。
- 湿潤除 (ベンチュリスクラパー、ラジアルフロースクラパー、排気ガスの凝縮) です。

#### 分離プロセスの選択手順

1. 未加工ガス中の粉塵含有量を低減する可能性を検討します (主な対策については、5.7章を参照)。燃料の選択、燃焼設計、制御パラメータの調整を行います。
2. 排出ガス要件を満たすために必要な分離の程度を決定します
3. 飛灰および微粒子の適切な分離プロセスを選択します。

マルチサイクロンは、下流の粉塵収集プロセスのために、常に事前粉塵除去およびスパーク分離として適用または使用されます。原則として、 $150\text{mg/m}^3$  (11 vol.% O<sub>2</sub>) の排出ガス制限に準拠することができます。粉塵値が  $100\text{mg/m}^3$  未満 (11 vol.% O<sub>2</sub>時) の場合、通常、これ以上の対策 (一次測定または下流の粉塵分離プロセス) を行わない限り、粉塵値を保証することはできません。粉塵値が  $50\text{mg/m}^3$  未満 (11 vol.% O<sub>2</sub>時) の場合は、下流の粉塵堆積処理が必要です。

必要な分離の程度は、原料ガス中の粉塵含有量および規制値から決定されます。

表13.10適切な分離方法を選択するために使用

以下は、ダスト・沈殿技術を使用する上で重要なポイントです。

- 排ガス中の水蒸気含有量 (燃料の水含有量、水含有量の変化)
- 排気ガス温度
- 温度が露点以下
- 負荷の変化とシャットダウン (夜間のシャットダウンフェーズ、週末のシャットダウン、夏の運転)
- 不適切な空気供給または燃焼空気量が多すぎるにより、酸素含有量が多い作動段階
- 発疹の未燃焼物質の割合が高くなります。

表13.10集塵方法の選択基準

Criteria	Assessment		
	Fabric filter	Electro-separator	Wet electric separator
Dry fuel	++ <sup>1)</sup>	++	- -
Wet fuel	- <sup>2)</sup>	+	++
Base-load operation	++	++	++
Discontinuous operation	- -	+	+
Clean gas dust content mg/m <sup>3</sup> at 11 vol.% O <sub>2</sub>	1 - 5	5 - 50	5 - 20
Separation efficiency	> 95 %	90 % - 95 %	90 % - 95 %
Absorbent addition (additive) for reduction of HCl, SO <sub>x</sub> and PCDD/F <sup>3)</sup>	++	- -	- -
Pressure loss (typical values) in mbar	high 10 - 20	deep <sup>1</sup> .5 - 3.0	medium <sup>5</sup> - 10
Auxiliary energy demand (typical values) in kWhel/MW <sub>th</sub>	high <sup>14</sup> - 17	deep <sup>2</sup> - 5	medium <sup>5</sup> - 10
Space requirement	medium	high	high
Operating range exhaust gas temperature	140 - 220 ° C	80 - 250 ° C	40 - 60 ° C <sup>4)</sup>
Bypass necessary	yes	optional	optional
Sensitivity to ember particles, flying sparks	high	deep	deep
Investment costs	medium	high	high
Operating costs (maintenance and auxiliary energy)	high	deep	medium
<b>Assessment</b>	++ Very well suited, typical field of application + suitable - - Not suitable		
	<sup>1)</sup> base-load operation advantageous <sup>2)</sup> suitable to a limited extent for base-load operation <sup>3)</sup> necessary, e.g. for waste wood <sup>4)</sup> Dehumidification usually necessary, suitable in combination with flue gas condensation		

**繊維フィルター** は、基本負荷をカバーするために作動するバイオマス燃焼プラント（1回の始動と1回のバーンアウトフェーズ）でその価値を証明します。使用率が低いバイオマス燃焼プラントでのファブリックフィルターの使用（始動および燃焼段階が多く、スタンバイ時の操作が頻繁に行われ、ボイラー洗浄間隔が短いため運転が中断される）は、スタンバイ運転中のファブリックフィルターの冷却が原因で問題となります。排煙が開始段階で露点よりも低温になるため、ファブリックの加湿が発生します。湿気やほこりが布地にコーティングされているため、圧縮空気ショックのクリーニングでは除去できず、ファブリックフィルターの詰まりにつながります。燃料の湿度が、繊維フィルターが詰まる傾向が高くなります。

使用率が低いバイオマス燃焼プラントの電気集塵機には、粉塵粒子が蓄積する場所での微量加熱（電氣的または加熱システムを介して）が必要です

スタートアップ段階で粒子が濡れないようにするため、堆積物が蓄積され、自動的に排出されなくなります。電気集塵機の有効性は、連続微細粉塵測定では現在確認できません。光測定デバイスを使用して、ファブリックフィルターのサンプル（機能チェック）のブレイクスルーを検出できます。ただし、粉塵濃度を正確かつ連続的に測定することはできません。特定の動作時間における電気集塵機の有効性は、「FAQ 38：電気集塵機の使用可能性はどのようにして判定されますか？電気集塵機の使用可能性を実証するためのインターバルは、権限によって決定されます。使用可能性は、少なくとも、当局が排出量測定を要求するたびに表示する必要があります（例：FAQ 38フォーム1または2）。

### 13.9.2 窒素酸化物削減技術の選択

「窒素酸化物」という用語には、一酸化窒素NOと二酸化窒素NO<sub>2</sub>が含まれています。これらの合計は、多くの場合、NO<sub>x</sub>として参照されます。NO<sub>x</sub>還元プロセスは、反応NO+NH<sub>2</sub>->N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>Oの後など、窒素を含む中間化合物を分子ニトロジェンN<sub>2</sub>に含まない成形済みの変換に基づいています。このためには、プロセスに応じて適切な反応条件（温度、滞留時間、還元剤）が必要です。

- 手順**
1. NO<sub>x</sub>の削減が不要かどうかを判断します
  2. 排ガス要件を満たすために必要な分離の程度を決定します
  3. 適切なNO<sub>x</sub>削減のプロセスを選択します

NO<sub>x</sub>の削減が不要かどうかは、NO<sub>x</sub>濃度およびNO<sub>x</sub>質量流量に関する排出制限値だけでなく、燃料の窒素含有量またはNO<sub>x</sub>排出量の結果にも左右されます。目的の燃料分類のNO<sub>x</sub>排出のような同等のプラントのために抑制されるべきであるまたは経験的な値に基づいて推定される(例 表4.9 または 表13.11を参照してください)。NO<sub>x</sub>濃度と煙道ガスの体積流量からのNO<sub>x</sub>質量流量の計算、および単一および複数のボイラープラントの処理については、「136」で説明します。NO<sub>x</sub>濃度と定格熱入力

つまり、ボイラーの定格ボイラ出力をボイラーの効率で除算した場合、NO<sub>x</sub>の削減が必要でないかどうかを図13.28から推定できます。

NO<sub>x</sub>緩和が必要ない場合は、排出ガス要件を満たすために必要な濃度を決定し、表13.12から適切なNO<sub>x</sub>緩和プロセスを選択する必要があります。

その他の情報については、5.8章を参照してください。

表13.11 NO<sub>x</sub>緩和プロセスのないプラントでの、さまざまな燃料の一般的なNO<sub>x</sub>排出量を示します。

表13.12さまざまなNO<sub>x</sub>緩和プロセスの脱窒効率と境界条件（プロセスの説明については5.8.2章を参照）。

NO <sub>x</sub> reduction technology	Denitrification level N content	Boundary conditions
Primary measures “Low Nox” (without reducing agents)		
Air staging	low: 30 - 50 % high: 50 - 70 %	internal reaction zone, primary air ratio 0.7 - 0.8, reaction from approx. 1,100 - 1,200 ° C, conditionally suitable for fuels rich in ash
Fuel staging	low: 40 - 50 % high: 60 - 75 %	Two fuel feeds, internal reaction zone, primary air number 0.8 - 0.9, reaction starting at about 800 ° C
Secondary measures “Denox” (with reducing agent)		
SNCR process	50 - 75 %	internal reaction zone, temperature window about 850 - 950 ° C, molar ratio important, undesired by-products possible
SCR process	low dust 90 - 95 %	Temperature window 200 - 250 ° C, dust separation before catalytic converter

Fuel	NO <sub>x</sub> emission [mg/m <sup>3</sup> ]	
	at 11 % O <sub>2</sub>	at 13 % O <sub>2</sub>
low nitrogen content, for example debarked spruce	100 - 150	80 - 120
Medium nitrogen content, for example forest wood with bark	150 - 250	120 - 200
Increased nitrogen content, for example bark, waste wood, wood from landscape management	250 - 400	200 - 320
High nitrogen content, for example UF chipboard	400 - 1,000	320 - 800

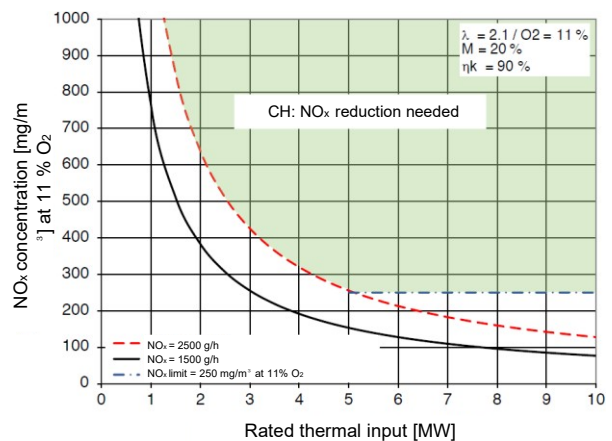


図13.28 NO<sub>x</sub> x定格熱入力の依存性におけるNO<sub>x</sub>濃度は、NO<sub>x</sub>の削減手段の基準となります。

SCRプロセスにおける触媒の活性は、元のガスを介したアルカリ金属の入力によって、無順に低減されます。触媒はアルカリ金属で汚染されるため、効果は着実に低下しています。このため、SCRプロセスは「低ダスト」モードで動作し、アップストリームの粉塵を分離できます。

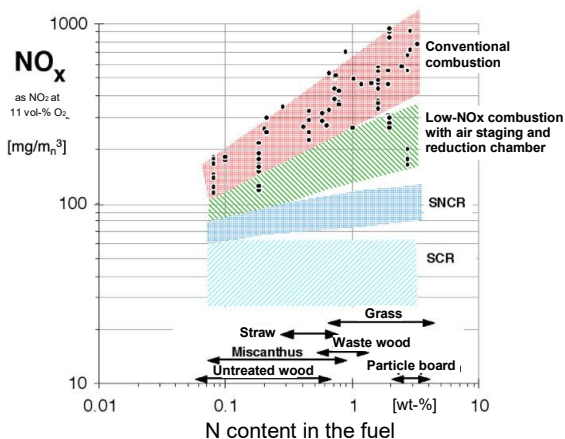


図13.29 燃料内の窒素含有量によって異なる削減手段 [120]によるNO X排出量の比較

炉メーカーは、指定された燃料の窒素含有量に関する正確な情報（燃料分析）を取得した場合にのみ、指定されたNOx排出制限への準拠を保証できます。第4章（表4.9 表4.10 Table 4.11）にある個々の燃料分類の窒素含有量を推定することで、燃料窒素含有量を見積もることができます。

### 13.9.3 追加コンポーネントの選択

蓄熱タンクやエコノマイザーなどの追加コンポーネントは、バイオマス燃焼システムの詳細な要件に基づいて決定されます（第5.9章および第7.5章を参照）。

## 13.10 中央暖房設備設計

### 13.10.1 中央暖房設備

#### 13.10.1.1 ボイラ室の設計は、空間が必要

可能であれば、ボイラ室をサイロのすぐ横または下に配置して、複雑でコストを抑えた運搬装置が不要になるようにします。定格出力が200～400 kWを超えるプラントでは、ボイラ室高さが3 mを超える必要があります（2階建てのプラットフォームも可能です）。さらに、燃焼室およびボイラーのシステムメンテナンスおよび清掃作業に十分なスペースを確保する必要があります。

粗粉塵や微細な粉塵の沈殿などの追加コンポーネント、ボイラー、蓄熱タンク、ウォータヒータ、分配システム、膨張などの水流システムが統合されています。コントロールキャビネット、排ガス洗浄用です。

ボイラ室を計画する際には、灰コンテナなども考慮する必要があります。

必要なスペースは、サイロとボイラールームのレイアウト図に1:50のスケールで表示する必要があります。

#### 13.10.1.2 ボイラシステムの圧力配管システムの統合

ボイラシステムの水流統合については、バイオマスDHプラント用QMに準拠した標準水流方式を採用します（[62] または[71]を参照）。

Q-requirement D.4.8 [15] としてQガイドラインに記載されているように、熱供給の安全性を保証するためには、移動式加熱システムなど、緊急加熱用の接続パイプを単価単一ボイラシステムに装備する必要があります。

#### 13.10.1.3 ボイラ室の換気

ボイラ室への燃焼空気の供給は、すべての場合に保証する必要があります。燃焼用空気は、常に供給空気の開口部から直接外気に取り込まれ、ほこりや有害なガスや可燃性ガス、蒸気を含んではなりません。大型システムの場合は、供給エアの開口部に加えて排気口を用意する必要があります。可能であれば、加熱室のクロスベンチレーションを実現するために、2つの開口部を互いに反対側または対角線上に配置する必要があります。これにより、夏の熱の蓄積を防止できます。

ボイラ室の天井で燃焼空気を引くことは理にかなっていません。これにより、廃熱が再利用され、ボイラ室の上部が低温に保たれます。

バイオマス燃焼プラントや関連する燃料供給システムは、石油やガスの燃焼プラントよりもノイズが多く発生します。ボイラ室の供給および排気の開口部は、13.10.5章に記載されている騒音保護規制に準拠している必要があります。このため、防音仕様の耐候性グリルを使用して音で絶縁されていることがよくあります。また、ダクトサイレンサを内蔵した「シュノーケル原理」に従って設計されていることもよくあります。



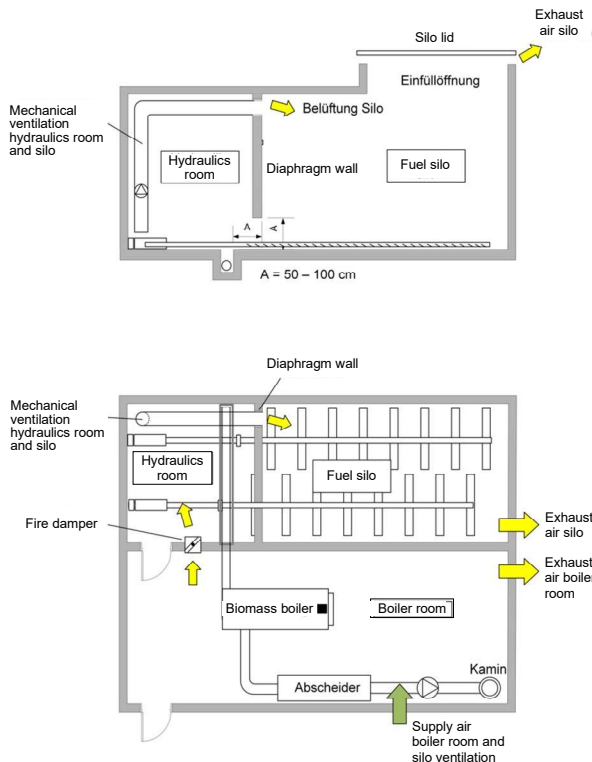


図13.30 ボイラー室とサイロ換気を組み合わせ

### 13.10.1.4 換気システムの寸法

ボイラ室の換気および燃焼用空気供給については、従来のシステムと同じ要件が適用されます。ボイラ室とサイロ換気は、多くの場合統合されています。

エアレーション装置の最も重要な作業は次のとおりです。

- 燃焼用空気の供給を確保します（燃焼用空気の量の計算については、20.8章を参照してください）。
- ボイラー室の過剰な熱蓄積を除去します。バイオマスボイラ、粒子セパレータ、および蓄熱タンクとの水流統合による、稼動バイオマスボイラーの約2～3%の熱を発生させることができます。暖房設備の天井下の温度が30°Cを超えないように、暖房設備の廃熱の放散を明確にする必要があります（短期的には35°Cを超えないようにします）。
- 人が健康を損なうことなくそこにとどまることを可能にするボイラー室の空気状態を維持しなさい。
- ボイラー室（10 Pa未満）の負圧を防止します。これにより、システムの作動が妨げられ、入口のドアが開くのが困難になる可能性があります。
- 十分な大きさの断面積開口部は、適用の規制とその式に従って設計および提供する必要があります（第19章を参照）。たとえば、スイスでは、給気口の断面積は次の式で決定できます。

$$A_{\text{supply air}} [\text{cm}^2] = 6 \left[ \frac{\text{cm}^2}{\text{kW}} \right] \times \dot{Q}_K [\text{kW}]$$

Assumptions:

- $\dot{Q}$  Boiler output in kW,  $\eta_K = 85\%$ ,  $\lambda = 2$ ,  
M = 40 %, supply air = 1 m/s

他のエアフローが燃焼エアに加えて加熱チャンバに入る場合は、供給エアの断面積を拡大する必要があります。たとえば、次のような場合です。

- サイロ換気は、ボイラー室から供給空気を取り込みます（14.2.4章を参照）。
- ヒーティングシステム内のアクセス熱を放散するために必要な空気量も、同じ断面を通して得られます。非常に暖かい天候では、燃焼システムは公称出力では作動しないため、より小さい燃焼エアフローが計算に含まれる場合があることに注意してください。

基本的に、換気装置の寸法を記入する際には、関連するすべての国内および地域の規制、規格、およびガイドラインを遵守する必要があります。

### 13.10.2 プレハブ式加熱容器及び加熱装置

予熱された要素としての加熱容器および暖房設備は、暖房ネットワークの起動段階のための実用的な中間および暫定的な解決策である。ただし、これらは、次の機能を備えた最終的なソリューションとしても適しています。

- 構造：コンテナまたはプリファブエレメントで、基礎を地面に設置します
- 燃料貯蔵：コンテナまたはプレハブに内蔵され、ボイラー出力が小さい、ヒーターのコンテナ/プレハブ、2つのプッシュフロア交換コンテナを介して供給される大きなボイラー出力を備えています。サイロ容量は36m<sup>3</sup>で、相互接続されている各エレメントまたはさらにプレハブエレメントです。
- 最大ボイラー出力産業用ボイラー：約500 kW（コンテナ高さ3 m）、最大約1000 kW（コンテナ高さ4 m）まで対応します。
- 最大ボイラー出力シリーズユニットは次のとおりです。250 kW～450 kW複数の容器を組み合わせることができ、通常1つの容器(ペレット、高品質の木材チップ)につき1～2つのボイラーが設置されています。
- 燃料要件については、13.4章を参照してください



図13.31 コンテナ(出展: JENNI Energie - TechnikおよびSchmid energy solutions)。



図13.32 統合または追加の燃料貯蔵タンクを備えたプレハブとしてのセントラルヒーティングプラント（供給元：Holzenergie Schweiz）

### 13.10.3 補助エネルギー需要

加熱システムの年間補助エネルギー需要は、補助エネルギーを効率的に使用するように配慮している場合、生成される熱の約1.0～1.5%です。電気駆動の場合、次のものが含まれます。

- モーターの寸法が正しく設定
- 最適な効率（特に排ガスファン）
- 速度制御モーター

電気セパレータ、エコノイザー、排ガス縮システム、その他のシステムを搭載したシステムでは、補助エネルギー需要も高くなる可能性があります。

### 13.10.4 煙突、暖炉

#### 13.10.4.1 煙突の高さ

煙突の高さの寸法付けは、各国の規制に従って実施し、地域の火災および騒音保護規制を満たす必要があります（第19章を参照）。

煙突の高さは、以下の影響要因によって決まります。

- 建物の寸法（高さ、幅）
- 定格熱入力
- 影響のある領域で最も高い障害物領域の機能としての役割

#### 13.10.4.2 煙突断面の寸法

煙突断面の寸法付けは、国別の規制に従って行う必要があります（第19章を参照）。プランナは、煙突のサプライヤが正しい寸法を記入していることを確認し、提供された煙突が、煙突のサプライヤに相談して有効な規制に適合しているかどうかを確認する作業を行います。煙突サプライヤの以下の仕様は寸法記入のための要件です

- 煙突の入口では、排煙の温度と圧力を測定します
- 煙突の高さを調整し、出口での排ガス温度を設定します
- 排ガス凝縮

#### 13.10.4.3 煙突構造

湿った木製の破片を燃やすとき、煙道のガスの露点は約60° Cである。原則として、断熱性の高いステンレス鋼製の煙突は、これらの境界条件に最適です。非常に乾燥した木製ペレットを使用すると、露点は40° C～45° Cで若干低くなり、空気の量は1.5～2.0になります。

既存の煙突を使用する場合は、改装の際に特に注意が必要である。多くの場合、唯一の解決策は、新しいステンレス製煙突の溝にゆったりとした溝を取り付けることです。バルク断熱材が専門的に埋め戻されるように注意する必要があります。そのため、バイオマスシステムの経験を持つ煙突サプライヤーが推奨されます。

新しい設備では、バイオマスボイラーは、十分に断熱された煙突を必要とする可能性のある最低の排煙温度（< 150° C）で作動できる必要があります。可能な煙突タイプは次のとおり：

- セラミックの煙突
- 壁厚1.0～1.5 mmの滑らかなクロムニッケルスチール製の硬質スチール製チューブ
- 煙突は個々の部品から組み立てられています

煙突の構造は、煤の耐火性と統計に関する国固有の要件を満たしている必要があります。

#### 13.10.4.4 排ガス測定用ノズル

受け入れおよび測定の対象となる設備での排出量測定の場合、標準の接続部品を垂直煙突セクションに設置する必要があります（CH例："EMPA-Normstutzen"、図13.33を参照。）接続部分の前後には、国別の規制に従った鎮静ゾーンを許可する必要があります。正確な位置は、設置前に責任ある煙突掃除と受け入れ権限を使用して明確にする必要があります。

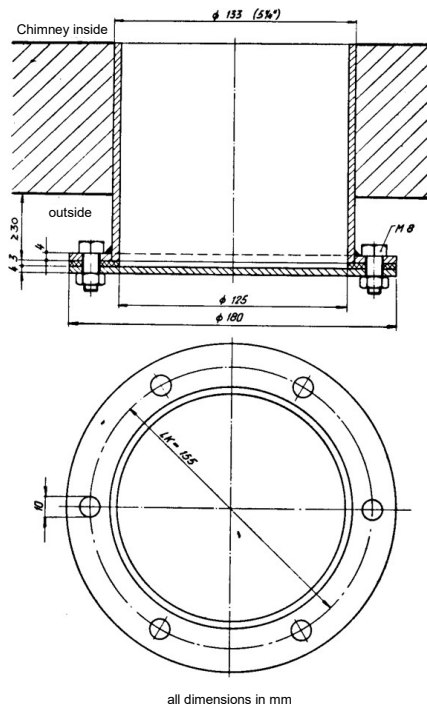


図13.33 EMPA-Normstützen(標準スピゴット) [69]の設置寸法

### 13.10.5 ノイズ保護

自動バイオマス加熱システムを計画する際には、システムの運転中に発生する音の伝播（空気中および構造上の音）の影響を明確にする必要があります。空気中の音は、生成された場所には残りませんが、空気を介して伝送され、建物の一部にも侵入する可能性があります。構造に由来する音は、振動や発振によって発生し、固体ボディを介して伝達され、空気中の音として再放出されます。建物の構成要素に導入されるエネルギーは、空気中の音よりも大幅に大きくなります。振動減衰要素により、構造に由来する音の伝播を大幅に低減できます。

騒音対策に関しては、適用される規格、規制、およびガイドラインを遵守する必要があります。たとえばスイスでは、感度レベルは、土地利用計画の一環として騒音緩和条例（LSV）で定義されます。これは、ゾーニング（用途の種類と建物の高さの定義）に依っています。使用の種類に応じて、地方自治体による感度レベルの割り当てによって、施設で発生するノイズの量や居住者が耐える必要のあるノイズの量が決まります。

騒音低減条例には、個々の地域の最大音圧レベルの制限値が記載されています。ノイズ定格レベルは、測定されたレベルとレベル補正の合計です。レベル補正は、サウンドコンテンツとインパルスコンテンツの関数として終了します。たとえば、レベル補正值により、サイクルで運転され、始動時に強い亀裂音を発するコンベア（スクレーパーチェーンコンベア、スクリュウ搬送コンベア）のノイズ定格レベルが大幅に上昇することがあります。

ノイズレーティングレベル=測定レベル+レベル補正です

許容される騒音レベルは、日中および夜間の騒音レベルによって異なります。このため、道路交通、商業、産業などの騒音発生源により騒音レベルが高くなると、木材加熱システムからの騒音排出量は問題になりません。

建物サービスの健全な絶縁に関するマニュアルです [137] は、暖房設備における防音対策の詳細を示しています。

各国固有の騒音規制（第 19章を参照）に準拠する責任については、次のような兆候が見られます。

- 計画チームを構成する際には、防音計画の責任者を確認する必要があります。健全な工学計画は学際的な仕事であり、健全な絶縁の専門家によって実行されなければならない。
- プロジェクトの全体的な責任を担当する組織（建築家、一般プランナー、一般請負業者、計画コンソーシアム）は、健全な絶縁の専門家（例：音響エンジニア）を慎重に選択する必要があります。
- バイオマス加熱システムの建築サービスエンジニアまたはシステムプランナーは、バイオマス加熱システムの騒音源に防音専門家の注意を引く義務があります。さらに、防音専門家が必要とする技術データも用意する必要があります。

バイオマス加熱システムの次のプラント部品は、重要な騒音源であり、過去に苦情が寄せられています（図 13.34参照）。

#### 排ガス温度

排ガスファンは、バイオマスDHプラントの最大の騒音源です。問題は主に、高音圧が必要なプラントで発生します。煙突の上部と煙突に隣接する部屋の高さが確実であるためです。次の対策を講じることで、騒音を低減できます。

- エキゾーストサイレンサ
- 振動伝達に関する排煙管と煙突を分離
- 伝達効率の高いファン。アンバランスがなく、可能な限り低い速度で動作できます
- 防振部品に排気ファンを取り付
- たとえば、煙突の上部がベッドルームの窓のすぐ隣にないように、煙突を配置
- 煙突から建物構造への構造的な音の伝達を防止
- 騒音の多い部屋から煙突を遠くに計画

#### サイロ排出システム

次の対策により、プッシュフロア、排出スクリュウ、油圧ユニットからの騒音を低減できます。

- サイロ構造は、隣接するリビングスペースや作業スペースの構造から分離して、構造的なサウンド伝送を防止します。
- 油圧ユニットを防振ダンパに取付け、防音ボンネットで覆います。

### 搬送システムスクレイパーチェーンコンベア、スクリュコンベア

コンベアシステムの騒音排出を低減するには、次の対策が必要です。

- サイロ構造は、隣接するリビングスペースや作業スペースの構造から分離して、構造的なサウンド伝送を防止します。
- 設置時にコンベアシステムを分離し、振動ダンパーまたは構造上の防音マットを使用して、構造上の騒音が伝わるのを防ぎます。

### 暖房室

ボイラー室からの空気中の騒音は、以下の方法で低減できます。

- 防音効果の高い閉鎖的な建物
- サイレンサを装備した外部への開口部。たとえば、防音バツフルを装備した燃焼用エアサプライダクト
- ボイラー室の天井に吸音パネルを設置
- 入口サイレンサ付きの燃焼エアファンです

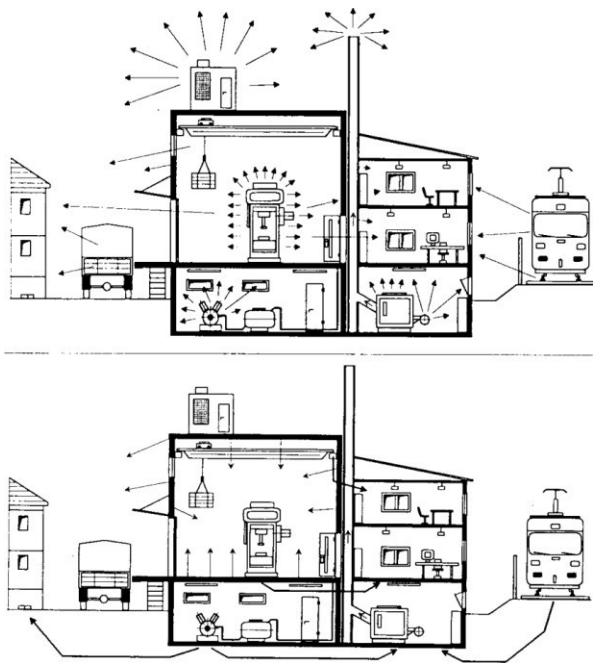


図13.34 空気中および構造上の音 [69]

## 14 燃料貯蔵、燃料搬送および灰出し設計

### 14.1 一般的注意事項

燃料の保管を計画するときは、次の要件を遵守する必要があります。

- 道路で簡単にアクセス
- 時間のかかる操作を行わずに、荷降ろし場所の前で搬送車両を回転（必要な旋回半径を確認してください）。
- 保管ホールでの複雑な燃料物流は次のとおり：「ファーストのイン、ファーストアウト」
- 地形を利用して容易に燃料を排出（例えば、最も高い場所の斜面にある荷降ろしポイント）。

燃料貯蔵施設のプロジェクト計画段階では、時間のかかる燃料の供給を可能にするために、将来の燃料供給業者と可能な配置のバリエーションを識別する必要があります。

表14.1 燃料貯蔵タイプは燃料分類および供給ストラテジに応じて分類

該当する国固有の推奨事項および規制に従った構造設計および運用の要件（第19章を参照）、特に次の事項を遵守する必要があります

- 火災や爆発を防ぎます
- 安全規制。人への事故を防止し、適切な保護装置を備えた人が危険を伴わずにサイロを操作できるようにします。
- 故障やその除去に備えて手順を実施します
- 緊急排出システム

### 14.2 燃料貯蔵の選択と寸法

#### 14.2.1 燃料貯蔵タイプ

燃料収納の適切な選択と寸法付けは、燃料の種類、年次燃料のデマンド、サプライストラテジによって異なります。サプライストラテジは、直接、間接、または混合サプライチェーンに基づいています。必要に応じて、特別な地域の条件（例えば、クリスマス休暇中の燃料の利用可能性の制限、冬の森林へのアクセス、納期の制限など）も考慮する必要があります。

一年中伐採できない高所の木材の場合、木材は一時的に低高度で保管されるか、または木材燃焼暖房設備に**直接積み**れ、必要に応じて木材を積み上げて、倉庫に木屑として一時的に保管されます。これにより、燃料消費者や木質燃焼加熱プラントで、小型でコスト効率の高いサイロを構築できます。

燃料貯蔵タイプ：

- **サイロ**（バンカー）：自動燃料排出システムは、サイロ内に蓄積された燃料をバイオマスボイラープラントの輸送システムに搬送します。
- **ストレージ・ウェアハウス**：天候か

ら保護された燃料の中間貯蔵は倉庫で行われます。バイオマス暖房プラントの倉庫には、通常、1日のサイロがあります。

- **屋外収納**：ストックパイルには木材チップを、スタックには丸木を一時的に収納できます

#### 14.2.2 寸法

燃料貯蔵の正しい管理の節約のための大きい潜在性がある。そのため、詳細な最適化は緊急性の問題です。

コストを節約するために、排出システムを備えた燃料サイロは、できるだけ小さく設計する必要があります。ただし、燃料の物流とは別にサイズを評価することはできませんが、供給コンセプトの一部です。

通常、燃料サイロが定格出力での燃焼プラントの1日5～7回の要求に加え、直接供給チェーンの場合は追加のサイロ容量を保持している場合、コストは妥当な限度内に維持できます。

##### 追加のサイロボリューム

燃料サイロは通常、納入時に完全に空になるわけではありません（発注から納入までの時間差が必要）。したがって'指定された日常的な要件に加えて'追加のサイロ・ボリュームも考慮する必要があります追加のサイロボリュームは、最大の納車車両の輸送ボリュームと同じサイズにする必要があります。これにより、完全に積載された納車車両で、指定された日々の要件をサイロに確実に満たすことができ

単価燃焼システムの場合、熱容量の要求は通常、ボイラーの公称出力に24時間対応していないため、供給期間は6～8日に相当します。平均的な冬季には、燃料サイロのフィードが約20回発生します。中間貯蔵施設（倉庫など）からの輸送物流を短時間で提供できる間接的なサプライチェーンの場合、燃料サイロのサイズを1日2～4の要件に減らすことができます。暖房設備には、大容量の収納スペース（倉庫、杭付きのオープンエア収納など）があり、暖房設備で直接中間保管を行うことができます。この場合、燃料サイロも大幅に小さくなります（1日の需要など）。

燃料ストアに供給する車両の移動回数は、年間の燃料需要と車両の輸送能力によって異なります。

- **フォレストから直接**トラックは、70～80 LCMのトラックトレーラーの組み合わせである森林から、40～50（60）の木材チップのLCMを直接輸送できます。原則として、トラックの木製チップは直ちに積み下ろし、トラックとトレーラーの組み合わせの場合は、10分後に40 LCMを追加することができます。
- **中間ストレージから**、次の手順を実行します。プッシュオフ式またはスライディングフロアセミトレーラー付きのトラックは、80～90 LCMを供給できます。



保管量に加えて、収納設備の設計には、充填に必要な補助装置である費用対効果の高いソリューションにも注意する必要があります

そして燃料と換気装置を分配します。さらに、対応する安全装置と規制を遵守する必要があります。

表14.1 燃料の種類と供給戦略に応じて、燃料貯蔵タイプを選択できます。

Fuel type	Fuel storage type	Supply chain	Dimensioning daily demand of the biomass boiler system for nominal output operation	Daily demand of the biomass boiler system at nominal output operation
Pellets	Closed pellet silo, storage room absolutely dry Above-ground round silo	indirect	Approximately 20 daily demands, see Figure 35 according to [67]	
Quality wood chips	Underground silo, above-ground silo	indirect	5 - 7 daily demands plus additional silo volume <sup>1)</sup>	
Wood chips up to P45S-M55+	Underfloor silo	direct	5 - 7 daily demands plus additional silo volume <sup>1)</sup>	< 50 LCM/d
Wood chips up to P45S-M55+	Above-ground round silo	direct	5 - 7 daily demands plus additional silo volume <sup>1)</sup>	> 50 LCM/d
Wood chips up to P45S-M55+	Warehouse with day silo	mixed	Minimum 7 daily demands	> 50 LCM/d
LH, DH, RZ, Ruz <sup>2)</sup> and waste wood up to P63-M55+	Warehouse with day silo Above-ground round silo	mixed	Minimum 7 daily demands	
RHH <sup>2)</sup>	Round or square silos	direct	Reconcile demand and need	

燃料サイロは通常、納入時に完全に空になるわけではありません（発注から納入までの時間差が必要）。したがって指定された日常的な要件に加えて追加のサイロ・ボリュームも考慮する必要があります追加のサイロボリュームは、最大の納車車両の輸送ボリュームと同じサイズにする必要があります。これにより、完全に積載された納車車両で、指定された日々の要件をサイロに確実に満たすことができます。

LCM = Loose cubic metres of wood chips

<sup>2)</sup>燃料の種類表4.10を参照

### 14.2.3 燃料サイロ設計

#### 地下サイロ

地下サイロ（図14.1を参照）は、補助装置を使用せずに、1つまたは複数の充填開口部を介して輸送車両から直接充填できます。理想的で最も費用対効果の高い次元は、正方形のベースとサイロの蓋を持つ背の高いサイロで、できれば運転できません。サイロの塗りつぶし開口部で70%を超える充填レベルを達成するには、高さとの比率が1以上である必要があります。サイロの形状は、横に並んだサイロをさらに拡張するのが理想的です。充填レベルを達成します

> 他のサイロの寸法では、燃料は複数のサイロ開口部または充填スクリーまたはサイロディストリビューターを介して導入ダクトできます。

サイロの開口部の長さは3.5 m、幅は2 m以上にする必要があります。これにより、アンロードに必要な作業量が削減されます。

- トラックの操縦性が低く、木屑の流れが良くなるため、荷降ろし時間が短縮されます
- 荷降ろし場所を清掃する必要はありません
- サイロの蓋の損傷を減らします。

地下サイロの利点は、高い充填レベル（70%以上）です。また、高価な配置や配布デバイスはありません。床からのサイロの欠点には、地下水の問題が発生した場合に、通常は実現できないことがあるという事実が含まれます

建設コストが高くなります（掘削およびコンクリート作業）。



図14.1 地下サイロへの供給(出典: Holzen-ergie Schweiz)

サイロのサイズと形状は、低コストの再測定と最大2 mのプッシュロッドユニットの幅によって決定されます。サイロの幅が広い場合は、複数のプッシュロッドを用意する必要があります。これはコストに影響します。形状とサイズに影響を与えるその他の要因は、可能な限り高い充填度 (>70%) と木材チップの再配置角度の要件です。これは通常45°です。このため、床面のサイロの場合は、特に湿った木材チップを使用して、溝の高さが溝の幅の1.5倍を超えないようにする必要があります。

サイロからクロスコンベアチャネルまでのアウトレット開口部の高さを決定するには（図14.2）、フローの動作と燃料の再配置角度を考慮する必要があります（図14.2を参照）。

流れが良好な木材チップの場合（角度が約45°）、出口開口部の高さを固定できます。これは、出口開口部のサイロ側の装飾部とクロスコンベアチャネルの開始点の間の距離が最大50 cmになるように選択する必要があります。これにより、クロスコンベアチャネルに木材チップが流れないようにし、クロスコンベアシステムを過充填することができます。

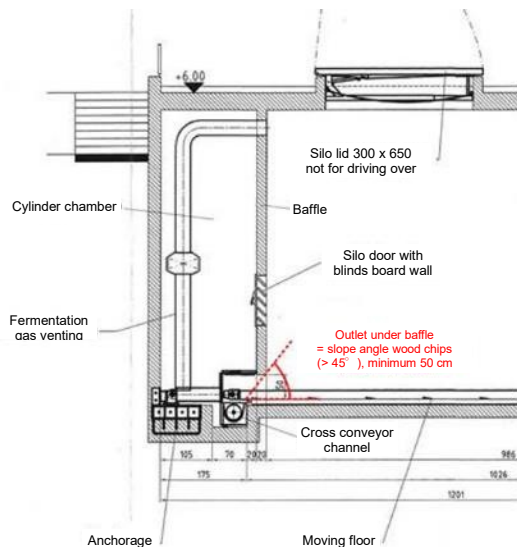


図14.2 サイロからクロスコンベアチャネルへの通路の開口部（出展：Holzenergie Schweiz）

燃料の流れの挙動と再ポーズの角度が不明な場合（破碎した廃棄物、造園メンテナンスからの破碎した木材、バーク）、通路の開口部の高さは常に設計する必要があります。例：木製の厚さで、必要に応じて除去または挿入できる厚板があります。実際の操作では、必要な高さが決定されます。燃料がクロスコンベアチャネルに無制御で流れないようにし、圧縮が行われないようにする必要があります。バッフルまたは通路開口部の上にある木製の厚板で燃料を圧縮すると、燃料が排出されないことがあります。

また、出口の開口部の上にメータリングローラーを取り付けることで、サイロから好ましくない流量の燃料を簡単に排出することもできます（図6.21を参照）。

30～40m<sup>3</sup>の容量を持つコンテナに加えて、木材チップの供給業者には、最大30 m<sup>3</sup>の容量を持つポンプコンテナもあります。これらのポンプ容器を使用することで、品質の良い木材チップを供給することができます。ただし、サイロの配置が好ましくありません。これにより、サイロの蓋と、充填スクリューを使用した高価な荷降ろしトラフを備えたソリューションを回避できます。ただし、木屑をポンピングする場合は、生成された輸送用空気がサイロから流れ出ることがあることを確認する必要があります。可能であれば、

給油口にはスポンジを開ける必要があります。ポンプを使用すると、追加コストが発生します。30 LCMでは、充填時間は約30分かかります。

サイロを格納する場所が二面になっているにもかかわらず、チップング車両を使用する必要がある場合は、建物の外側にあるスクリューコンベアシステムを使用して荷降ろしトラフが必要です（図6.11を参照）。

#### モバイルチップコンテナは、サイロの再配置として充填されます

その後の木製加熱システムの設置では、地下サイロの建設は、ほとんどの場合、構造的な条件のために非常にコストがかかるか、または必ずしも可能ではありません。ここでは、プッシュ式フロア放出が内蔵された30m<sup>3</sup>の移動式コンテナによる供給は、安定しています。1つまたは複数のコンテナが、（共通）コンベアシステムの適切な前庭または建物の内側にドッキングされています。この接続部は、永続的に取り付けられたクロスコンベアによって形成され、これにより、充填されていない木材チップが炉の充填システムに移動します。コンテナ移動床の駆動装置はボイラー室に配置されます。

#### 円形のサイロ

バイオマスのボイラ生産量が5MWを超えるバイオマスDHプラントの場合、燃料は、1日のサイロがある倉庫や、ミルリングスクリュー放出がある地上のサイロに保管できます。ブリッジを回避するには、燃料の流量に応じて、円形サイロの最大充填高さを制限する必要があります。

次の最大充填高さH<sub>max</sub>がガイド値として適用されます：

- 湿った木材チップ、低微粒子、最大長の粒子200 mm : H<sub>最大</sub> = 1.5 x D（直径円形サイロ）
- 乾燥したシュレグダー付き廃棄物木材、低微粉含有量、最大長の粒子200 mm : H<sub>最大</sub> = 1.0 x D（直径円形サイロ）

湿った燃料が円形のサイロに長期間残っていると、乾燥して強いブリッジを形成する傾向があります。これにより、燃料の流量が減少し、燃料の自動吐出ができなくなります。

#### 14.2.4 サイロの換気

乾燥した燃料（削りくず）用のサイロは換気されません。これにより、燃料が空気中の水分を吸収なくなります。湿った燃料がある密閉されたサイロでは、機械的換気によって湿度を上げる必要があります。さらに、CO<sub>2</sub>を含む発酵ガスは、分解プロセスのため、湿った木材チップの保管中に生成されます。CO<sub>2</sub>は空気より重いので、燃料室、油圧室、ボイラー室の床に沿って広がり、最低点で回収されます。メンテナンス担当者の窒息の危険性がないことを確認するために、該当する部分は適切な換気装置で保護する必要があります。19章では、対応する各国固有の安全装置および規制を遵守する必要があります。

木材チップの湿気が放出されると、燃料貯蔵の相対湿度が高くなります。これにより、冷気の壁、天井、特に絶縁されていないサイロリッドが凝縮され、燃料が再加湿されます。燃料面に余分な水があると、深刻なカビの成長をする可能性があります。これを防ぐためには、蓄積している水分を換気システム（タイマーで制御）で再移動し、サイロを横方向に換気する必要があります。これにより、燃料室の壁、天井、蓋を乾燥させた状態に保つことができます。

### 外気とのサイロ換気

外側の空気はライトシャフトを通して油圧室に流れます。そこでは、空気は換気システムによって床近くのチップサイロに機械的に運ばれ、サイロの蓋またはライトシャフトを介して排気として屋外に導かれます。断続的な換気の場合、換気システムは油圧室のエア交換を1時間に3～5回行うように設計する必要があります。これにより、1時間に10分以上換気を行う必要があります。

換気が1時間に20倍のエア交換用に設計されている場合、および換気のスイッチオンと室内への入室の間に15分間の待機時間が確認されている場合（タイマーでドアがロックされている場合など）は、を使用して間欠的な換気を行うことができます。

油圧室とサイロの間に直接開口部がある場合（たとえば、油圧室のクロスコンベアチャンネルが閉じていない場合など）、サイロと油圧室の間に短いエアフローが発生することがあります。それでも発酵ガスと空気の湿度を確実に除去するには、燃料の上のサイロに追加の抽出ユニットを取り付ける必要があります。外気が流入するには、その吐出量が油圧室の排出量よりもわずかに大きくなければなりません。

特に、充填高さが5 mを超える場合は、バルク材料を超える発酵ガスを、コントロールして排出する必要があります。

外気が冷えていて燃料が湿っている場合は、油圧室およびベンチレーションダクトネットワーク内の水分の凝縮により氷が形成されることがあります。

### 図13.30 ボイラー室とサイロ換気の組み合わせ

ボイラー室からの暖かい空気は油圧室の凍結問題を減らし、木屑の乾燥プロセスを支えるので、ボイラー室とサイロの換気システムを組み合わせることは理にかなっています。断続的な換気の場合、換気システムは油圧室のエア交換を1時間に3～5回行うように設計する必要があります。これにより、1時間に10分以上換気を行う必要があります。

換気が1時間に20倍のエア交換用に設計されている場合、および換気のスイッチオンと室内への入室の間に15分間の待機時間が確認されている場合（タイマーでドアがロックされている場合など）は、を使用して間欠的な換気を行うことができます。外気は、天候保護用ルーバーを通してボイラー室に流れます。

空気の一部は燃焼用エアブローによって炉に供給され、残りの部分は消火ダンパを通して油圧室に流れます。そこでは、空気は換気システムによって機械的にチップサイロに運ばれ、湿った排気として外部に導かれます。

油圧室とサイロの間に直接開口部がある場合（たとえば、油圧室のクロスコンベアチャンネルが閉じていない場合など）、サイロと油圧室の間に短いエアフローが発生することがあります。発酵ガスと湿度を確実に除去するには、防火ダンパーの前にある追加のパイプファンを使用して、シリンダールームのファンよりも少し熱くなったボイラー室の空気をシリンダールームに伝える必要があります。

ボイラー室が油圧室やサイロよりも大幅に低い場合は、ボイラー室と油圧室の間のドアが完全に密閉されている必要があります。また、特に低負荷運転時やシステムが停止している夏には、ボイラー室に発酵ガスが蓄積する危険性がありますが、サイロにはまだ木屑が残っています。

サイロの床レベルがボイラー室の床レベルより低い場合、ボイラー室からの冷気は油圧室に流れ、希望する乾燥プロセスを妨げることがあります。これを防止するには、パイプファン付きの追加のベンチレーションパイプを使用して、ボイラー室の天井からの暖かい空気を、ファイヤードンパを介して油圧室に直接誘導します。

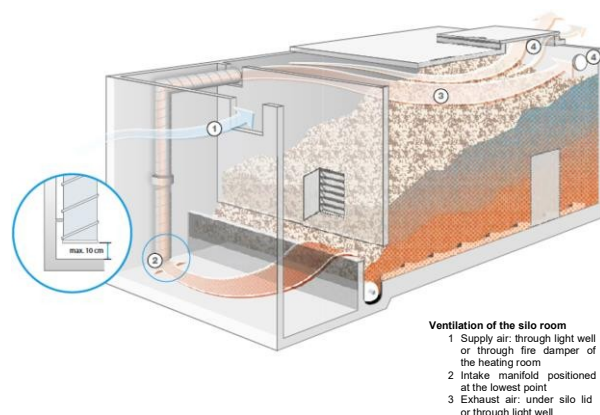


図14.3 サイロの換気(出展: Suva [138])

### サイロの排気空気を排出

サイロ型排気口を計画する場合、発酵ガスには無臭であることを覚えておく必要があります。異臭の迷惑が発生する可能性がある場合は、別個のエキゾーストエアシステムを使用して、サイロのエキゾーストエアをルーフ上に誘導するようにしてください。

## 14.2.5 倉庫の設計

小規模および中規模のプラントでは、通常、燃料の貯蔵にサイロが使用されます。プラントサイズが2 MWを上回る場合は、倉庫の方がはるかにコスト効率に優れています（図14.4）。2 MW未満の



プラントには、ダイレクトサプライチェーン、アクセスしやすいプッシュフロアを備えたアクセス可能な保管倉庫の構造、および高価な地下サイロをに供給できる場合には、日単位のサイロを使用することも経済的なソリューションとなります。非常に大きいバイオマスDHプラントの場合、保管倉庫の代わりに、地上の丸いサイロがあります。



図14.4 倉庫(出展: Holzenergie Schweiz)

倉庫の管理は、次のような物流で行われます。

- 倉庫の管理と、ホイールローダまたはテレスコピックローダを使用した日のサイロおよび移動フロアへの供給を行います。
- 完全自動クレーン・システム。アンロード・トラフと日サイロがあります
- 水平および垂直方向に移動可能なスクレイパーチェーンコンベアを備えた積込み/積降ろしシステムです。スクレーパーまたはプッシュフロアを使用して、スクレイパーチェーンコンベアに負荷をかけるために事前にサイロ化し、プッシュフロアを使用して炉充填システムに燃料を排出します。
- スクリューコンベヤシステムによる排出トラフからの供給、プッシュフロアによる排出
- トップローダーなどの特殊システムによる保管と排出。

倉庫は、燃料の上から流出する水分が除去されるように、十分に換気する必要があります。クレーンシステムとスクレイパーチェーンコンベアを使用したシステムの積込み/荷降ろしの場合、ホール管理システムに障害が発生した場合でも木材加熱システムを継続して作動させるために、日サイロに緊急フィードを供給する必要があります。クレーンシステムを使用すると、たとえば燃料をサイロのプッシュフロアに直接傾けて、燃料を充填システムに送ることができます。ローディングおよびアンローディングシステムでは、たとえば、燃料はスクレイパーチェーンコンベアのコンベアチャンネルの開口部を通して充填システムに落ちることがあります。

#### 14.2.6 外部倉庫

木材チップのストックパイル上の屋外保管、または暖房設備や中央の場所にある木材の丸太は、年間を通して晴れてアクセス可能である必要があります (図14.5 および図14.6)。

屋外の貯蔵の木製の破片のための不利な点は物質の損失のための増加されたエネルギー損失である。

ホイールベアリングで管理されている備蓄の木材チップの場合、砂や石による汚染を避ける必要があります。排水のあるタールサイト、またはコンパクトで乾燥した土壌のサイトを用意する必要があります。



図14.5 備蓄された木材チップの屋外保管(出典: Holzenergie Schweiz)



図14.6 丸太の屋外保管(出典: Holzenergie Schweiz)

森林残留物、工業残留物、造園管理の木材、薄化の残留木材、シュレッダーや破砕していない状態の納屋などの湿った燃料を保管する場合は、以下の一般的な条件を遵守する必要があります。

- 備蓄上の燃料の良好な通気は、針、葉、小枝などの微粉の割合が少ないことと、燃料の粗い塊によって達成されます。
- 微粉の割合が高く、塊が少ないため、燃料が均一に乾燥するのを防ぎ、パイルの上部にカビが発生しやすくなります。水分の上昇は、高い割合の微粉を伴う層では防止され、放出された水分は、これらの層（特に山の頂上）で再び凝縮されます。
- 燃料中の乾燥物質の劣化（水含有量が多い場合、1ヵ月あたり最大4%の高い劣化値）は、取り扱い時間が短く、粗腔（換気が良好）で燃料を最適に乾燥させることで低減できます。このメモは、サイロまたは倉庫内の燃料の保管についても言及しています。
- 特に、乾燥した木材などの開口セルを持つ燃料の場合、燃料の乾燥時間を長くするには、堆積物をフリースで覆い、降水による燃料の外部湿潤を大幅に低減します。針葉樹のパイルは、余分な湿気を避けるために、部分的に切り刻むことができるホイルで覆われています。
- 燃料の乾燥率は、1ヶ月間に水の含有量を最大10%削減できるため、夏と移行期間は寒冷期よりも大幅に高くなります。

### 14.2.7 自然発火と物質の損失

大量の木材チップを保管すると、自然発火の危険性があります。以下の条件のいくつかが同時に満たされた場合、常にリスクが発生します。

- 特に保管期間が長い（3か月以上など）場合
- 温暖な気候での保管（夏季）
- 燃料は湿っていて、保存されても緑色のままである可能性
- 燃料には、ニードルまたはリーフのより大きな部分が含まれています。
- 燃料の一部は非常に細かく切り刻んでいます。
- 燃料には、新鮮なバークや細枝（栄養豊富なクラウンマテリアルなど）の高い割合が含まれています。
- シュレッダ処理は、シュレッダーまたは先端の鋭くないナイフを使用して行いました
- 異なる品質（粗い細かい、湿った/乾燥した、トップウッド/ステムウッドなど）は、同じ倉庫に1つずつ保管されません。
- 燃料は不均質であり、保管時に異なる層に堆積します（ヒープ形成）。境界層は、異なる品質または原点を持つ個々の燃料の間に形成されます。
- 燃料は比較的高い（4 mを超）場所に積まれています。
- 燃料は、車両が走行しているときに貯蔵中に圧縮されます。
- ストレージ管理のタイプ、特に長期間の保存フェーズの場合は、最初に保存された燃料が最初に除去されることはありません。これは、燃料の保存期間が均一でないことを意味します。

自然発火のリスクに加えて、このような貯蔵条件は生物学的劣化によるかなりのエネルギー損失にもつながります。その一部は外部からは認識されません。湿った、良い木製の破片の場合、これらの損失は1か月あたり2から3%である。そのため、低品質の木材チップを長期間保管することはお勧めできません。

自然発火を防ぐために、以下の対策を組み合わせることで実施してください。

- 木材チップの品質を、それぞれの杭で分離します
- 木材を乾燥させてからチップングすることで、保存されている材料に水が混入しないようにします
- シュレッダー加工用の鋭利でない切削工具は使用しないでください
- 木材チップの構造は、最も粗いものです
- ニードルやリーフの大きな部分は、マイクロバイリーアタッカ性物質であるため、これらを避けることができます
- 保管期間が短い場合（特に、保管中に外気が温まっている場合）に使用します。
- エアレーション（ウォームエアインレット、湿気アウトレット）
- ダンプ高さ4 m未満（可能であれば、尖ったコーンまたはパイルとして形成される）
- 屋外収納用の小さな収納断面（パイル幅6 m未満）です
  - 長期間の保管は避けてください（燃料の損失も原因です）。

- 必要に応じて、乾燥または換気を行って冷却します
- モニタリングに温度プローブを使用します（たとえば、干し草の山を監視にも使用されるプローブなど）。
- 建物やその他の構造物までの最小距離と最大保管量を確認します。

#### 予防的な防火対策

燃料を保管する場合は、火災予防に注意を払う必要があります。また、該当する火災予防措置の規則を常に遵守する必要があります。責任のある消防隊は、地域の状況を熟知し、共同で準備した運営計画を利用できるようにする必要があります。

貯蔵された燃料の山を消火のために開けたり、取り除いたりすると、酸素が供給されて火が開く可能性があります。

### 14.2.8 木質チップサイロ設計

サイロのサイズは、月々の木材チップ需要と月々の木材生産量のバランスに基づいて決定されます。ここでは、チップサイロは燃料貯蔵所の機能を持ち、同時に、材料の流入を吸収するバッファとして機能します。プランナーは、特定の期間にどの程度の残留木材が生産されるか、またどの程度の割合を燃料として使用できるかを明確にする必要があります。余剰残留木材は、第三者に供給できます。適切な形状は、円形または正方形のサイロです。

適用される推奨事項および規制（第 19章を参照）に従った構造設計および操作の要件は、次のような点で確認する必要があります。

- 火災や爆発を防止
- 健康と安全に関する規制。適切な保護具を持つ人がサイロ管理を安全に実行できるようにします
- トラブルシューティングの手順
- 緊急排出システム

### 14.2.9 ペレット収納設計

ペレットの構造設計と操作に関する以下の要件については、保管室のパンフレット「木材ペレットの収納に推奨するもの」[67]に詳細に記載されています

- ペレットのプロフェッショナルな配送と保管が可能
- 衝撃保護マット
- 乾燥した保管スペース（湿気の侵入なし）、防塵壁、壁貫通、静的要件、爆発防止などの特性があります
- ペレットボイラーの定格出力に応じて、貯蔵量または容量が異なります
- 吐出システムは、ペレットボイラーの定格出力に応じて異なります
- 安全衛生のための保管室の換気（CO濃度の上昇を防止するため）です。
- ペレットの保管場所は、50m<sup>3</sup>を超える場所に外部ドアを取り付ける必要があります。
- 保管室の清掃



また、有害CO濃度による事故を防止するために、ペレット保管場所に入る際に遵守する必要のある安全規制も記載されています。

ペレット保管室は、局所的にアプリケーション可能な規制および火災および事故防止に関するガイドラインに準拠している必要があります（第 19章を参照）。

## 14.3 燃料排出の選択と寸法

### 14.3.1 一般的な注意事項

燃料搬送の適切な選択そして次元は燃料の類別および流動性に左右されます。これは、粒子サイズ（塊）、含水量、微粉含有量、および処理技術によって決まります。細かく刻んだ燃料は表面を切断し、細断した燃料は表面を破壊します。燃料の種類および燃料の貯蔵のタイプに応じて、充填および燃料搬送システムの選択を表14.2に示します

ペレットや乾燥した品質の木材チップには、微粉の割合が低いため、高い流量が得られます。

### 14.3.2 燃料搬送

所定の燃料分類を使用して、必要な運転安全のための排出装置および搬送装置の寸法を慎重に計画する必要があります

搬送原理は燃料によって異なります。輸送機器のサイズと寸法は、通常、ボイラー出力とサイロサイズに基づいて、燃焼システムのサプライヤによって期限が解除されます。ただし、プランナはサイロとボイラーの配置に大きな影響を与えます。

マルチボイラシステムでは、燃料店とボイラーができるだけ近くにあることに加えて、各燃焼ユニットに独自の運搬システムが必要です。ボイラー、飛灰の堆積物、ファインダストフィルタ、煙突へのアクセスは、搬送装置によって損なわれてはなりません。

### 14.3.3 排出

#### サイロ排出システム

湿った森林チップの場合は、製材業界のチップとパークを出し、床を押して放出するサイロが薦められます。可動フロアは、大型の燃料粒子や石などの異物には影響されません。プッシュフロア（特にプッシュロッドと油圧シリンダー）の寸法は、可能な限りまたは許容されるダンプの高さになるように設計する必要があります。プランナーが指定して確認する必要があります。

丸型と角型のチップサイロの場合、センタースクリューは燃料を中心に運ぶのに適していますが、低コストの円錐スクリューは小さなサイロ径にも使用されています。長方形のサイロ設計では、サイロの排出にペンデュラムスクリューまたはプッシュフロアが使用されます。

#### ペレット保管からの排出

ペレット保管からの排出は、中心のスクリュー排出と傾斜した床（小容量の保管用）、またはスプリングゴア排出、関節アームスペース排出（大容量の保管用）によって行われることがよくあります。収納スペースは、収納可能な限り完全かつ簡単に充填および空にできなければなりません。デッドスペースは最小化する必要があります。空圧式防爆システムは、50 kW未満のシステムに使用されます。

表14.2 燃料の種類と供給戦略に応じた、燃料貯蔵タイプの選択

Fuel range	Fuel storage type	Dispensing system	Fuel conveyor system	Furnace feeding system
Pellets	Closed pellet storage	Medium screw discharge	Screw conveyor	Stoker screw
	Absolutely dry	Spring core discharge		
	Above-ground round silo	Articulated arm discharge		
		Centre discharge Moving floor discharge		
Quality wood chips	Underground silo, above-ground silo	Spring core discharge	Screw conveyor	Stoker screw
		Articulated arm discharge		
		Centre discharge		
		Sliding floor discharge		
Wood chips up to P45S-M55+	Underground silo	Moving floor discharge	Screw conveyor	Stoker and double stoker screw
	Above-ground round silo	Milling screw discharge	Scraping chain conveyor	
	Storage warehouse with day silo	Moving floor discharge	Transverse push floor	
Hydraulic push conveyor			Direct pusher	
LH, DH, RZ, Ruz and waste wood up to P63-M55+	Storage warehouse with day silo	Milling screw discharge	Scraping chain conveyor	Pusher
		Above-ground round silo	Transverse push floor	Direct pusher
				Hydraulic push conveyor
RHH	Round or square silos	Conical screw discharge	Screw conveyor	Stoker screw

### 14.3.4 燃料搬送システム

#### 空圧式搬送

粉塵、チップ、乾燥した木材チップ、ペレットの搬送は、空気圧的にも機械的にも可能です。空圧装置の場合、ブロワが搬送を引き継ぎます。機械装置では、スクリュコンベアが使用されます。たとえば、輸送接続が短いなどの構造的な状況では、空圧コンベアシステムよりも機械式コンベアシステムの方が望ましいです。機械的搬送の利点は、

- 故障の影響を受け難い
- 必要なドライブエネルギーが少なくて済み
- コスト効率が高くなります。

#### スクリュコンベア

スクリュコンベアの適用範囲は、以下の最大燃料寸法に制限されています。

- 燃料片の最大長は、スクリュの直径に対応していません。
- 最大厚みは、ねじ直径とフィードチャンネルの公称径またはスクリュガイドチューブの公称直径の間のクリアランスから得られます。

燃料内のフレキシブルな部分が、スクリュコアで固着したり、損傷を起こしたりすることがあります（例えば、新鮮な長い樹皮片または長い還元チップ）。これにより、スクリュ搬送中に問題が発生する可能性があります。横木を横に破碎したなど、流れが悪い燃料は、ブリッジ接続により移送ポイントで搬送の問題を引き起こす可能性があります。

#### スクレイパーチェーンコンベアまたはプッシュシステム

大型の無腔（非常に長いまたは厚い部分）の燃料と流量の挙動が悪い燃料は、スクレイパーチェーンコンベアまたはプッシャーシステムを使用して搬送されます。

### 14.3.5 燃焼炉供給

#### スクリュコンベア

第14.3.4章の上記を参照してください

また、直径の大きい公称径のダブルスクリュコンベアでは、個々のスクリュコンベアの直径を小さくして、燃料内の長い部品を搬送することができます。

#### 油圧式プッシャー、ダイレクトプッシャーシステム、またはプッシャートランスミッターシステムです

プッシャーは、最大100 cmのエンドピース長さの非常に長い燃料寸法を燃焼室に搬送できます。

ダイレクトプッシャーシステムまたはプッシャートランスミッターシステムの追加のカッティングエッジは、を使用して長さが超過している

燃料部品を切断することができます。2つのカッティングエッジがリリースゾーンによって分離されているため、プッシャーシステムの油圧ユニットの電気エネルギー要件を大幅に低減できます。80cmまでの樹皮セクションを備えた穴あきローターからの樹皮は、事前に細断することなく炉に運ぶことができます。異物（石、金属など）の多い廃木材は、プッシャー装置の摩耗を大きくします。

異物を事前に分離することにより、廃材を炉に投入する際のプッシャー装置の摩耗を大幅に減らすことができます。

#### バックファイアの危険性に注意

プッシャーシステムへの逆流を防止するために、バイオマスボイラーは、燃料を連続的に供給できる最小連続負荷で運転する必要があります。

**必要な最小母数連続負荷には、次のガイド値が適用されます。**

- 含水燃料 < M40 : バイオマスボイラーの定格出力の20%
- 乾燥燃料 < M40 : バイオマスボイラーの定格出力の30%必要な最小連続負荷を下回る低負荷動作は除外されます。

プッシャーは主に、造園メンテナンスのために、樹皮または木のある製材残留物の燃焼システムで使用されます。乾燥した削りくずおよび塵の場合、プッシャーには、バックファイアが発生する危険性があるため、ブラックアウトが発生した場合に自動的に閉じる追加の防火スライドバルブがシュートに装備されている必要があります。

## 14.4 灰出しの選択と寸法

暖房設備の灰の物流は、メンテナンスが少なく、シンプルで、コンプライアンスが確保され、埃のない灰の再生を目的として、計画段階の早い段階で詳細に定義する必要があります。

燃焼プロセス中にフラクションとして以下が生成されます（図9.1）。

- 粗い灰（灰、ボイラー灰、ベッドアッシュ）
- サイクロン飛灰（サイクロン灰、飛灰、ボイラー飛灰）
- ファインフライアッシュ（フィルターアッシュ）

#### 暖房プラントの灰貯蔵

灰出し用に生成された灰の中間保管は、たとえば、灰コンテナや灰バンカーを使用して行うことができます。

- 例えば、240 l、400 l、600 l、800 l、1,000 lのサイズの灰の容器は、「灰の管理ステーション」として配置されています。
- 暖房設備構造に組み込まれた乾式灰バンカー（大型スラグ部品の中間保管はできません。灰抽出システムを内蔵した輸送車両では灰を除去できます）。

その他の灰皿のオプションは次のとおりです。

- 暖房設備または屋外でのスキップまたは特別な「ロールオン・ロールオフ」コンテナ
- ビッグバッグ (FIBC - フレキシブル・インターミディ・バルク・コンテナ)

#### 灰出しコンベアシステム

粗い灰は、機械式の灰出しシステムによって灰コンテナまたはバンカーに搬送されます。スクリュコンベアでは、最大傾斜度45°で、灰がスクリュチャンネルに戻ることはありません。プッシュロッド搬送部、スクレーパーチェーンコンベア、トラフチェーンコンベア、バケットコンベア、またはスクレーパーチェーンコンベアを使用した湿式アッシュリムーバルです。

サイクロン飛灰とファイン飛灰を灰ビンまたは灰バンカーに搬送するには、最大傾斜角度45°のスクリュコンベアか、空気圧灰吸引システムを使用します。そのため、機械式灰除去搬送システムには、空圧式輸送システムに比べて次の利点があることに注意してください。

- 故障 (異物、スラグ部品、メンバー粒子) の影響を受けにくくします。
- 低い補助エネルギー要件
- 騒音放射の低減
- パイプの曲がりや摩耗することはありません。

スラグが豊富な灰や、石や砂などの異物含有量が多い灰の場合、スクリュコンベアは摩耗が激しくなります。搬送距離が長い場合は、プッシュロッド、スクレーパーチェーン、トラフチェーン、バケットコンベアを使用してください。

灰排出システムから灰コンテナ、灰バンカー、または暖房設備からスキップまたは「ロールオン/ロールオフ」コンテナへの輸送ルートは、可能な限り最短の簡単な配置で、防塵性と堅牢性を備えている必要があります (線形)。

メンテナンス開口部から容易にアクセスできるため、故障の検出やメンテナンス作業が容易になります。

屋外エリアでのスキップまたは「ロールオン/ロールオフ」コンテナにつながる灰排出システムの場合、騒音公害を必要なレベルまで低減する必要があります。

空圧式灰除去搬送システムは、長距離または搬送経路の複雑な配置の場合に使用できます。空気圧システムは、スラグのない灰と異物のない灰、たとえば電気集じん器や布製フィルターでのみ使用できることに注意してください。

#### 灰出し

指定された廃棄物流 (第9章を参照) に基づき、さまざまな灰分を個別に一時的に保管するかどうかを決定する必要があります。このような状況では、特定の灰分画の今後のリサイクルも、下位分離のための規定を設けることで考慮する必要があります。

2 MW超のバイオマスボイラー生産量を持つ大規模な工場では、トラック用のスキップまたは「ロールオン/ロールオフ」コンテナに灰の蓄積を自動的に伝達する必要があります。灰

コンテナは、輸送車両に簡単に積み込む必要があります。交換可能な灰皿に取り付けられた、複雑でない交換装置 (レール上で移動できるスキップなど) により、簡単に灰を除去できます (図14.7を参照)。



図14.7 灰トラフ交換装置 (出典: AEE INTEC)。

中型バイオマスボイラーシステムの総出力が2 MW未満の場合は、加熱設備から直接灰容器を屋外に移動して、油圧式コンテナリフト、リフティングプラットフォームなどの高価な補助装置を使用できるようにする必要があります。リフト装置や空圧搬送装置は使用しないでください。

灰処理システムを設計する際には、輸送車両への灰コンテナの容易な積み込みと、ごみ収集の車両への灰コンテナの排出時に発生する粉塵の発生を考慮することが重要である。ほこりの発生を防ぐため、開封防止機能付きの密封可能な袋を空の容器に入れて、空にする前に密封できます。残り火なしの灰は、使い捨てバッグ (FIBC) に入れて輸送し、沈殿させることができます。

中規模のプラントでは、灰抽出システムを搭載した輸送車両を使用した灰の除去が一般的になります (図14.8)。これにより、暖房設備での簡単な灰処理が可能になります。暖房設備から外部への灰輸送用のパイプ (輸送車両の接続パイプ) は、通常、固定設備として設計されています (等電位ボンディングを観察してください)。



図14.8 灰抽出システムを搭載した輸送車両 (出典: Holzenergie Schweiz)

## 15 バイオマスボイラーシステムの導入と受け入れ

### 15.1 一般的要件と最重要用語の定義

熱分布の実行と受け入れについては、地域暖房ネットワークの計画に関するハンドブック [19] に記載されています。以下では、バイオマスボイラーシステムの実行と受け入れについて説明します。連邦政府の現在の規制を遵守する必要があります。これは、プロジェクト固有の契約書のように、以下に示す要件や手順から逸脱する可能性があります。

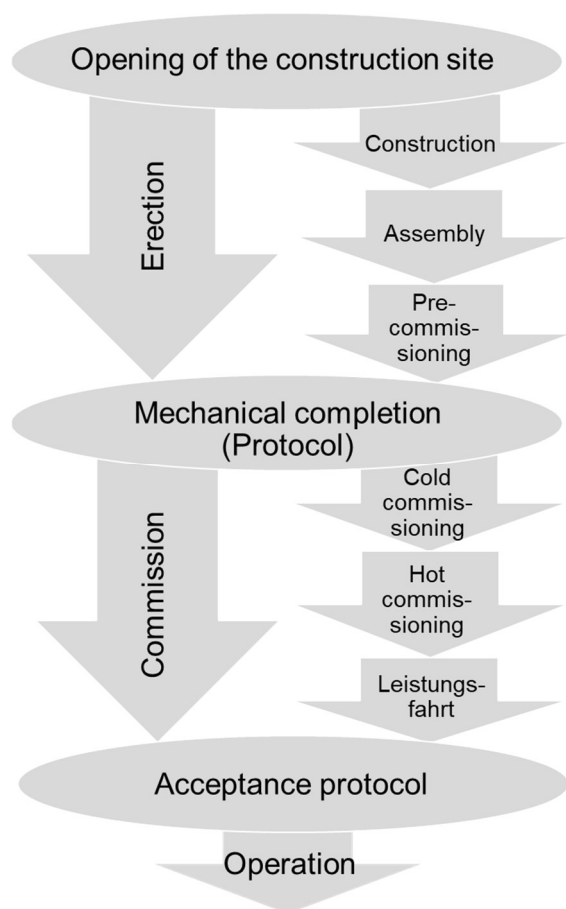


図15.1 プラントの建設、試運転、および運用 ([139])。

図15.1 に、通常のプロジェクトフェーズを示します。組み立て、試運転、および操作建設現場のオープンにより、**工場の組立**、つまり建設と組立が始まります。その後、安全性および機能テストが実施されます。これらは、インフラの試運転および補助的な施設に関連する場合があります。全体を「試運転」と呼びます。いわゆるメカニカルなロギングです。

完了すると、試運転の準備が終了します。現在は、実際の試運転の時間です。冷間試運転では、設備を起動できる範囲で運用準備が確立されます。その後の暖気試運転では、プラントは初めて運転条件で稼働します。その後の試験運用の目的は、合意したパラメータを達成し、連続運転に使用できることが証明されるようにシステムを調整することです。受け入れ測定を使用したパフォーマンスの証明は、受け入れテストとも呼ばれるパフォーマンスランによって提供されます。パフォーマンステストは、契約パートナーによる承認レポートの署名で終了します。プラントは現在、商業運転（連続運転） [139] に入っています。

試運転の際、各会社はサービス契約に従ってプラントセクションを稼働させます。個々のプラントコンポーネントの試運転は、一般的に適用される規制に従って実施されます。複数のプラントセクションを共同で試運転する場合は、現場監督（現場管理）が各請負業者と協議して、個々の試運転のタイミングをスケジュールに合わせて調整します。各会社は、個々のプラントコンポーネントの試運転を担当します。

設置の各部分は、サービス契約に従って個別に受け入れられます。建設工事は、受け入れを行う責任があります。承認に成功した場合、会社によって構築された設置の一部がクライアントに渡されます。

施設全体のオーナーへの引き渡しは完了しました。

- すべてのプラントコンポーネントがサービス契約に従って受け入れられ、その後の障害の修正が実行された場合、
- および建設監督がシステム全体の完全に完成した文書を建物の所有者に引き渡した場合。

### 15.2 建設監督

建設監督は、現場管理または技術現場管理とも呼ばれ、経験豊富で有資格者が行う必要があります。これは建物の所有者の責任であるため、建物の所有者が組織する必要があります。通常、建設監督は建物の所有者からプランナーに引き継がれます。特に、個々のサプライヤによるプラントコンポーネントのタイムリーで専門的な実行と、より高度な構造調整を制御する役割を果たします。コンポーネントサプライヤおよび建設監督者が実施する品質保証措置について、正確な合意を行うことをお勧めします。

建設監督は、最大1週間の間隔で建設会議を開催し、すべてのプラントサプライヤが参加する必要があります。これらの会議では、プロジェクトの現在のステータス、個々のプラントサプライヤ間のインターフェイス、スケジュールなどを示し

問題について議論する必要があります。すべての会議の議事録を作成し、すべての参加者に送信します。

建設監督は、プラントサプライヤからの重要なデータを、その実行のために他のプラントサプライヤに転送するように、期限内に要求する必要があります。

建設監督のタスクには、プラントサプライヤの設置作業がサービス契約に従って実施されることの確認が含まれます。これは、特に完全性、専門的な設置と実施、作業の安全性および清潔さに適用されます。設置の品質、継続的な文書化、およびコンポーネントサプライヤの品質保証措置は、ランダムなサンプルで定期的にチェックし、文書化する必要があります（たとえば、溶接シーム、気密性、配線、回転方向、計画およびフロー図に従った設置）。

建設監督は、現在のプロジェクトステータスを定期的に顧客に通知する必要があります。

## 15.3 建設フェーズの重要なポイント

以下では、構造化フェーズにおけるいくつかの重要なポイントを例として扱います。

### サイロ挿入物をインストール

サイロ排出用のアンカープロファイルとガイドレールは、建設の初期段階で取り付けする必要があります。原則として、構造技術者は、サイロ構造に必要な形状や補強計画を作成し、排出システムの構造要素を特定します。計画担当者は、建設会社と機器サプライヤの納入を調整し、構造エンジニアのサイロ計画を確認します。

サイロ排出物のインサートは、工場のサプライヤが建設会社との設置時間を調整することで取り付けられます。特に、このような要求の厳しい再編集段階では、プランナは建設会社と現場のプラントサプライヤとの間で適切な相互作用を確保する必要があります。

### 配管とケーブルの敷設を決定

地域暖房、データ、上下水道、電話、電気、場合によっては石油とガスのラインのパイプ貫通部の正確な位置は、基礎工事中に計画担当者が建設請負業者に知らせて、パイプができるようにする必要があります。また、ケーブルは後で好ましくない場所に配置されません。前提条件は、ボイラー室のこれらのラインの計画がこの時点ですでに行われていることです。

### 等電位ボンディングと雷伝導のために接地トラップを考慮してください

接地ストラップの取り付け、地面への放電、および機械と避雷針の等電位ボンディングの接続の可能性も、基礎段階の早い段階で建設会社と調整して実行する必要があります。この時点で、電気会社はまだしっかりと契約しておらず、建設中であることがよくあります

そのため、この作業を行うか、電気会社にそのような作業を行う必要があります。原則として、本工事は既に工事入札に含まれていることが望ましい。

### 大規模なプラントコンポーネントを設置

大規模なシステムコンポーネントの設置は、建物の建設の進捗とともに計画する必要があります。このプロセスでは、コンポーネントを取り付けるために適切な開口部を常にきれいにしておく必要があります。システムコンポーネントに不適切な取り付けオプションを使用すると、ドア、ゲート、屋根、または壁（壁の切断）が部分的に分解され、建物の所有者に遅延や予期しないコストが発生する可能性があります。

### 取り付け補助具を取り付け

多くの場合、一時的な組み立て補助装置と吊り上げ装置は、重いプラントコンポーネントの組み立てのためにサプライヤーによって使用されます。天井に取り付けられているホイストをロードします。このような機器は、建物の静力学に影響を与える可能性があり、寸法を考慮する必要があるため、それに応じて計画する必要があります。

この文脈では、後でメンテナンス作業やサービス作業にも使用できるように、アセンブリ補助装置やリフティング装置が常時停止しているかどうかを考慮する必要があります。

## 15.4 試運転と起動

### 15.4.1 試運転、冷缶試運転の準備

試運転の場合は、新しいシステムの設置が完了した後に、次の準備を行う必要があります [139]

- 基本的なクリーニング
- 安全性および機能テスト、漏れテスト、
- 補助設備とインフラの試運転

個々のシステムコンポーネントの機能チェックは、通常、ボイラーメーカーによって実施されます。これには、すべての電気ドライブとI&Cテクノロジーが含まれます。機械的な完了を文書化した後、次のステップは冷間試運転です。これにより、システムを操作できるようになります。プロトコルは、システムが動作可能な状態であることを示します。

実際には、次の準備段階でバイオマスボイラーシステムにはいくつかの重要な側面があります。

- バイオマスボイラーシステムの最初の燃焼では、燃焼室のライニングを完全に乾燥させるために乾燥燃料が必要です。燃料の量と品質に関する要件は、システムサプライヤと合意する必要があります。
- 燃料サイロは、最初は最大3分の1まで充填する必要があります。排出システムに問題が発生した場合は、充填口からサイロのテント全体を空にする必要はありません。



- ブリッジングを防ぐには、最初に充填する前に、サイロコンクリートが乾燥するまで十分な時間を確保します。最低でも、2週間の乾燥フェーズが考慮されます。充填前に、プラントのサプライヤが排出システムの機能と設計、およびサイロフロアの表面品質を確認する必要があります。その後、サプライヤは、サイト管理者に初期充填のための先を提供します。補充する前に、サイロ内部を清掃する必要があります。
- 熱発生システムを作動させるには、十分な熱抽出があることを確認する必要があります。
- これは、プラントのサプライヤと協議して、個々の会社の存在を調整するためのサイト管理のタスクです。

#### 試運転のためのチェックリストの準備

- 加熱システムと膨張容器が充填されていますか（熱出力は作動可能）？
- 配管は正しく行われましたか？
- ボイラーポンプは機能していますか？
- 燃焼用空気および排ガスファンは機能していますか？
- ボイラーリターン温度保護は機能していますか？
- センサの配置は正常ですか？
- 安全サーモスタットは正しく設定されていますか？
- 安全バルブが取り付けられていますか？
- 熱放電安全装置は機能していますか？
- パイプ接続部、バックファイア防止装置が取り付けられていて、作動可能ですか？
- 安全チェーンを含む電気接続が正常に機能しているかどうかを確認しましたか？
- 煙道ガスのクリーニング、煙突および煙突の接続は正常ですか？
- 搬送システム（燃料、灰）が機能を確認しましたか？

### 15.4.2 プラントの暖機試運転

ボイラーシステムの暖機試運転の前提条件です。ウォームコミッショニングとも呼ばれ、完成した機能チェックとシステム部品の試運転は、システムサプライヤの納入範囲に含まれていないが、ボイラーシステムの操作に必要なものです。バイオマスボイラシステムが初めて起動したとき（起動時）にシステムの暖機試運転が行われ、自動システム制御を使用してすべてのシステム部品の同時相互作用が発生します。まず、燃焼室のライニングは、工場での仕様に従って乾燥します。その後、燃焼能力は段階的に上昇します。このフェーズでは、建設のスーパーバイザー、専門の試運転担当者、および関連するすべてのプラントコンポーネント（ボイラーメーカー、システムビルダー、配管工、電気技師、コントロールエンジニア）の熟練した担当者、および将来のオペレーティングスタッフが対象となり

プレゼンテーションを行っているか、または短い通知で利用可能である必要があります。このフェーズには十分な時間を確保する必要があります。システムのサイズに応じて、1日から数日の間を計画する必要があります。暖機試運転は、多くの場合、トライアルオペレーション [139]と呼ばれます

暖房および発電所の技術では、試運転は、高温試運転と連続運転の間の別個の運転段階として理解することもできます。 [139]木質のボイラーシステムの場合は、すぐに開始できます

- このユニットは自動モードで操作でき、すべての安全性テスト（安全温度リミッター、サーマル放出安全装置など）を満たしています。
- ボイラーシステムは試験運用に合わせて調整され、必要に応じて異なる燃料混合物での動作がテストされています。
- 操作マニュアルを使用した作業員への最初の説明が行われました。

試用期間中は、システムのサイズや複雑さなどに応じて数日から数日かかることがあります。

- システムは最適に調整されています。
- 重大な欠陥は是正されます。
- システムサプライヤの監督および責任の下で、システムの中断のないトラブルのない操作を実演する必要があります。

また、試験運用中は、システム動作の異常を検出して適切なタイミングで解決できるように、動作データをすでに記録して評価しておく必要があります。

排出量とパフォーマンスの値は、測定レポートとして文書化され、ビルドイン所有者に渡されます。

システムを強制的にシャットダウンし、サービス契約で合意されている期間よりも長い時間がかかる故障が発生した場合は、故障が修正されたことを確認してから、トライアル操作を再開する必要があります。また、個々の障害の合計期間がサービス契約で合意された期間を超えた場合にも、トライアル操作を再開する必要があります。

プラントのサプライヤは、バイオマスボイラープラントの試運転と試験運転の責任を負います。これは、プラントが建物の所有者にまだ引き渡されていないためです。暖房運転を円滑に開始するための前提条件は、それに従って指示された責任ある運転要員の任命です。プラントの稼働中は、作業員がバイオマスボイラープラントに精通する機会があり、工場の供給業者や現場管理者の支援を受けることが重要です。これには、プラントのサプライヤによる作業員の予備的な指示が含まれます。準備手順は、取扱説明書に基づいていなければなりません。

#### 操作マニュアルの範囲

バイオマスボイラーシステムの作動は次のとおりです。

- 位置と効果を切り替えます
- 動作モードです

不具合が発生した場合の対処方法は次のとおりです。

- 障害およびアラームの概念です
- 誤作動や故障の一覧が表示された場合の対処方法を説明します
- 障害メッセージを記録するための表です

メンテナンスプランは次のとおりです。

- 洗浄および灰の除去間隔です
- 第三者による監査作業を定義します

安全：

- 安全装置
- 安全規制
- 発酵ガスによる事故を回避します
- コンベア装置の事故を回避します

ドキュメント：

- プラントレイアウト
- 電氣的計画

ほとんどの場合、オペレーティングマニュアルは、試用期間中の最終バージョンではまだ使用できません（リビジョンスキームが欠落している、メンテナンス計画がドラフト形式のままであるなど）。ただし、このドラフトを参照するだけで十分です。スイッチング機能の適切な処理、安全規制の遵守、および誤動作の場合の指示を明確にする必要があります。システムの試運転中、サイト管理者は、その後の試用作業について、オペレーティングシステムのサプライヤから十分な指示を受けていることを確認する必要があります。運用担当者の初期の構成は、サイト管理者、プラントサプライヤ、および運用担当者が署名するプロトコルに記録する必要があります。

## 15.5 承諾

トライアル操作が正常に完了しました。会社はシステムをクライアントに引き渡したいと考えています。この会社による引き渡しまたはクライアントによる承認により、仕様および技術上の規制への準拠を確認できます。

引き渡しの基本の1つは、受け入れテストとも呼ばれるパフォーマンステストです。性能テストの目的は、設備の性能を法的に拘束力のある証明にすることです。これは、試運転の一環として所定の動作期間中に提供する必要があります。このプログラムは契約上合意されています[139]

性能テストは、システムサプライヤがシステムと制御システムの動作を安定化し、最適化した時点で開始されます。これは、トラブルのない連続運転のために、システムと制御システムを自由に解放できる程度になります。バイオマスボイラーシステムの性能試験は、システムサプライヤが担当していません

まだ所有者に渡されていません。検証が成功した場合、受け入れネゴシエーションが続くことがよくあります。これは、受け入れプロトコルの署名で終わります。その後、プラントは目的の商業運転（連続運転） [139]にあります

### 各国の規制に準拠

受諾および文書に関しては、現在の国固有の法律、規格、および規則、およびプロジェクト固有の契約上の合意事項を遵守する必要があります。この点で、仕事とサービスの契約に関連する基準も参照する必要があります。この基準では、受け入れと引き渡しのトピックが特定の取引について規制されています。特別な期限を含め、以下で説明する例示的な要件および手順から逸脱する場合があります。

### 責任、参加者、手続き

バイオマスボイラーシステムのコールドおよび暖機試運転は、システムサプライヤの責任であり、受け入れ時に完了する必要があります。ただし、共同受理は建設監督が行います。以下は、受け入れに参加する必要があります。

- 建設監督、
- 機器のサプライヤおよび
- 建物の所有者

受け入れ時に、プラントサプライヤの納入範囲とパフォーマンスがサービス契約に基づいてチェックされます。

受け入れ時に、プラントサプライヤは、次のことを行う必要があります

- 完全に更新されたシステムドキュメント、操作手順、電氣的直径グラムの改訂、実装計画の改訂、テスト記録、および適合宣言を提出します（Q-Guidelines、E.5を参照）
- バイオマスボイラーシステムの運用担当者に、システムの運用方法と保守方法を詳しく説明します。

### プラント運用要員の指導と運用文書書

特にバイオマスボイラーシステムの場合は、運転者の指示が重要です。高効率および低汚染物質排出は、慎重かつ慎重に監視されたシステムでのみ達成できます。たとえば、調整時間とは異なる燃料を使用する場合、オペレーティング担当者はシステム設定が最適でなくなったことを認識し、再調整する必要があります。

異常が発生した場合の対処方法やコントロールセットポイントの設定方法についても説明している、適切な操作マニュアルは、システムのメンテナンスを最適化するために不可欠です。

最終業務文書は、承認時まで提出する必要があります。トライアル運用中に運用セットアップに加えられた変更は、文書化して更新する必要があります。多くの場合、改訂と運用が行われます

ドキュメントは承認後にのみ送信されます。責任は、成功した最終的な受諾の建物の所有者に転送されます。これは、所有者が作業の準備が整っていることを証明できれば、明確な操作指示がない場合に発生する可能性があるという、明確な問題につながる可能性があります。

自動バイオマスボイラーシステムでは、従来の加熱システムよりも安全チェーンの範囲が広がっています。操作マニュアルでは、サイロ室や排出装置などの事故を防止するために特に注意する必要があります。

### 受け入れプロトコル

共同検査および承認には、すべての当事者が署名したプロトコルの作成が伴います。これは、関係するすべての当事者の証拠となります。このプロトコルは、サービス契約のすべての項目とその履行を記録します。

以下に示すのは、自動バイオマス加熱システムに特別な注意が必要なポイントのみです。

- 実施チェックの範囲（タイプ、パフォーマンスチェック、寸法、完全性）です。
- 実行制御（固定、絶縁、材料品質、寸法精度）を行います。
- 安全制御（安全装置、バックファイア防止、事故防止）が可能です。
- 制御機能を検証します（デリバリ制限）。
- 排出ガスと性能の検証を行います
- 試運転および試験運用テストレポートです

ジョイント検査では、多くの場合、完全に完了していない小さな欠陥や作業が明らかになります。次の3つの決定につながる可能性があります。

1. インストールを受け入れることができます
2. 設置は予約で受け付けられます（軽微な欠陥）。
3. インストールを受け入れることができません（大規模な駆除）。

重大な欠陥が見つかった場合は、受け入れが拒否されることがあります。クライアントまたは建設監督者は、プラントのサプライヤに、工場の認定のための許容可能な期間を与える必要があります。その後、2回目の承認が必要になります。最初のプロトコルで契約に適合していると記載されている項目は、2回目の承認ではチェックされなくなります。

マイナーな欠陥とメジャーな欠陥の区別は、実践によって決定されます原則として、クライアントができるだけ迅速に修正する理由がある場合は、欠陥が重要であると見なされます。これには、システムの適切な操作または試運転を妨げる欠陥、損傷を引き起こす可能性がある不具合、または人の生命または健康を脅かす可能性がある不具合、クライアントまたは第三者の所有物などが含まれます。外観上の欠陥は重要ではありません。一般に、インストール全体に対する障害の影響は、評価時に考慮する必要があります。

共同検査中に排出ガスおよび性能保証値の一部を確認できない場合は、これらの値を確認する必要があります

検査プロトコルでパフォーマンス予約として明示的に記録されます。

### プラントをクライアントに引き渡し

受け入れが成功すると、プラントサプライヤによって構築されたプラントがクライアントに渡されます。顧客に工場を引き渡す場合、顧客は次の義務を負う必要があります。

- 監督の引き渡し：引き渡しの時点から、お客様は、個人の生命と健康、所有物、第三者の財産を保護するためのすべての措置を講じる責任があります。これらの義務は、引き渡しまで工場のサプライヤが履行する必要があります。
- リスクの移転は次のとおりです。プラントのサプライヤは、事故による工場の損傷や損失のリスクを負うことはなくなりました
- 保証および制限期間が開始されます。
- プラントサプライヤは、定義された期間内に最終レポートを提出する必要があります。

このリスクは、欠陥がない状態で受け入れが行われるまでクライアントに渡されません。受理時から、性能全体の保証期間が始まります。自己完結型のパフォーマンスの部分についてのみ、リスクの移転は部分的な承認から始まります。

### クライアントへの引き渡し時に計画担当者が行う作業

設備全体をクライアントに引き渡す際には、プランナが次のタスクを実行する必要があります。

- Q-Guidelines D.5に準拠したシステムドキュメントは、建物の所有者に完全に手渡されます。
- QガイドラインD.6に従った運用最適化の概念は、建物の所有者に提出されます。

## 第4部 操作と管理

## 16 試運転後の運転最適化

### 16.1 理由と目的

試運転と受理（第 15章を参照）が正常に完了すると、新しく構築されたシステムとシステム拡張の両方が定期的に動作し、所有者の責任となります。経験から、複雑なバイオマスDHプラントや加熱グリッドでは、ほとんどの場合、プラントが適切に計画・建設され、本格的な試運転が実施されていても、最適なプラント運転が実現できないことがわかりました。

これには次のような理由があります。

- 熱需要計算の変動範囲に起因する計画の不確実性です
- 試運転と試験運転では、1年間の運転中に発生したすべての負荷条件と運転条件を表すことはできません
- プラントの挙動と制御力学に関する運用経験が不足しています
- 燃料の種類や品質の変動（水の含有量など）

また、熱発生の計画と寸法付けの基礎となった加熱ネットワークの最終的な拡張レベルに達するまで、数年かかることがよくあります。運用最適化時の拡張の程度が最終的な拡張と大幅に異なる場合は、ここで説明する手順に従って、できるだけ類似した方法で実行する必要があります。加熱ネットワークは長年にわたって動的に開発されているため、継続的なシステム監視と継続的な最適化を確立し、拡張状況に応じて詳細なシステム監視を定期的に繰り返すことがより重要です。

負荷の傾向、燃料の品質などの要因に関して、1年を通して比較的一定の運転条件がある場合は、試運転および試験運転中に運転の最適化を短縮して実施できます。ただし、運用最適化の要件を満たすことができるようにする必要があります。たとえば、プロセス熱供給用のバイオマス加熱プラントや、気象依存の負荷共有などが考えられます。

試運転および試験運用の過程で、安定した自動運転を可能にする基本的なシステムおよび制御設定が行われます。ただし、特に初期運用経験の問題では、制御システムをさらに最適化する必要があります。この（初期）運転の最適化の目的は、最大効率、低排出ガス、および流量温度などの安定した運転パラメータを用いた機能的な記載事項に基づいた計画に従って運転を達成することです。これには、可能な限り緩やかな操作モードも含まれ、最長の耐用年数（清掃間の運転期間）を達成し、回避することができます

たとえば、スラグの形成、許容動作限界の超過または低下などによる誤動作。包括的な運用最適化により、運用コストが低くなり、環境への影響が少なくなり、プラントの耐用年数が長くなります。

運用の最適化には、完全で信頼性の高い測定データに基づいて現在の設備運用を体系的に評価し、レビューすることが必要です。また、次の質問に答えるために、運用データと主要な数値を機能説明の仕様と比較することも必要です。

- システムはすべてのオペレーティングステータスで意図したとおりに機能しますか？
- 制御パラメータはまだ調整する必要がありますか？
- まだ不足している質問や自由回答式の質問はどこにありますか？
- いつ、どのように既存の欠陥を修正できますか？
- 保証値は、長期間の操作でのみ評価でき、遵守されますか（消費電力、清掃間の動作期間など）？

#### バイオマスDHプラントのQMによる運用の最適化

専門的かつ良心的な計画作成に加えて、継続的な運用最適化は、長期的なプラント運用を成功させるための重要な基盤となります。これは過去には無視されていたことが多いため、バイオマスDHプラントのQMのフレームワーク内では運用の最適化が必須です（第 2章を参照）。

第 16.2章から 16.4章で規定されていた要件、責任、および手順は、基本的にQ-Guidelines [15]の仕様に基づいて準拠しています。バイオマスDHプラント向けQMには、以下のドキュメントとツールが用意されています。

- 標準水流方式 [62]および [71]の機能説明です。
- ポイントリストを測定しています
- データ記録の説明
- 事前定義されたキーの数値
- 運用最適化の概念- Q-ガイドライン [15]の概要ドキュメント424を参照してください。
- FAQ 8: 運用最適化におけるデータの評価と事前検証はどのように行うべきですか？

ここに示す運用の最適化は最小要件と見なされ、さらに詳細に実行したり、必要に応じて他のプラントコンポーネントに拡張したりすることもできます。

慎重な運用管理では、これに由来するデータ収集、監視、および最適化の手段を継続的に文書化する必要があります。これにより、データとナレッジベースが作成されます。これは、後のプラントの拡張、改修、新座への対応に非常に役立ちます（第 18章を参照）。



## 16.2 要件と責任

システムの規模にもよりますが、基本的な運用の最適化は、システムが受け入れられてから最初の1~2年で実行されます。暖房設備の切断の場合、少なくとも1年間の運転または1回の完全な暖房期間をこの運用の最適化のために使用するべきである。

計画の過程で、包括的な機能の説明を作成する必要があります。これは、特に詳細な計画と実行の基礎（特に水流接続と制御）であり、運用の最適化を成功させるためには、基本的に必要な前提条件でもあります。運用の最適化のために、次のドキュメントが再利用されています。

- 最終的な水流系統図を完成させます
- 関連するすべてのオペレーティングステータス（制御記述を含む）のシステムの機能の詳細な説明です。
- 測定ポイントの位置と範囲、時間分解能、および各測定ポイントの測定精度を含む測定ポイントリストを完成させます
- 基本原則、データまたはファイル構造、およびデータストレージの場所と期間をドキュメント化した自動データ記録の説明です。
- 最適な運用を証明するために合意された、保証された主要な数値のリストです
- 主要なシステムコンポーネントのマニュアルとデータシートです

さらに、最適化作業の準備と実施に関する明確な責任を明確に定義し、メインの計画担当者と、該当する場合は他の担当者（製造会社や制御エンジニアリング会社など）の割り当てに含める必要があります。必要な活動の主な責任の割り当ては次のように推奨されますが、状況に応じて異なる方法で選択することもできます。

- プランナによるデータ記録の計画と仕様です
- オペレーション担当者による自動データ記録の監視です
- 操作担当者による補足マニュアル記録の実施です
- プラントの作業員による測定データの読み取りと提供、およびエンジニアリング関連の会社や製造業者の管理を行います
- 計画担当者による主要な数値の評価、計算、およびデータの評価を行います。

最適化活動は、プラントの作業員および製造業者と緊密に連携して実施する必要があります。

運用最適化のデータ収集と実装に関する責任と要件は、運用最適化の概念にまとめられている必要があります（Q-Guide-lines [15]の追加ドキュメント424を参照）

運用の最適化をメーカーと一緒に成功させるには、サービス契約で保証期間に対応する金銭的保証（責任の払い戻し）を提供する必要があります。その他の点では、すべての製造業者が対象の方法で運用最適化に参加することは保証できません。

## 16.3 データ処理と評価

暖房設備と暖房ネットワークの包括的な測定機器と、測定された運転データの送信、保存、視覚化のための適切な制御技術は、継続的な運用管理の重要な支援であり、運用の最適化を実行するための重要な基盤です。

監視の過程で、動作データが処理され、評価されます。この目的のために、検討対象の稼働年度の**主要なマニュアル値**と、それらから得られた主要な数値は、表16.1に基づいて決定されますここでは、設備の動作の概要を簡単に説明し、決定された主要な数値と計画値を比較できます。

さらに、高度な時間分解能を持つ詳細な**動作データ**（例 5分間の値）が必要です。この値は、適切な測定プラント機器およびデータ収集（5.10章）の助けを借りて提供する必要があります。これらは、選択したオペレーティングステータスと期間について評価されます。この目的のために、バイオマスDHプラントのQMに従って次の動作状態が定義されています。

- 移行期間または夏の暖房限界近くの**低負荷**
- ほとんどの熱生成が発生する負荷範囲としての**主負荷**。たとえば、1日の平均外気温は0~10°Cの範囲です マルチボイラシステムでは、カスケード動作は主負荷としてカウントされますが、高負荷としてもカウントされます。
- たとえば、1日の平均気温が0°C未満の場合など、**非常に寒い気候では高い負荷がかかります** 多価ボイラーシステムでのカスケード運転と、二価ボイラーによるピーク負荷運転も高負荷と見なされます。
- **卓越した負荷と運転条件を提供**

オペレーティングステータスの選択は、システム構成、標準回路（[62]または[71]）、および夏の運転がない場合などの影響要因に応じて調整する必要があります。

この詳細なデータを解釈して評価するには、データのグラフィック表現が不可欠であり、次の要件を満たしている必要があります。

- 定義された各オペレーティングステータスの代表的な週間履歴を表示します
- 選択した日の1日のコースを表します
- 最も重要なデータを1つのスライドにまとめて表示する必要があります。

- 図は読みやすく、数値を読みやすくするために軸ラベルと凡例を持つ必要があります。
- Excelファイルなどの作成と表示は、データの分析と解釈をサポートします。

評価する測定ポイントおよび評価基準に関する詳細な要件は、表16.2および表16.3にまとめて示されています。これらには、個々のパラメータを意味のある毎日にグループ化する方法に関する推奨事項も含まれています。

そして週間の進捗状況も示します。必要に応じて、図の提示を評価対象の質問に適応させることができます。

一部の制御システムやプラントの視覚化では、ユーザー固有の作成やタイムフレームダイアグラムのエクスポートに包括的なオプションが提供されます。これらのオプションは、評価や運用の最適化に直接使用できます。

詳細および例については、QM HolzheizwerkeのFAQ 8を参照してください。

表16.1 年額とそれに基づく主要な数値が必要

	Parameter	Unit	Assessment
For all biomass boilers	Annual heat production	MWh/a	Number of full load operating hours
	Nominal boiler output	kW	Guide value Standard hydraulic scheme
	Total operating hours	h/a	Number of start-ups per year
	30 - 50 %	h/a	
	50 - 75 %	h/a	
	75 - 100 %	h/a	
	Stand-by	h/a	
	Ignition/start-up	h/a / n	
	Electricity demand biomass boiler	kWh/a	Specific electricity demand
Flue gas condensation	Annual heat production	MWh/a	Number of full load operating hours
	Nominal heat output	kW	Share of condensation in the annual heat production of biomass boilers
	Total operating hours	h/a	
	Electricity demand flue gas condensation	MWh/a	Specific electricity demand
	Water consumption	l/a	Specific water consumption
Dust precipitation (electrostatic precipitator/fabric filter)	Total operating hours	h/a	Availability
	Operating hours filter active	h/a	
	Operating hours bypass	h/a	
	Availability according to FAQ 38	h/a	
	Operating hours firing ON	h/a	
	Related operating hours precipitation ON	h/a	
For all bivalent boilers and other heat sources	Annual heat production	MWh/a	Number of full load operating hours
	Nominal heat output	kW	Share in annual production
	Total operating hours	h/a	
	Electricity demand bivalent boiler/other	MWh/a	Specific electricity demand
Heating network	Annual heat demand from the control centre	MWh/a	Heat distribution losses
	Annual heat demand consumers	MWh/a	Δ T annual mean
	Water quantity	m <sup>3</sup> /a	Losses storage/central
	Electricity demand network pumps	MWh/a	Specific electricity demand
Fuel use and auxiliary energy	Wood chips, bark, shavings, etc.	kg/a (m <sup>3</sup> /a)	Annual efficiency of the plant
	Pellet	m <sup>3</sup> /a	Annual efficiency pellet boiler
	Oil or gas		Annual efficiency bivalent boiler
	Electricity demand heat pump		Annual COP heat pump
	Total system electricity demand		Specific electricity demand of the entire plan

表 16.2 ダイアグラム、測定ポイント、および評価基準-毎週のコース

Diagram	Parameter	Unit	Assessment
Weekly trends	Output biomass boiler 1	kW	Relevance Selection Daily
	Output biomass boiler 2	kW	Number of start-ups per day/week
	Output bivalent boiler	kW	Switching on/off bivalent boiler
	Network heat capacity Actual	kW	Interaction with other heat sources
	Storage tank charging state	%	
	Outside temperature	° C	

表 16.3 ダイアグラム、測定ポイント、および評価基準-日周期

Diagram	Parameter	Unit	Assessment	
Overview	Outside temperature	° C	Operating status	
	Storage tank charging state Actual	%	Storage tank state of charge control	
	Storage tank charging state Target	%	Switching on/off bivalent boiler	
	Output biomass boiler 1	kW	Interaction with other heat sources	
	Output biomass boiler 2	kW		
	Output bivalent boiler	kW		
	Heat output of other heat sources	kW		
For every biomass boiler	Boiler outlet temperature	° C	Δ T at nominal power output	
	Boiler inlet temperature	° C		
	Output biomass boiler 1	kW	Minimum power	
	Output biomass boiler 2	kW, %	Heat output covers demand without oscillation; boiler power at lowest possible level	
	Residual oxygen content / Lambda	% / -	Firing efficiency	
	Exhaust gas temperature	° C	Boiler outlet temperature control Number of start-ups per day Compliance with light load condition Minimum daily heat production Summer operation and change of biomass boilers in autumn/spring	
For all other heat sources (except bivalent boilers)	Heat output Actual	kW		
	Heat output Set value	kW		
	Inlet temperature	° C		
	Exit temperature	° C		
	Other specific parameters (depending on the type of heat source)		Specific key figures depending on the type of heat source	
Additional diagram			Number of start-ups per day	
	Network flow temperature Actual	° C	Temperature difference of the heating network	
	Network return temperature Actual	° C	Size of the peak loads of the heating network	
	Network heat capacity Actual	kW	Bivalent boiler only in operation when required	
	Enable signal bivalent or other heat generators	kW, %	Biomass boiler output remains at a maximum when operating the bivalent boiler	
	Main flow before/after storage tank	° C	Planned sequence of use of other heat sources	
	Main return before/after storage tank	° C	Nominal heat output Minimum heat output Δ T at nominal heat output Boiler outlet temperature control Heat output covers demand without oscillation Boiler power at the lowest possible level Boiler outlet temperature control	
	Storage tank	All storage tank temperature sensors	° C	Temperature stratification charge/discharge
		Storage tank charging state	%	Usable temperature difference in the storage tank T

必要な追加パラメータは次のとおり :

- 選択した日の日平均値[° C]
- 各熱発生の1日あたりの熱出力kWh/d]
- 各バイオマスボイラーまたはその他の熱発生の最小負荷条件 (公称負荷のkWまたは%)

## 16.4 実装

すべての運転データが準備できたら、これに基づいて実際の分析と評価を実行し、実際のプラント運転を計画に従って定義されたプラントの機能と比較することができます（目標運転）。これはメインランナのタスクです。この最終検査の過程で、システムが意図したとおりに機能しているかどうかを文書化する必要があります。このためには、前述したすべてのドキュメント、運用データ、主要な数値、図、および表16.1から表16.3までの評価基準を使用する必要があります。また、定期排ガス測定、運転履歴/事故記録、運転者の操作経験、プラント見学など、すべての追加情報を評価に含めることをお勧めします。

運用の最適化を実行する際には、特に次の質問に答える必要があります。

- 既存の測定データは完了していますか？また、測定エラーが発生している可能性がありますか？
- 計画値は、顧客分析の過程で、システム全体の熱需要の実際値と、個別に接続された顧客の実際値と同じですか（基本は需要評価および適切なシステム選択のためのExcelツールですか）？大きな偏差がある場合は、詳細な分析で、系統的誤差またはその他の理由があるかどうかを示す必要があります。
- バイオマスボイラは、契約上合意された公称出力（一定で、振動なし）を提供していますか？
- バイオマスボイラーは、燃焼用空気の供給を中断することなく、契約上合意された最小出力で動作しますか？
- プラントの効率（熱発生および暖房ネットワークの年間効率）は、計画された目標値に対応していますか？
- 部分負荷運転の出力制御は、バイオマスボイラが振動なしで徐々に出力需要の経過に追従できるように、バイオマスボイラが常に可能な限り低いレベルで動作するように機能しますか？
- オイルまたはガスボイラーがある場合、絶対に必要な場合にのみ作動しますか？これらは、必要な出力がバイオマスボイラーでカバーされるとすぐに無効になりますか？切り替えポイント（二価点）は、計画された仮定（需要評価および適切なシステム選択のためのExcelツール）に対応していますか？
- バイオマスボイラ（小型）での夏季運転が可能ですか？また、秋・春に小規模から大規模バイオマスボイラへの切り替えが必要な時期はありますか？
- すべての蓄熱制御は機能説明の仕様に適合して機能し、バイオマスボイラーの作動は均一ですか？
- 蓄熱タンク内の温度層別化は蓄熱中および放熱中に維持され、使用可能な温度差は達成されていますか？
- 起動やシャットダウンが頻繁に発生しないようになっていますか？
- 悪臭や高排出につながる動作条件が発生しますか？
- システムは、指定されたO<sub>2</sub>値と排ガス温度で作動しますか？
- すべての指定燃料を問題なく使用できますか？
- 灰のバーンアウトは完了していますか？また、スラッシングを伴う問題はありますか？
- 測定された温度は計画値に対応していますか？また、時間の経過とともにの挙動は問題ありませんか？
- ヒータネット-ワークのメインフロー温度は、計画された制御方式に従いますか（外気温によって異なるなど）？
- メインの戻り温度は予想値に対応していますか？最適化の可能性がある場所（この目的のため、顧客分析は、地域暖房ネットワーク計画ハンドブック [19]に従って実施できます）。
- 電気集塵機がある場合、その使用可能性は仕様または保証値に適合していますか？（FAQ 38を参照）
- 特定の消費電力は、計画値またはメーカーの仕様に対応していますか？
- マニュアルボイラー洗浄の間の動作保証期間は達成されていますか？
- サービスインターバルは合意した時間よりも短くなっていますか？
- 個々のプラントコンポーネントの誤動作が増えていますか？
- システムコンポーネントの摩耗が増加しますか（たとえば、炉内の耐火粘土、火格子要素など）？

この評価により、設備コンポーネントの機能および動作に欠陥があることが判明した場合は、対応する最適化対策を定義する必要があります。原則として、これらの懸念は、特に効果の同時観察を伴う制御パラメーターの段階的な調整に関係します。

制御パラメータを調整する場合は、一度に1つのパラメータのみを調整し、効果を観察するのに十分な時間を確保することを検討してください。パラメータの調整によっては、バイオマス燃焼システムの反応が非常に遅く、時間または日をこのプロセスに使用することができます。すべての調整は、操作ログに詳細に記録する必要があります。ドキュメントは、プロジェクトに関与するすべての当事者が後で変更を確認し、理解できるようにする必要があります。

必要に応じて、制御システムの専門家および製造業者に相談する必要があります。保証期間中は、製造業者に書面で速やかに欠陥総額を通知する必要があります。業務上の最適化の過程で安全関連の欠陥が検出された場合、有資格者（プランナーを含む）は、システムの責任者に通知する義務があり、欠陥を書面で直ちに伝える必要があります。

責任を持つ運用担当者は、できるだけ評価と最適化に関与する必要があります。運用の最適化の目的は、運用時および継続的な運用最適化時にプラントモニタリングを確立することにもあります。

## 17 操作とメンテナンス

### 17.1 ビジネス組織

暖房ネットワークを備えたバイオマス暖房プラントは、他の会社と同じです。そのため、専門的な管理および商業管理に関しても、同じ要件が適用されます。

取締役会は、行政および商業分野における次のタスクを担当します。

- 最も重要な規制、ガイドライン、および法律をオペレーティング担当者に明確にします
- 運転スタッフに、熱供給契約の規定と、それらにとって重要な燃料供給契約について通知します。
- 法的に準拠した契約（燃料供給契約、熱供給契約など）の締結です。
- 最適化の可能性を次の領域に記録および実装します。
  - 燃料と電気の購入（電力プーリング）
  - 保険
  - 人員配置/人員のリース
  - 燃料の節約と車両の使用を目的とした燃料物流（ホイールローダなどのリソースをレンタルしたり、相乗効果を得て使用したりすることもあります。たとえば、市区町村などです）。
- 事業者団体やその他の暖房設備（購買プール、共同スペア部品の在庫など）との連携が必要です。
- プロフェッショナルなカスタマーサービス（顧客とのコミュニケーション、情報、サービス、ホットラインなど）を提供します。）

技術的な運用を成功させるには、運用組織に関する次の注意事項を遵守する必要があります。

秩序ある運営には、関係者のリストとその責任と権限を持つ運営組織が必要です。Q-ガイドラインQM for Biomass DH plants「E.5 Q- requirements system documentation」に準拠した完全な最新のシステムドキュメント [15] は、オペレーティング・スタッフが現行システムデータを使用してバイオマス・ヒーティング・プラントを加熱し、維持するための基盤となります。

適用されるすべての法律および指令、特に、運転プラントの許可に基づく要件は、継続的なプラント運転に含める必要があります。これは、とりわけ次の領域に適用されます。

- 火災防止
- 労働安全/保護具の使用
- 爆発の防止
- 定期的な検査

次のシナリオの緊急計画を作成します。

- 非常用の熱供給（外部バックアップボイラー接続）/熱発生全体に不具合が発生した場合には、熱供給を保証します

- 可能な限り迅速に移動式緊急熱供給システムを入手します
- 停電が発生した場合の手順と、緊急電源の必要性を確認します。
- 燃料供給、運用リソース、および人員に関して、セントラルヒーティングプラント（冬、山岳地帯など）へのアクセスが制限されている場合の手順。
- 長時間の作業中断を避けるために、現場で利用できる必要がある重要なスペアパーツはどれですか？

### 17.2 技術的作業

バイオマスの暖房設備の適切な運転のための最も重要な前提条件は次のとおりである：

- バイオマスボイラーシステムに適したバイオマスのタイプを使用し、規制を受けています。燃料の品質は、プラントサプライヤーとのサービス契約に従って、燃料定義に対応している必要があります。
- 排ガス温度、過剰空気、排ガスファン速度、運転時間などの動作データを定期的に監視します
- たとえば、油圧ホースの漏れが初期段階で検出されるように、プラントを定期的に検査したり、燃料から過剰な燃料粒子を除去したりできます。
- 製造業者の指示に従って、定期的にシステムメンテナンスを行います
- 個々のタスク領域のジョブの説明、責任、および承認を含む、操作担当者用の詳細なジョブ仕様です

**不具合が発生した場合の手順** は、メーカーの取扱説明書に記載されていません。緊急時に迅速に対応するためには、主なマルファンクション（停電、バイオマスボイラーの故障、燃料供給の中断など）に対応できるように特別に準備する必要があります。正常な機能とその治療方法に関する知識を理解することで、多くの合併症を事前に防止できます。

### 17.3 メンテナンス：

#### 17.3.1 一般

メンテナンスには、サービス、点検（監視）、修理（維持）、プラント技術の改善が含まれます。

メンテナンスの目的は、簡単で経済的、トラブルのない、最適で環境に優しい運転、高い年間利用率、システムとそのコンポーネントの価値の維持です。

オペレーションジャーナルを保持することで、最も重要なメンテナンスステップの時間経過をいつでも追跡できます。これが、必要な保守対策の調整と計画の基礎となります。状態ベースの予知保全には、特に、重要なポイント（ボイラーチューブ、ファイアクレイ、火格子/火格子要素、配送ユニット、ポンプ、ファンなど）での壁の厚さと摩耗の測定、および漏れの警告と



安全装置、圧力維持（補給量）および熱伝達媒体の品質の定期的なチェック。これにより、システムの耐用年数が長くなり、修理およびメンテナンスコストが削減されます。

暖房ネットワークを備えたバイオマス暖房プラントを運営することの経済的実行可能性は、維持費に強く影響され、計画段階ですでに考慮に入れられなければなりません。（第3章も参照）。

メンテナンスの割合は、投資コストに関連していることがよくあります。図17.1では、メンテナンスコストは熱発生による投資コストの4%に相当します。その他の情報については、10.3章を参照してください

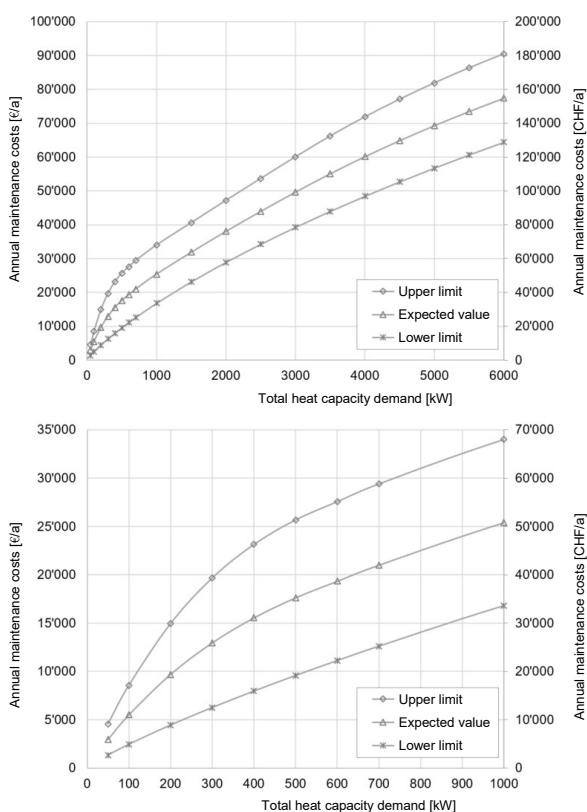


図17.1システムの総熱容量需要に対するメンテナンスの年間支出（経験値=投資コストの4%は[123]に基づいて算出。上記の合計範囲は以下...小出力範囲の詳細セクション）を示しています。

暖房ネットワークを備えたバイオマス暖房プラントを運営する経済的実行可能性は、維持費に強く影響され、計画段階ですでに考慮に入れられている必要があります（第3章も参照）。

### 17.3.2 点検整備

サービスと検査には、粒子分離器の可用性のチェック、障害の修正、クリーニングや潤滑などのサービス、システムコンポーネントの定期的な機能チェック、個々のシステムコンポーネントのメーカーによる

定期的なサービスなどの運用監視が含まれます。バイオマスボイラーや粒子分離器のサービス契約、ボイラーの定期清掃、煙突掃除による煙突システムの整備がこの目的に役立ちます。定期検査に加えて、法的に義務付けられているすべての定期検査を実施し、文書化する必要があります（たとえば、防火、つり上げ装置、自動ゲート、車両、防火および消火設備、非常灯など）。社内検査の形でこれが許容されない場合は、適切な認証機関に委託する必要があります。

図17.1によれば、熱発生の投資コストの2%を指針として、メンテナンスおよび点検を実施しています。これは、総メンテナンスコストの半分を占めています。その他の情報については、10.3章を参照してください

#### 低メンテナンス作業

バイオマスボイラーシステムをトラブルのない操作に加えて少ないメンテナンスで操作できるようにするには、ボイラーの洗浄に必要な労力を最小限に抑える必要があります。

これには、ボイラチューブの自動洗浄と燃焼室からの灰の自動排出が必要です。

#### ボイラ空気圧清掃

堆肥処理から残された灰や異物は、以下の場所に堆積します。これらは、作業員または煙突の掃引によって定期的に清掃する必要があります。

- 熱交換器は、ボイラーまたは下流熱交換器（飛灰）とバップルチャンバーを通過します
- バーンアウト（燃え尽き）ゾーン
- 燃焼室（灰の格子）は、供給不足の場合は燃え尽きのレトリートの周囲、火格子点火システムの場合は火格子の端にあります
- 火格子（灰）の下、またはバーンアウトレトリートの下にあります

ボイラー供給業者の作業文書には、ボイラーの清掃に関する記述と、洗浄が必要な頻度が記載されています。清掃間隔は、燃料、火格子上の燃料の燃焼挙動（画期的な発見やホットスポットなしの安定した燃料ベッド）、作動モード、およびシステムの状態によって異なります。

システムの汚染状態を示す良好なインジケータは、排ガスの温度であるため、定期的に点検する必要があります。熱交換器の表面が汚れていると、加熱水への熱伝導が悪化します。その結果、排ガス温度が上昇し、その結果、排ガスの損失が大きくなります。ボイラの清掃は、排ガス温度が20 K-30 K上昇したときに必要である。通常、この間隔は2~3週間である。

自動空圧または機械式ボイラチューブクリーニングを使用すると、2つの手動ボイラー洗浄の間隔を、全負荷運転時の数値から2500~3000時間/分または半年間隔に増やすことができます（第5.5章も参照）。

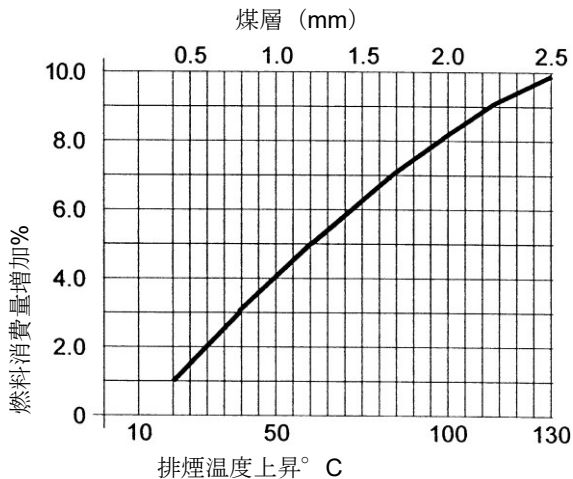


図17.2熱交換器のすす層、燃料消費量の増加、ボイラーの排ガス温度の上昇の関係を示します。

次の自動システムコンポーネントを使用すると、追加のクリーニングを大幅に削減できます。

- 火格子燃焼システムにおける火格子通過ための灰除去
- アンダーフィードおよび火格子燃焼システムの耐火灰除去

#### 保守契約（サービス契約）

保守契約（サービス契約）では、プラントサプライヤによるプラントコンポーネントの永久保守について合意します。

定期的なメンテナンスにより、システムコンポーネントの損傷を受けないように、問題のない操作を保証する必要があります。摩耗した部品を交換することで、技術的な機能が保証されます。

#### 自動バイオマスボイラーシステムの保守契約の範囲

2年以内に、自動バイオマスボイラーシステムで以下の保守作業を実施する必要があります。（第5章も参照）。

- **リビジョン**：設備の見直しの際、システムコンポーネントは搬送システム、燃焼室、炉の火格子、ボイラー、安全装置の磨耗や破損、機能効率をチェックします。
- **排出ガスのメンテナンス**：排ガスメンテナンス中、燃焼品質、燃焼効率、制御、バックファイア予防や安全サーモスタットなどの安全装置に関して、システムの機能が点検されます。燃焼制御の新しい設定を指定する必要がある場合があります。

ボイラー製造者による追加のリモートメンテナンスは、操作担当者がトラブルシューティングおよび最適化操作を行うための重要なサポートであり、次の作業を含みます。

- リモート診断
- コントローラ

- 電話でのリモートアクセスとアドバイス
- 遠隔操作

保守契約により、このサービスの継続性が保証されます。このようにして、誤動作を最小限に抑えるか、リモートで即座に修復できます。操作の安全性が向上しています。その他の情報については、16章を参照してください

#### 契約パートナー

システムの規模や複雑さ、主契約者の数に応じて、バイオマス加熱システムの保守契約が複数必要です。可能な契約者は次のとおりです。

- バイオマスボイラーの製造会社
- サイロ骨材の製造業者（サイロの充填と排出、倉庫）
- 排気処理メーカー
- 油圧インテグレーションのメーカー
- 制御または建物管理システムのメーカー
- 製品に依存しない専門企業

保守契約は、上記のすべての会社と締結する必要がある場合があります。それぞれの保守契約に含まれるサービスは、互いに協調して行われるものとします。

#### 契約の内容

サービス契約には、次のポイントが含まれている必要があります。

- 目的
- サービスと成果物の明確な説明（保証も可能です！）
- 除外と例外の説明
- 時間単価と手当、および元契約のリスト
- コスト
- 有効性と期間
- キャンセル（Cancel）
- 改装済み
- 緊急時の電話連絡先および代理店への連絡先
- オペレータの義務
- 起業家の権利

### 17.3.3 修理と改善

燃焼室のライニング、格子状エレメント、同じ最先端技術を持つポンプなどのシステムコンポーネントの定期交換は、メンテナンスと呼ばれます。一方、システムコンポーネントが新しい最先端のテクノロジーに置き換えられた場合、これは改善に相当します。

図17.1によれば、熱発生投資コストの2%を指針として、メンテナンスおよび点検を実施しています。これは、総メンテナンスコストの半分を占めていますその他の情報については、10.3章を参照してください

## 17.4 労働安全に対する注意事項

作業員の職業上の安全性は、火災や爆発の防止に関して、対応する設備部品の安全装備に関する各国固有の要件を遵守し、遵守することによって決定されます（第19章も参照）。

また、労働衛生には労働者の健康に大きな影響を与えるため、職業衛生にも十分な注意を払う必要があります。バイオマス加熱プラントの操業担当者は、健康に関連する次のようなミッションと影響を受けます。

- ボイラー洗浄、灰処理、排煙システムおよび灰除去システムのメンテナンス作業中の灰の粉塵です
- 燃料貯蔵エリアには、燃料の除去、燃料の取り扱い、燃料輸送システムのメンテナンス作業中に発生する木材の粉塵が含まれています。
- 燃料貯蔵エリアには、燃料の除去、燃料の取り扱い、燃料輸送システムのメンテナンス作業中に発生する木材の粉塵が含まれています。
- ノイズ
- 燃料貯蔵エリアと隣接する部屋には発酵ガスがあります
- ペレットの中に一酸化炭素が含まれています
- 高温または高温放射のあるシステム部品

灰塵、木屑、カビ胞子には、呼吸しやすい微粒子が含まれているため、肺の機能が損なわれる可能性があります。木製の塵および型のスポーツはアレルギーを引き起こすことができ、人の信頼された健康を弱めることができます。作業員は、次の注意事項を遵守する必要があります。

- 灰や木くず、カビの胞子のミッションにさらされた場合は、保護マスクを着用してください
- ノイズレベルが高い場合は、保護具を使用します
- 燃料貯蔵エリアや室内に入る前に、十分な換気を行い、大量の発酵ガスを発生させて窒息を防止します
- 収納室のパンフレット「[Lagerung von Holzpelets] [67]の安全規則に準拠しています 毒性CO濃度による事故を防止するために、ペレット保管施設に入る際には規制を遵守する必要があります。
- プラント部品を取り扱う場合、または高温になるプラントコンポーネントのすぐ近くで作業する場合は、火傷を防ぐために、予防シールドを使用して適切な保護服を着用してください。
- 電気駆動システム部品のトラブルシューティングまたはメンテナンス作業中に、電源をオフにしたり、電源を中断したりします。

## 17.5 保険

バイオマス暖房設備の長期的な経済運営を確保するためには、常に適切な保険制度を講じなければなりません。これは特に重要です

契約上の熱供給義務が顧客契約で指定されることが多いためです。どのような暖房設備でも、予期しない故障や熱供給の中断が発生する可能性があります。次の保険が可能：

- 建物（建設中）
- 火災
- 火災、動作の中断
- 機械が破損
- 機械の破損、運転の中断
- 公共の責任
- 自然な危険性

専門家と協力して、正確なリスク評価を実施することをお勧めします。

その他の保険ポイントは次のとおりです。

- 損害が発生した場合の付随費用の共同保険
- クレームが発生した場合の付随費用の共同保険
- 法的保護
- パイプライン

なお、バイオマスDHプラントの暖房設備との枠組み保証契約が、次の範囲で締結できるかどうかを確認することをお勧めします（他の保険に含まれていない場合）。

- 建物保険（通常は必須です）
- 内容保険
- 事業中断保険
- 追加コストのビジネス中断保険
- 賠償責任保険
- 刑事法保護特別保険

保険契約の契約は、厳密に遵守する必要があります。すべての法的要件（特に定期的な検査と文書化-第17.3.2章）に加えて、保険会社が課される追加要件を遵守して、無者保険をカバーする必要があります。

## 18 既存設備の最適化と改修

### 18.1 説明

バイオマスDHプラントのQMのフレームワーク内で計画および実現される新しいプラントは、第16章「稼働開始からの年数」で説明されている運用の最適化を実行します。このプロセスでは、熱ネットワークの最新の開発段階で、バイオマスDHプラントのQMの技術的および経済的目標値にプラントが到達しているかどうかをチェックされます。これらの仕様および目標値に従って設備を製造する場合、この評価に必要な運転データを使用できます。

この章は、QM for Biomass DHプラントが関与しているかどうかに関係なく、数年間稼働してきた既存のプラントを対象としています。既存のプラントを持続可能な状態に保つためには、熱生成とその分離の最も重要なプラントコンポーネントを、技術と経済効率に関して定期的に検討し、最適化の可能性を特定して活用する必要があります。熱供給の高密度化または拡大、最新の技術革新、より厳しい排出制限や化石燃料の禁止または受け入れの低下、システムコンポーネントの摩耗および損傷などの新しい法的規制、運用上の問題やシステム障害、または新しい所有形態の構造が蓄積されると、システムの詳細なレビュー（現状の分析）が開始される可能性があります。これは、特定のコンポーネントを最適化が必要があること（既存設備の最適化）、または個々のコンポーネントまたはプラント全体を再調整が必要があること（既存設備の改修）を示している場合があります。

次の章では、手順、ツール、および測定について説明し、プランナがプラントの最適化および/または再分岐を行う際に、プラントオペレーションスタッフをサポートする方法を示します。開始点は常に18.2章に従った現状維持分析であり、18.3.2章に従ってプラントの改修を行う場合に拡張されます。

## 18.2 既存設備の最適化

### 18.2.1 手順

既存のシステムを最適化するには、次の手順を実行する必要があります。

- 既存の技術と現在の経済状況を現状のまま分析します
- 可能であれば、ベンチマーク比較によって現状維持分析の結果を評価する
- 費用/利益分析による最適化対策の特定、必要なサブエリアの詳細な説明。

- 最適化対策の実施と成功の監視。

最適化は専門家が実施する必要があります。ターゲット指向で信頼性の高い結果を得るには、運用スタッフとの連携が必要です。必要な情報を提供する必要があります。何らかの安全関連の欠陥が検出された場合、システムの責任者に通知する義務があるため、対応する欠陥を直ちに書面で通知する必要があります。

### 18.2.2 技術と経済の現状分析

すべての分析の基礎は、最新の包括的なデータベースと将来の開発の見積もりです。したがって、現状維持分析では、以下に示す最も包括的なデータと情報を得る必要があります。

#### プラントの一般的な状態

設備の評価に関連するのは、設備の全般的な状態、設備の技術および機器の状態、現在の状況および考えられる問題の一般的な説明です。これらが以下の点で詳細に説明されていない場合は、これらの説明を参照してください。現在または将来の拡張計画に対応します。プラントツアーでは、現在の状態の概要を説明します。

#### 熱源

- 熱源の説明
- 建設年および一般条件、公称出力、追加コンポーネント（微細ダストセパレータ、エコノマイザなど）、排出ガス測定、不具合の記録、修理などが含まれます
- 需要の評価と適切なシステム選択のためにExcelツールに必要な基本データと年間データ（第11章を参照）。
- 運転の最適化の範囲内で必要な操作データ（第16章を参照）
- 水流系統図、WE標準回路、機能/制御の説明
- 暖房設備や敷地内でのスペースの利用、増設の可能性を検討
- 燃料貯蔵を含む加熱システムの安全面を点検（第19章の国別規制）。

#### 燃料と灰

- 燃料供給と灰の処分を行います
- 運転年の燃料要件（量、タイプ、品質）です。
- 燃料品質は燃料供給契約に準拠しています
- 燃料分析と燃料品質の分類は、バイオマスDHプラントのQMに適合しています（第4章）。
- 蓄熱容量（総容量）、サイロの正味容量、倉庫、外部ストレージ領域
- サイロの領域での動作不良の記録、および燃焼システムおよび灰搬送システムまでの燃料輸送が記録されます

## 熱供給

- 配管の寸法と温度レベルを示すネットワーク計画
- 需要の評価と適切なシステム選択のためにExcelツールに必要な基本データと年間データ（第 11章を参照）。
- 運転の最適化の範囲内で必要な操作データ（第 16章を参照）
- 加熱ネットワークの一般的な状態、漏れ監視、熱伝達ステーション、および水質
- 必要な補充量を記録
- 一般的な伝熱ステーションの水流系統図

## 運用と保守（保守、点検、修理、改善）

- 17.3.2章に従って、年1回の整備が必要です
- 17.3.3章に従って、年1回のメンテナンスと改善が必要な平均値です

## 契約上および法的な枠組み

- 責任を負う機関であり、プラントオペレータの法的な形式
- 燃料供給契約
- 技術的な接続規制および関税モデルとの熱供給契約
- 曲線（例：右方向）
- サードパーティに提供されるサービス（システム運用/サポート、熱請求など）の契約
- 法的規制（排出ガス規制、安全衛生規制、および第 19章に基づくその他の規制）に準拠しています。
- 設備運用の組織

## 経済効率

- 収益性計算のすべての基本データ（ツール収益性計算（第 10章）を参照）
- 効果的なエネルギーコスト、運用コスト、保守コスト、接続料金、熱販売による収入を実現します
- 今後5～10年の開発を予測します

## 熱発生と熱分布の動作を調査

動作動作の記録は、第 16章と第8章に基づく動作の最適化に向けて調整する必要があります。運転動作の記録は、暖房設備と暖房ネットワークが装備されている測定機器と、動作データを視覚化できる形態によって大きく異なります。最良の場合は、操作制御システムを監視することで実行できます（16.3章を参照）。動作データがほとんど記録されていない場合、動作動作の評価は次の基準に基づいて行われる必要があります。

- 運用スタッフを観察します
- 冬季、移行期、夏季の特定の日を対象とした観測です。

- 冬の指定日、移行期間、および合計での一時的な目標測定値。例えば、QS Support Holzfeuerungen [140]に従って、長期的な測定値を使用します

## 18.2.3 現状維持分析の評価

以下では、バイオマスDHプラントのQMの特性値に、現状維持分析の結果をどのように関連付けるかについて、さまざまな可能性を説明します。

### 需要の評価と適切なシステム選択を行うためのExcelツール

需要評価および適切なシステム選択用のExcelツール [109] では、プラントの最も重要な主要な数値が計算され、バイオマスDHプラントのQMの特性値と比較されます。これにより、次のような大まかな記述が可能になります。

- バイオマスボイラーの全負荷運転時間熱源にはどのような出力が確保されていますか？
- 年間の熱生産におけるバイオマスの割合はどの程度ですか？
- 蓄熱タンクの容量は十分ですか？
- 夏には（最小の）バイオマスボイラーの運転が許容されますか？
- 熱ネットワークの接続密度は表面的ですか？
- 熱分配損失はどのくらい高くなっていますか？
- 燃料貯蔵の供給自律はどの程度ですか？
- 最大規模のバイオマスボイラーが故障した場合の熱供給の信頼性はどの程度ですか？

### マイルストーンMS5に従って運用を最適化

第 16章に従って運用データと行動の収集を実行できる場合は、Excelツールを使用して需要評価と適切なシステム選択を行うことで、プラントの最も重要な主要な数値を作成することもできます。次のような、操作動作に関するその他の記述も可能です。

- システムの動作は、機能の説明と同じですか？どこで逸脱していますか？
- 燃焼室のライニング、アーチブロック、火格子エレメント、灰スクリーなどのコンポーネントのシステム摩耗が増加しているか、耐用年数が短くなっていますか？
- 加熱ネットワークで高負荷ピークと負荷低減が発生していますか？
- 電気集塵機は、予測された年1回の可用性を達成していますか？
- システムの消費電力は予想範囲内ですか？

運用の最適化を実行するための役立つヒントについては、FAQ 8 [141]を参照してください



メンテナンスおよびサービスのコスト（第17章を参照）

保守および修理の平均年間コストに関する情報が入手可能な場合、これらの値は対応する図と一緒に計算されるため、次のような記述が可能になります。

- 平均年間サービスコストは、以前の予測範囲内ですか？
- これらのコストを削減する可能性はありますか。
- 修理の平均年間コスト（メンテナンス）は予想範囲内ですか？
- これらは運用の最適化によって削減できますか。

Excelツール「Erneuerung Holzenergieanlagen」

（バイオマス地区加熱プラントの再利用）：

コンサルティングツール「Erneuerung Holzenergieanlagen」で使用します。

[16] 熱発生、熱分布、経済効率に関する最も重要な技術データが入力されます。このツールは、最も重要な技術的および経済的データを計算し、それらをバイオマスDHプラントのQMの目標値と比較します。結果もグラフィック表示されるため、システムの特徴値が予測範囲内にあるか、上限値または下限値を超えているか、下回っているかをすばやく認識できます。結果、および可能な最適化または再生の手段については、プラントのオペレータに相談してください。

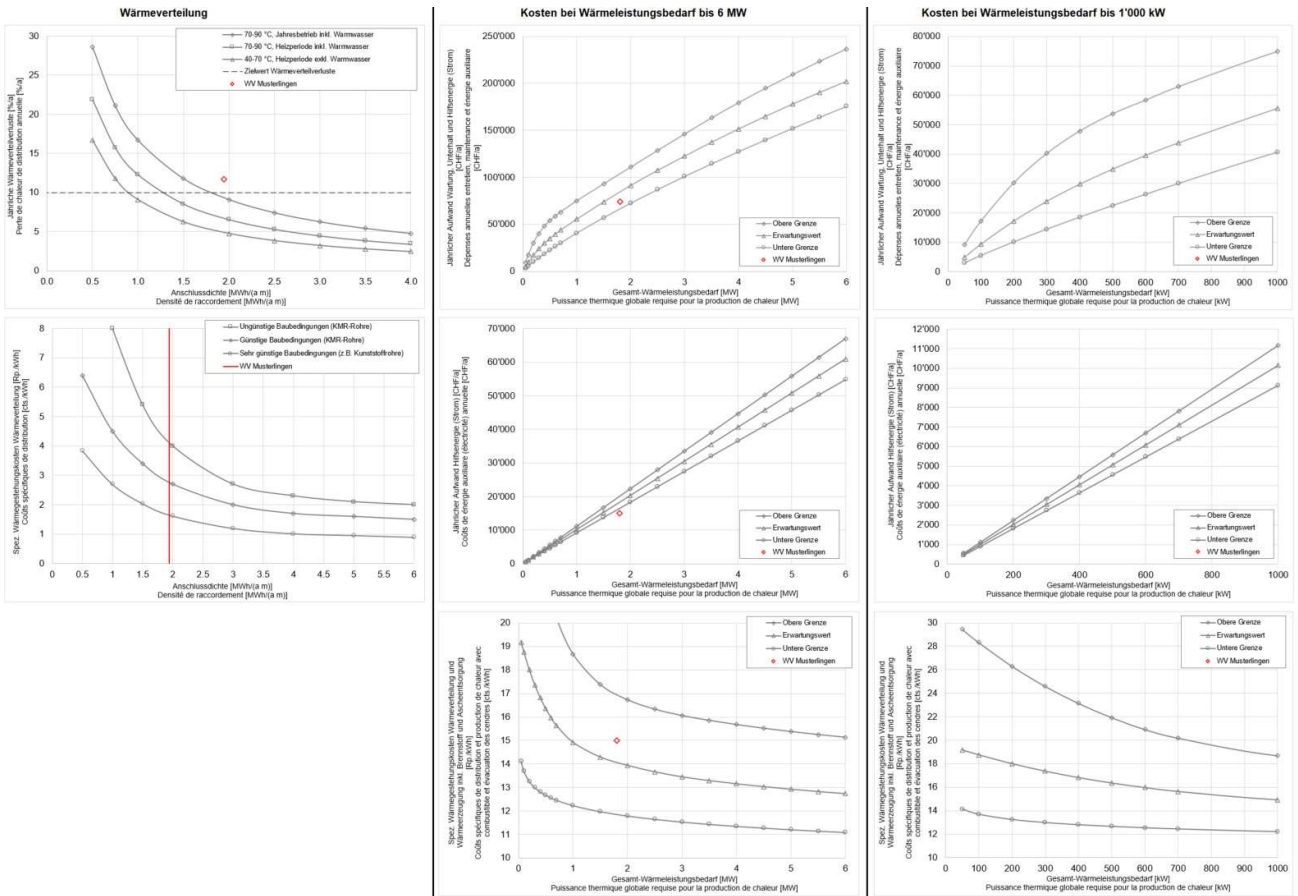


図18.1コンサルティングツール「Erneuerung Holzenergieanlagen」のエクゼンプラトリグラフ [16]を参照。

**オーストリアのQマネージャによる暖房設備に関する相談**

オーストリアでは、(古い) バイオマスDHプラントに関する協議は、連邦政府または州の支援プログラムの枠組みの中で行われます。これらの協議は、独立した元々のエキスパート (Klima aktiv QM HeizwerkeのQマネージャ) によって実施されます。また、プラントデータや関連するドキュメントの調査についても、専門家が1日で工場の検査を実施しています。最後に、最適化対策の推奨事項を記載したレポートが提出されます。

**QM Heizwerkeデータベース内の動作データとベンチマーク比較**

オーストリアでは、QMプロセスはKlima AK-Tiv QM Heizwerkeデータベースによってサポートされています。このデータベースでは、関連するすべての技術的および経済的なプラントデータが記録され、ドキュメント化されます。

(2.3.6章を参照してください)。これには、最も重要な運用データの必須の年次開示も含まれます。これに基づき、重要な数値は自動計算され、他の暖房設備(ベンチマーク)の目標値と比較するために準備されています。これは、運転スタッフ、プランナー、Qマネージャの情報です。図18.2は、プラント全体の特定の電力消費に関する暖房設備のベンチマークの例を示しています。

Klima aktiv QM Heizwerkeのプログラム管理サービスの目的は、特にプラントの現状の概要(および過去数年間の開発)を運用スタッフに提供することです。そして、お客様の設備の運転データに対処するように動機付けます([142]も参照)。ベンチマークを活用することで、各サイト固有のフレームワーク条件(必要に応じて専門家のサポートが必要)内で最適化の可能性を特定できます。

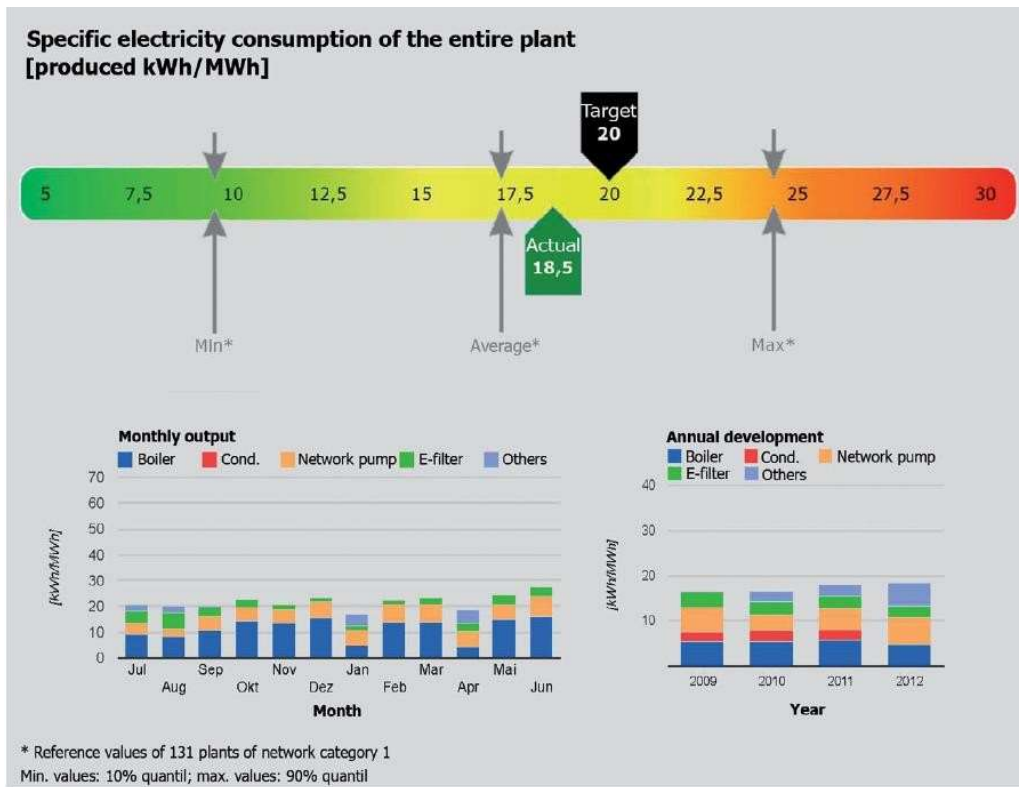


図18.2 Klima aktiv QM Heizwerkeベンチマークの評価例 (出典 : AEE INTEC)。

**バイオマス加熱プラントの品質分析**

ドイツのバイオマスDHプラントの場合、C.A.R.M.E.E.V.では、オペレータにいわゆる運用分析(「BE-Triebsanalyse」)[143]を提供していますこの手順はオーストリアで実施された暖房設備に関する協議に基づいています。分析の範囲は、運用担当者のニーズに合わせて個別に調整できます。

**Excelツール 経済的利益率の計算 :**

経済収益性計算ツール[144]は、プラントの現在の経済的側面と、今後の可能性のある発展を詳細に示してい

ます。最適化の推奨は行われませんが、非常に簡単に実行できます

コスト削減または歩留まり向上のための措置/投資が、設備の経済効率にどのように影響するかを示します。

**詳細な説明**

文書の評価と現状分析の結果から、次のような詳細な説明が必要であると結論付けることができます。

- プラントの訪問/点検と典型的な転送ステーション
- 選択した追加の測定値を使用して、動作の詳細な評価を行います

- THENA [106]、Sophena、 [102]Excess consumption [145] などの解析ツールを使用して、熱ネットワークの詳細な解析を行います。
  - 欠陥のある伝熱ステーションを特定します
  - 既存の地域暖房ネットワークブランチの潜在的な可能性を特定し、追加顧客との接続を可能にします

## 18.2.4 既存設備の最適化のための測定値

### 18.2.4.1 コスト削減の手段

多くの場合、既存設備の最適化は経済効率の欠如によって引き起こされます。次に、最初はコストを削減するための対策に重点を置きます。コストをカバーする対策には、次のものがあります。

#### 準拠した燃料品質を確保

低価格の低品質燃料分類を使用しても、燃焼システムの仕様を満たしていないと、動作不良、メンテナンスおよび摩耗の増加、許容できない排ガスが発生し、システムの経済効率が悪化する可能性があります。測定値：

- 燃料の品質の分析
- 輸送システムおよび燃焼タイプに適した燃料品質を使用
- 水の含有量の頻繁なテスト、定期的な微粉、過不足、および外国の含有量のテストが含まれます
- 非準拠燃料を常に拒否しています。

#### 燃料消費量を削減

- バイオマスボイラーの年間効率を高めます。
  - 適切なパワーコントロールと十分に膨張した蓄熱タンクを組み合わせることで、長時間の運転が可能になります（必要に応じて、蓄熱管理付きの蓄熱タンクを改造します）。
  - 燃焼システムの供給業者（燃焼制御の作動時間、エアステージング、排煙再循環）、年次フォローアップチェック、酸素濃度測定（O<sub>2</sub>プローブ、ラムダプローブ）を定期的に点検し、漏れがないか点検し、エア侵入がないか点検して、すべての出力範囲で排ガス内の残留酸素含有量を減らします。
  - 排ガス温度を継続的に監視し、適切な自動ボイラー洗浄手段を使用して、または必要に応じてボイラーの洗浄間隔を短くして、ガス温度を下げます。
  - 効率向上のための対策（エコノイザー、排ガスの近代化など）の見直しを確認してください。
  - バイオマスボイラーの作動が、夏の乾燥燃料での作動要件を満たしているかどうかを確認します。そうでない場合は、次の手順を実行します。
    - 可能であれば、ガスまたは液体バイオ燃料で稼働する既存の化石ボイラーを使用して、夏にシステムを運用します。
    - 夏の運転のためのより小さいバイオマスのボイラーの改装を点検しなさい
    - 夏の運転のための代わりとなる分散型家庭用温水供給を検査しなさい

ヒータネットワークを夏に作動させないでください。

- 加熱ネットワークの損失を低減します。
  - ヒータネットの流量温度を調節します。天候に応じて作動し、必要最小限の温度レベルまで下げます。
  - 加熱ネットワークの戻り温度を下げます：
    - 熱消費者の分析に基づいて不良な熱伝達ステーションを特定し、消費電力を抑えます（「ディストリクト・ヒーティング・ネットワークの計画作成のハンドブック [19] 10章」）。
    - 一次側の機器を熱変換ステーションで確認します
    - 二次側的水流改造
  - 最大許容リターン温度に関して、熱変換ステーションの技術的な接続規制を実施するか、必要に応じて導入します。暖房ネットワークの接続密度が低すぎる場合は、夏季運転用の代替の分散型家庭用温水供給を点検し、夏季には暖房ネットワークを使用しないでください。
  - 暖房の網仕事を拡大するか、またはパイプラインを取り替えるとき最も高い規格が付いている地域暖房管を使用しなさい。

#### メンテナンスと修理のコストを削減

- 排ガス温度を観察して、手動クリーニング間隔を最適化します。補助デバイスを使用します
- 可能な場合は持続可能な改造により、手動の清掃作業を自動化する
- バイオマスボイラーの自動点火の再取付けを点検します
- 準拠した燃料品質により、燃料搬送システムの中断を低減します。燃料トランスポートシステム内のセンサを最適な位置に配置し、適切に調整します
- システムコンポーネントの定期点検/改訂（損傷の早期検出および修理のためのサービス契約）を行います。
- 損傷（腐食、熱量計および継手への堆積、ボイラー部分の過熱）を防ぐために、高品質の水（熱伝導媒体）を確保します。
- システムの低摩耗および低メンテナンス動作を保証します。
  - 制御パラメータを適切に設定することで、ホットスポット（火山）やシンダを形成せずに、安定した燃料床でバイオマスボイラーを常時稼働させることができます
  - 適切な蓄熱管理を備えた蓄熱タンクを改造することで、始動/停止フェーズがほとんどなく、長時間の連続ボイラー運転時間を実現します。

#### 電力消費コストを削減

- 可能であれば、地域暖房ネットワークの流量と戻り温度の間の高温差を、減少する対策によって目標とします

地域加熱ネットワークの戻り温度（一次側）です。

- 公称出力で15 Kのバイオマスボイラーの流量とリターンの最大温度差を目指します
- キャピラリーポンプに適切な差圧制御を適用します
- 冬および夏の運転には、それぞれの容量式ポンプの適切な寸法を適用します。
- エネルギー効率に優れたドライブと集合体（ファン、ポンプ、コンベア技術、コンプレッサなど）を使用します。
- ファンにはバタフライバルブの代わりにスピードコントロールを使用します。
- 油圧配管や流路ガスダクトに不要な圧力損失が発生しないようにしてください
- 燃焼システム、粉塵集塵システム、および排煙管に空気が誤って侵入することは避けてください
- 圧縮空気の漏れを避けてください

#### 18.2.4.2 利益増加のための措置

また、経済効率が不十分であるためには、歩留まりの向上も必要となります。次のようなものがあります：

##### 料金モデルを確認

- 熱供給契約（関税モデルおよび関税設計）を確認し、必要に応じて調整します。
  - 年間利回りの天候依存度を低減します
  - 適切なインデックスを使用して料金を調整します

##### 熱量計の精度を確保

- 高い水質を維持します。
  - 水処理装置（磁気フローフィルター、脱気など）が適切に機能していることを確認します。必要に応じて、機器を後付けします。
  - 水質を定期的にチェックしてください
- 熱量計の正しい位置を確認し、法的要件に従って熱量計を再キャリブレーションします。

##### 熱源および分配ネットワークの高密度化では、容量の予備をタップします

- 適切なネットワーク分析ツール（など）を使用して、加熱ネットワークまたはブランチ内の容量の予備を確認します THENA[106] またはその他）を参照してください。
- 既存の熱ネットワークの周辺で適切な顧客を獲得することで、ネットワークの高密度化を実現します

##### 熱の発生と分配の拡大-ネットワークの拡大

- 適切なネットワーク分析ツールを使用して、加熱ネットワークの残りの予備を表示し、潜在的な顧客をより正確に特定できます。加熱ネットワークの拡張は、バイオマスDHプラントのQMの技術パラメータと契約上保証されている場合のみ考慮する必要があります

タップする新しい熱電位の60%の熱供給が達成されます。

- バイオマスボイラーまたはボイラーが定格容量に達していることを確認します
- 熱発生量を拡大します。
  - 燃料供給容量をチェック
  - ボイラ室のスペースを調べて、バイオマスボイラーを追加したり、既存のバイオマスボイラーを大型バイオマスボイラーに交換したりします。
  - 既存のバイオマスボイラーの年間フルロード運転時間が予想される回数に達した場合にのみ実施してください

#### 18.2.4.3 さらになる対策

その他の対策についても検討し、以下の点を含めてください。

##### 熱供給の操作安全とセキュリティを確保します

- 人と機械の安全上の問題の分析と排除
- 化石燃料ボイラーを使用しない熱源では、移動式の外部加熱システムを使用するための接続を提供します。
- 休日や病気のために欠勤が発生した場合に、業務を保証するような運用組織を設定します。

##### 年間の熱生産における再生可能エネルギーの割合は高くなっています

- 化石燃料ボイラーは、ピーク負荷需要時に絶対に必要な場合のみ作動し、できるだけ早くスイッチを切ります。

##### 排出ガスを削減

- 上記の対策は、バイオマスボイラーの定常運転時および定常運転時の望ましくない排出量を削減するのに役立ちます。
- バイオマス燃焼システムの受け入れを積極的に推進するために、法的要件が厳しくなくても、ダスト沈殿物の再フィッティングを検討します。

##### 商業的/行政的手段

- 支出とコスト構造、および可能性のあるコスト削減について定期的にレビューします
- 必要に応じて、財務の再編成を行います
- 関税と共同の電気購入/プーリングを比較することで、電気料金を最適化します（例：運営者団体）。認定されたグリーン電力を優先する必要があります。
- 予備部品の保管、共同灰処理、燃料の購入など、複数の工場が協力しています
- 保険料などの経費を最適化します
- ソフトウェアツールを使用して、熱請求と運用管理を簡素化します

## 18.3 既存設備の最適化

### 18.3.1 はじめに

18.2章に記載されている既存のプラントの分析と評価は、既存の熱生成および熱分布のプラントコンポーネントを最適化し、システム全体の技術的および経済的な状況を改善することを目的としています。ただし、この評価では、個々のプラントコンポーネント、または工場全体を改装する必要があると結論付けることもできます。ほとんどの場合、これは熱源領域に関係します。

以下の理由により、システムの事前分析がなくても、個々のコンポーネントの改造、熱源システムの部分的または完全な改修につながる可能性があります。

- 経済的な問題が継続しています
- コンポーネントまたはバイオマスボイラーの予想耐用年数が終了しました
- 法的規制の変更。例えば、排出制限、熱貯蔵義務、粉塵堆積物の入手可能性、化石燃料の使用制限などに関する証拠を提供する義務があります
- 中央加熱プラントの近くの環境で、騒音や異臭が発生したため、近隣で苦情が寄せられました
- 公式注文の実施期限が迫っています。たとえば、ダスト前処理や蓄熱タンクの改造などです

既存のプラントを部分的または完全に再フローする場合は、18.2章に示す最適化の可能性を常に調査し、可能であればタップします。

### 18.3.2 修理手順

当初は単一コンポーネントの改修のみを考慮する場合でも、専門家によるプラントの総合的な分析が必要です。既存のプラントの改修を行うには、次の手順を実行する必要があります。

- 既存の技術と現在の経済状況を現状のまま分析します
- 現状分析の結果を評価します
- コスト/利益分析を伴う改修対策の特定（必要に応じて、サブエリアで詳細な説明を行います）と改修戦略の推奨事項。
- 改修戦略を実施し、成功を収めています

既存設備の包括的な改修を検討する場合、基本的には新規設備の実現と同じ手順である。その後、計画ハンドブックのパート3で説明されている計画作成プロセス全体に従う必要があります。一般に、プラントの再生成には、バイオマスDHプラントのQMを使用することをお勧めします。

#### 結果を評価して現状維持分析

第1ステップでは、第18.2.3章に記載されている相談ツール「Erneuerung Holzen-ergieanlagen」を使用して、改修対策の初期優先事項を特定することができます。次のステップでは、章で説明されている技術と経済の詳細な現状分析を

18.2.2を実行する必要があります。結果の評価では、次の側面も考慮に入れる必要があります。

- **デマンドアセスメントと適切なシステムの選択**（第11章を参照してください）：現在のシステムの年間の熱需要と熱容量需要に加えて、潜在的な熱供給エリアの中長期的な開発、つまり将来の熱ビルの改修と住宅、と熱供給分野の産業、商業の将来の開発を考慮に入れる必要があります。将来の開発の最も現実的な評価と、不要で排他的な埋蔵量との間にバランスをとる必要があります。
- **熱分布**（第12章を参照してください）：既存の熱ネットワークの高密度化に加えて、拡張も検討する必要があります。このためには、THENA [106]、Sophena [102]などの分析ツールを使用して、既存の加熱ネットワークの性能電位を詳細に分類する必要があります。既存の加熱ネットワークの近くで他の加熱ネットが作動している場合は、これらのネットワークとの接続も検討する必要があります。加熱ネットワークの状態と想定寿命に関連して、漏れ、パイプバースト、不確実性が高い場合は、専門家や専門企業の協力を得て、加熱ネットワークの詳細な分析を実施することをお勧めします。
- **熱源**（第13章を参照）：分析には、暖房システムの既存のすべてのシステムとコンポーネント、つまり、熱発生器、蓄熱タンク、油圧、ポンプ、燃料と灰の流通、I&Cシステム、プロセスの視覚化を含める必要があります。より詳細な説明が表示されるはずですが、
  - 既存のシステムとコンポーネントがどのような状態にあるか、そしてそれらが中長期的に使用され続けることができるかどうか。
  - 効率性・熱再利用の向上に向けた対策を実現することができます。
  - 既存のストレージ容量が十分かどうか、または追加のストレージ容量が利点をもたらすかどうかを示します。
  - 保守および修理コストを削減するための対策を実施できるかどうかを示します。
  - バイオマス暖房設備からの騒音を低減するための対策を、簡単にすることができます。
  - 臭気の迷惑を回避するための対策を実施できるかどうか（煙突の上昇、燃焼プロセスの最適化）を示します。
  - 代替熱源を直接供給できるかどうかを示します。
  - 制御システムとデータ収集システムを最新化できるかどうかを示します。
  - 段階的な手順が可能かどうか、およびプラントの改修中に熱供給をどのように確保できるかを示します。



- **燃料**（4:章を参照してください）。将来利用可能なバイオマスの可能性がどのように発展するか、また、利用可能な燃料品質が既存および/または新しいコンポーネントに適しているかどうかを明確にする必要があります。
- **暖房システムの構築**：使用されなくなったコンポーネントを加熱システムから再移動する方法と、新しいコンポーネントを導入する方法を明確にする必要があります。必要に応じて、適切な構造的措置を講じる必要があります。
- **経済効率**（第10章を参照）：熱供給契約の分析の一環として、システムオペレータが熱関税を調整できるかどうかを検討する必要があります。
- **法的側面**：法的枠組みの条件（排出制限、承認、許可手続きなど）が変更されたかどうか、また、これがどのようにして潜在的な改修対策に影響するかを明確にする必要があります。

#### 実現可能性調査で改修戦略を示します

実現可能性の調査は費用便益分析によって異なった再生作戦を評価し、次の点を含むべきである：

- 既存の設備の全体的な評価です
  - 既存のプラントの可能性があり
  - 拡張可能な加熱ネットワークです
  - 顧客分析です
  - 政治的、社会的発展です
- 改修対策を確認します（第11.2章を参照）。
- 熱発生のための再生方法を示します。
  - 粒子の沈殿物を改造または再生します
  - 蓄熱タンクの改造、改造、または蓄熱管理の改善を行います
  - 燃料排出システムを変更または交換しなさい
  - 単一または複数のバイオマスボイラーを交換します
  - 改良段階の排ガス再循環（一次/二次）
  - 熱回収を改良しました
  - 暖房プラントの水流最適化
  - 排出除去および灰コンベアシステム（中間灰ストレージを含む）の物流を改善します
  - 新しいヒートキャリア/熱源を統合します
  - 熱発生出力の可能性を確認します
- 熱分散のための改修対策を現在実施しています。
  - プロフェッショナルな顧客獲得と顧客ケアを提供します
  - 展開ステージを定義します
  - 熱回収後の改良のために、リターン温度を低減します
  - 暖房ネットワークの長期的な改装と近代化のコンセプトです。これには、特に配管断面の体系的な改装、供給エリアにおける他の建設活動（道路改修など）との調整、熱交換器、レギュレータ、制御弁、またはハウス移送ステーション全体の再配置が含まれます。
- 個々の改修対策の適切な段階的手順を確認します

- 変換フェーズでプラントの動作がどのように保証されるかを示します
- 新たなサービス（光ファイバーインターネット接続、既存のケーブルパイプヒーターネットワークへのケーブル敷設、追加の冷却ネットワーク、お客様へのサービスの拡張（二次的な最適化または熱交換器の清掃、電気自動車の共有など）を提供します。）
- 共同での改装および改装戦略を推奨します

#### 改修戦略の実施

決定された改修及び改修対策を実施し、パフォーマンスレビューを実施します（例：バイオマスDHプラントのQMによる監視）。

### 18.3.3 改装不可

実現可能性の調査では、技術的または管理的な枠組みの条件のために、改修を実施できない、または非常に困難な状況でのみ実施できると結論付けることができます。その理由としては、暖房設備または敷地内のスペース不足、リース契約の期限切れ、ビルドまたは運転許可の欠落または取得不能、技術的または法的枠組み条件の大幅な変更などが挙げられます。また、改修や必要な資金調達を経済的実行可能性を確保できない可能性があります。このような状況では、施設の将来の運用を確保するために、他の方法を検討する必要があります。

#### 熱発生プラントの新たな建設

既存の熱源プラントの改修が不可能な場合は、既存の地域熱ネットワークの同じ場所または別の場所で、廃止と完全に新しい建設を検討する必要があります。これにより、技術的および経済的な制約を受けることなく、新しい計画プロセスを実行できます。特に、これにより既存の熱ネットワークを高密度化し、元の熱ネットワークにすることが可能になります。新しい熱源プラントの設計により、以下の理由から、低い運転コストと燃料コストでシステムを実現する機会が得られます。

- よりコスト効率の高い燃料分類を使用できます
- 燃料と灰の物流を再定義できます
- 新しいヒートキャリア/熱源を含めることができます
- 年間効率がが高く、メンテナンスや修理にかかるコストが低く、長期的には大きな拡張性を持つ加熱技術とシステム寸法を選択できます。

#### 他のプラントとマージ

また、既存の暖房設備を改修・新規工事ではなく、近隣の別の暖房設備と統合することで、既存の問題を解決できるかどうかを検討する必要があります。もう一方の暖房設備の容量が2つの暖房ネットワークを統合するのに十分でない場合、または拡張電位がすでに枯渇している場合は、両方の暖房ネットワーク用の新しい中央暖房設備を新しい場所に建設できるかどうかを検討できます。

既存の熱生成プラントのすぐ近くに他のいくつかの暖房ネットワークがある場合は、すべての地域暖房ネットワークの統合が考えられ、有利であるかどうかを検討する必要があります。個々の暖房設備を使用して、または適切な場所に新しい中央暖房設備を建設することができます。

### 契約

プラントの再生を実行することの難しさの場合には、建築業者の介入は選択である場合もある。実務経験から、専門の請負業者がプロジェクトに新しいコンセプト、ビジネスモデル、長期的な開発の視点をもたらし、古いプラントの活性化を促進できることが示されています。

専門の請負業者の中には、すでに海草バイオマスのDHプラントや地域暖房ネットワークを運営しているものがあり、既存のプラントの評価と活性化の経験を持っているものもあります。たとえば、一元管理、専門マーケティング、既存の運用スタッフ、既存の燃料サプライチェーンを通じて、相乗効果を使用し、コストを削減できます。

# 付属書

## 19 規制

バイオマス加熱プラントを建設し、運転する際には、さまざまな要件を遵守する必要があります。計画担当者は、法令、基準、ガイドライン、およびその他の遵守すべき規制を把握し、適用する責任があります。フォローは、スイス、ドイツ、オーストリアの関連規制の一部です。国際規制に加えて、国際規制が関連している場合があります。たとえば、国際標準化機構（ISO）、欧州Peen Committee for Standardization（CEN）などです。選択は、次のようなトピックに基づいています。

### 燃料要件

記載されている規制の燃料要件は、燃料がどのタイプの燃料システムに対して許可されるかななどを定義しています。

### 汚染物質の排出量

粉塵や一酸化炭素などの大気汚染物質の排出は、窒素酸化物や二酸化硫黄などに制限されます。通常、限界は、バイオマス加熱プラントの定格熱入力と使用燃料によって異なります。

### 灰

木材灰の輸送、肥料としての利用、および（フィルター）灰の処分は、法律により規制されています。今後、灰をリサイクルする場合は、灰分を大量に採取する必要があります。

### 安全衛生

事故防止は常に重要である。たとえば、木質燃料貯蔵施設に入る人が倒れたり、埋没したり、コンベアシステムによって負傷したりすることを防止する必要があります。湿った燃料を貯蔵することで、サイロ、油圧室、ボイラー室の床に回収できる発酵ガスが生成されます。危険区域には適切な換気装置を設置して、人員の窒息のリスクを回避する必要があります。場合によっては、責任当局が個人保護のためにCO警告装置を規定していることもあります。木材チップの保管枠には、金型の成長の可能性を示す通知を添付し、関連する健康被害を指摘する必要があります。木製ペレットを密閉された空間に保管する場合、一酸化炭素が発生する危険性を示すために注意が必要です。灰の取り扱いには危険と同様に関連する可能性があり、スタッフは適切な対策（粉塵保護など）を講じて保護する必要があります。

### 水流安全装置

安全装置を設置することで、特にボイラーなどの熱発生器の水流システムの温度や圧力の許容できない上昇を防止する必要があります。

### 火災防止

ボイラー室や燃料貯蔵エリアでの火災の発生や広がりには、適切な機器や構造的対策を講じて防止する必要があります。非常口を利用できる必要があります。

### ノイズ保護

バイオマス暖房設備の運転中の音の伝播（空気中の音と構造に由来する音）の影響を常に明確にし、地域の騒音保護規制を遵守する必要があります。騒音の主な源は排気ファン、煙突の上、サイロの放出、伝達および輸送技術であり、適当であれば、現場の木チップ燃料の準備。適切な対策を講じることで、騒音排出量を削減することができます。

### 雷保護システム

バイオマスの暖房設備、機械、および地域の熱ネットワークは、雷およびサージ保護装置によって雷から保護する必要があります。

### 爆発の防止

爆発の危険性が高い危険区域では、建設的な予防措置および運用的予防措置を事前に実施する必要があります。

スイスの規制、条例、基準、ガイドライン

スイスで暖房システムを導入する際には、多くの法的規定、条例、ガイドライン、基準を遵守する必要があります。加熱技術やバイオマスのエネルギー利用に重要な規制を以下に示します。誤りや脱落については一切責任を負いません。法的規制は常に最新バージョンで適用する必要があります。

表19.1スイスの規制、条例、基準、ガイドライン（選択）

Topic	Short title	Title	Description
<b>Demand assessment</b>	SIA-Norm 380/1	Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden	Basics for energy calculations of buildings
	SIA-Norm 384/1 /2	Heizungsanlagen in Gebäuden	Heating systems in buildings
	/3 SIA-Norm 385/1	Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden	Installations for domestic hot water in buildings - Basic principles and requirements
<b>Contractual arrangements</b>	SIA 108	Grundlagen und Anforderungen	Regulations for Services and Fees of Engineers in the Fields of Building Technology, Mechanical and Electrical Engineering
	SIA 112	Ordnung für Leistungen und Honorare der Ingenieureinnen und Ingenieure der Bereichen Gebäudetechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik	Building design
	SIA 118	Modell Bauplanung Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten	General conditions for construction work
<b>Fuel requirements</b>	LRV	Luftreinhalte-Verordnung	Air Pollution Control Ordinance
	EN ISO 17225	Feste Biobrennstoffe (ersetzt EN 14961)	Solid biofuels (replaces EN 14961)
<b>Emission requirements</b>	LRV	Luftreinhalte-Verordnung	Air Pollution Control Ordinance
	Cercl' Air Empfehlung Nr. 31p	Vollzugsblätter Emissionsüberwachung Holzfeuerungen über 70 kW <sub>F<sub>WL</sub></sub>	Enforcement sheets, emission monitoring, biomass firing systems over 70 kW input capacity
<b>Ash</b>	VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen	Ordinance on the Avoidance and Disposal of Waste
	VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen	Ordinance on the Movement of Waste
<b>Safety</b>	Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt	Swiss Accident Insurance Fund
		Grünschnitzsilos (Best. Nr. 66050.D)	Green chips silos (order no. 66050.D)
		Checkliste Grünschnitzsilos (Best. Nr. 67006.D)	Checklist green chips silos
		Checkliste Holzspänesilos (Best. Nr. 67007.D)	Checklist wood shavings silos
		Merkblatt Explosionsschutz (www.suva.ch/2153.d)	Leaflet on explosion prevention
		SUVA 88813 - Die acht lebenswichtigen Regeln der Instandhaltung	The eight vital rules of maintenance
	SWIKI	Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren	Swiss association of Building Services Engineers
		Richtlinie 91-1 Be- und Entlüftung von Heizräumen	Guideline ventilation of boiler rooms
		Richtlinie HE301-01 Sicherheitstechnische Einrichtung für Heizungsanlagen (ersetzt Richtlinie 91-1 mit Ergänzungen Nr.1 und 2)	Guideline safety equipment for heating systems (replaces guideline 91-1 with supplements No.1 and 2)
		BT 102-01 Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen	Water quality for building services installations
SN EN 12779	Richtlinie HE200-01 Lagerung von Holzpellets beim Endkunden	Guideline storage of wood pellets at the end customer's premises	
	Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen - Ortsfeste Absauganlagen für Holzstaub und Späne - Sicherheitstechnische Anforderungen	Safety of woodworking machines - Stationary suction systems for wood dust and chips - Safety requirements	



	DGUV-Information 209-083	Silos für das Lagern von Holzstaub und -spänen - Bauliche Gestaltung, Betrieb	Silos for the storage of wood dust and chips - Structural design, operation
	DGUV-Information 209-045	Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne; Brand- und Explosionsschutz	Extraction systems and silos for wood dust and chips; Fire and explosion prevention
	BGI Informationen 739-2		
	DGV	Druckgeräteverordnung DGV (SR 930.114)	Pressure Equipment Ordinance
	proPellets.ch	Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2018	Recommendations for storing wood pellets
<b>Fire prevention</b>	VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen	Association of Cantonal Fire Insurers
		Brandschutzrichtlinie 24-15 Wärmetechnische Anlagen 104-15 Spänefeuerungen 105-15 Schnitzelfeuerungen 106-15 Pelletsfeuerungen Abgasanlagen ff	Fire Protection Guideline Thermal Systems Shavings furnaces Wood chips furnaces Pellet furnaces Exhaust gas equipment
	Lokale feuerpolizeiliche Vorschriften		Local fire regulations
<b>Noise reduction</b>	LSV	Lärmschutz-Verordnung	Noise Abatement Ordinance
	SIA 181	Schallschutz im Hochbau	Sound insulation in building construction
<b>Chimney cross-section and chimney height</b>	LRV	Luftreinhalte-Verordnung	Air Pollution Control Ordinance
	SIA 384/4	Kamine für den Hausbrand	Chimneys for domestic use
	BAFU	Bundesamt für Umwelt UV-1318-D Mindesthöhe von Kaminen über Dach	Federal Office for the Environment UV-1318-D Minimum height of chimneys above the roof

ドイツの規制、条例、基準、ガイドライン

ドイツで暖房システムを導入する際には、多くの法的規定、条例、ガイドライン、基準を遵守する必要があります。ドイツの法律に加えて、欧州の法的規制や基準もますます重要になってきています。加熱技術やバイオマスのエネルギー利用に重要な規制を以下に示します。誤りや脱落については一切責任を負いません。法的規制は常に最新バージョンで適用する必要があります。

表19.2ドイツの規制、条例、基準、ガイドライン（選択）

Topic	Short title	Title	Description
<b>Demand assessment</b>	GEG	Gebäudeenergiegesetz	Building Energy Act
	DIN EN 12831-1	Heizungsanlagen in Gebäuden	Heating systems in buildings
	DIN V 18599	Energetische Bewertung von Gebäuden	Energy assessment of buildings
	DIN EN ISO 52016-1	Energetische Bewertung von Gebäuden	Energy assessment of buildings
	VDI 2067	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen	Efficiency of technical building systems
<b>Contractual arrangements</b>	BGB	Bürgerliches Gesetzbuch	Civil Code
	VgV	Vergabeverordnung	Procurement Ordinance
	VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen	German Construction Contract Procedures
	AVBFernwärmeV	Verordnung über allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme	Ordinance on general conditions for the supply of district heating
	HeizKV	Verordnung über verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten	Heating Ordinance on consumption-based billing of heating and hot water costs
	HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure	Scale of fees for architects and engineers
<b>Fuel requirements</b>	BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	Federal Immission Control Act
	TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	Instructions on Air Quality Control
	1. BlmSchV	Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen	Ordinance on small and medium-sized combustion plants
	4. BlmSchV	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen	Ordinance on Installations Requiring a Permit
	13. BlmSchV	Verordnung über Grossfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	Ordinance on Large Combustion Plants, Gas Turbines and Internal Combustion Engines
	44. BlmSchV	Verordnung über mittelgrosse Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	Ordinance on medium-sized combustion, gas turbine and internal combustion engine plants
	DIN EN ISO 17225	Biogene Festbrennstoffe (ersetzt DIN EN 14961)	Biogenic solid fuels (replaces DIN EN 14961)
<b>Emission and immission requirements</b>	BlmSchG	see above	see above
	TA Luft		
	1. BlmSchV		
	4. BlmSchV		
	13. BlmSchV		
	44. BlmSchV		
	VDI 2066	Messen von Partikeln	Measurement of particles
	VDI 3462-4	Emissionsminderung	Emissions reduction
	VDI 3253	Emissionen aus stationären Quellen: Methoden zum qualitativen Nachweis des kontinuierlichen effektiven Betriebs von Staubabscheidern bei Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 1 MW und weniger als 5 MW	Emissions from stationary sources: Methods for the qualitative demonstration of the continuous effective operation of dust collectors in combustion plants for solid fuels with a rated thermal input between 1 MW and less than 5 MW
	AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	Ordinance on Installations for Handling Substances Hazardous to Water
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance	

	KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz	German Closed Substance Cycle Waste Management Act	
	DüG	Düngegesetz	Fertiliser Act	
	AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung	Waste Catalogue Ordinance	
	BioAbfV	Bioabfallverordnung	Biowaste Ordinance	
	DepV	Deponieverordnung	Landfill Ordinance	
	DüMV	Düngemittelverordnung	Fertiliser Ordinance	
	DüV	Düngeverordnung	Fertilising Ordinance	
	NachwV	Nachweis-Verordnung	Verification Ordinance	
<b>Safety</b>	UVV	Unfallverhütungsvorschriften	Accident prevention regulations	
	DGUV	DGUV Vorschriften- und Regelwerk	German Statutory Accident Insurance Rules and Regulations	
	MRL	Maschinen-Richtlinie	Machinery Directive	
	DGRL	Druckgeräte-Richtlinie	Pressure Equipment Directive	
	Niederspannungs- RL EMV-RL	Niederspannungsrichtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit-Richtlinie	Low-Voltage Directive Electromagnetic Compatibility Directive	
	REACH	REACH-Verordnung	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals Regulation	
	BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung	Ordinance on Industrial Safety and Health	
	DIN EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen	Safety of machinery	
	DIN EN 303-5	Heizkessel - Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW - Begriffe, Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	Heating boilers - Boilers for solid fuels, manually and automatically fired, nominal heat input not exceeding 500 kW - Definitions, requirements, testing and marking	
	DIN EN 12828	Heizungsanlagen in Gebäuden - Planung von Wasserheizungsanlagen	Heating systems in buildings - Design of water heating systems	
	DIN EN 61000	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	Electromagnetic compatibility (EMC)	
	DIN 4747	Fernwärmeanlagen	District heating systems	
	VDI 2694	Bunker und Silos	Bunkers and silos	
	VDI 2035	Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen	Prevention of damage due to corrosion and scale formation in hot water heating systems	
	VDI 3464	Lagerung von Holzpellets beim Verbraucher - Anforderungen an Lager sowie Herstellung und Anlieferung der Pellets unter Gesundheits- und Sicherheitsaspekten	Storage of wood pellets at the consumer - Requirements for storage as well as production and delivery of the pellets under health and safety aspects	
	AGFW-FW	AGFW-Regelwerk	AGFW Rulebook	
	DEPV	Leitfaden zur Lagerung von Holzpellets	Guideline for the storage of wood pellets	
	<b>Fire and explosion prevention</b>	MBO	Musterbauordnung	Model Building Code
		FeuV	Feuerungsverordnung	Firing Ordinance
		VVB	Verordnung über die Verhütung von Bränden	Ordinance on the Prevention of Fires
ATEX		ATEX-Herstellerrichtlinie, ATEX-Betriebsrichtlinie	ATEX (ATmosphères Explosives) manufacturer's directive, ATEX operating directive	
ISO 8421		Brandschutz, Begriffe	Fire prevention, terms	
DIN EN 1127		Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz	Explosive atmospheres - Explosion prevention	
DIN 4102		Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	Fire behaviour of building materials and components	
VDI 2263		Staubbrände und Staubexplosionen	Dust fires and dust explosions	
<b>Noise protection</b>	BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	Federal Immission Control Act	
	TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm	Technical Instructions for Protection against Noise	
	AGFW-FW	AGFW-Regelwerk	AGFW set of rules	
	TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	Technical Instructions on Air Quality Control	

		Luft	
	DIN EN 13084	Freistehende Schornsteine	Free-standing chimneys
	DIN EN 13384	Abgasanlagen - Wärme- und strömungs- technische Berechnungsverfahren	Exhaust systems - Thermal and fluidic calcula- tion methods
	DIN 1298	Abgasanlagen - Verbindungsstücke für Feue- rungsanlagen	Exhaust systems - Connecting pieces for combustion systems
	DIN 18160	Abgasanlagen	Exhaust systems
	VDI 3781-4	Ableitbedingungen für Abgase	Discharge conditions for exhaust gases
<b>Lightning pro- tection</b>	DIN EN 61643	Überspannungsschutzgeräte für Niederspan- nung	Low-voltage surge protection devices

### オーストリアの規制、条例、基準、ガイドライン

オーストリアで暖房システムを導入する際には、多くの法的規定、条例、ガイドライン、基準を遵守する必要があります。以下は、暖房技術とバイオマスからのエネルギーの利用に関するオーストリアで最も重要な規制の抜粋です。誤りや脱落については一切責任を負いません。

法的規制は常に最新バージョンで適用する必要があります。オーストリアの法律や条例は、<http://www.ris.bka.gv.at>で無料で入手できます全国的に適用される規格およびガイドラインは、次の団体によって、いずれかの人々によって発行されています。

- Austrian Standards Institute (Austrian Standards) - <http://www.austrian-standards.at>
- Austrian Association for Electrical Engineering (ÖVE) - <http://www.ove.at>
- Austrian Board of Trustees for Agricultural Engineering and Rural Development (ÖKL) - <http://www.oekl.at>
- Austrian Noise Abatement Working Group (ÖAL) - <http://www.oal.at>
- Prüfstelle für Brandschutztechnik - <http://www.pruefstelle.at>, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA) - <http://www.auva.at>.

表19.3 オーストリアの規制、条例、基準、ガイドライン (選択)

Topic	Short title	Title	Description
Plant operation	GewO	Gewerbeordnung	Trade regulations
	NSG	Naturschutzgesetze der Länder	Nature conservation laws
Demand assessment and conception	ÖNORM EN ISO 52016	Energetische Bewertung von Gebäuden	Energy assessment of buildings
	ÖNORM EN 12828	Heizungsanlagen in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen	Heating systems in buildings -
	ÖNORM H 5151-1	Planung von zentralen Warmwasser-Heizungsanlagen mit oder ohne Warmwasserbereitung - Teil 1: Gebäude mit einem spezifischen Transmissionsleitwert über 0,5 W/(K·m <sup>2</sup> ) - Ergänzungsnorm zu ÖNORM EN 12828	Design of domestic hot water heating systems
	ÖNORM EN 12831-1	Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast	Heating systems in buildings - Method for calculating the standard heating load
	ÖNORM H 7500-1	Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U-Wert >= 0,5 W/(m <sup>2</sup> · K) - Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831-1	Heating systems in buildings - Procedure for calculation of standard heating load for buildings
	ÖNORM H 7500-3	Heizungssysteme in Gebäuden - Teil 3: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Norm-Gebäudeheizlast	Heating systems in buildings - Part 3: Simplified method for calculation of standard building heating load
	ÖNORM H 5142	Haustechnische Anlagen - Hydraulische Schaltungen für Warmwasser-Heizungsanlagen, Kühlsysteme und solarthermische Anlagen	Building services - hydraulic circuits for hot water heating systems, cooling systems and solar thermal systems
	ÖNORM B 2503	Kanalanlagen - Ergänzende Richtlinien	Sewer systems - Supplementary guidelines
	ÖNORM B 2506	Regenwasser-Sickeranlagen	Rainwater seepage systems
	ÖNORM H 5050	Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	Overall energy performance of buildings
OIB-RL 6/2019	Energieeinsparung und Wärmeschutz	Guidelines on energy saving and thermal insulation for buildings of the Austrian Institute of Construction Engineering	
ÖNORM M 7140	Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden	Comparative economic calculation for energy systems according to dynamic calculation methods	
ÖKL-Merkblatt Nr. 67	Planung von Biomasseheizwerken und Nah-wärmenetzen	Leaflet on planning of biomass heating plants and local heating networks	



	VDI 2067	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen	Efficiency of technical building systems
<b>Contractual arrangements</b>	BVerG	Bundesvergabe-gesetz	Federal Procurement Act
	HeizKG	Heizkostenabrechnungsgesetz	Heating Cost Settlement Act
	ÖNORM A 2050	Vergabe von Aufträgen über Leistungen - Ausschreibung, Angebot und Zuschlag - Verfahrensnorm	Award of contracts for services - Invitation to tender, tender and contract award - Procedural standard
	ÖNORM A 2060	Allgemeine Vertragsbestimmungen für Leistungen - Vertragsnorm	General contractual provisions for services - Contract standard
<b>Fuel requirements</b>	ÖNORM EN ISO 17225	Biogene Festbrennstoffe	Biogenic solid fuels
	ÖNORM C4005	Holzhackgut und Schredderholz für die energetische Verwertung in Anlagen mit einer Nenn-Wärmeleistung über 500 kW - Anforderungen und Prüfbestimmungen - Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN ISO 17225-1	Wood chips and shredder wood for energy recovery in plants with a rated thermal input exceeding 500 kW - Requirements and test specifications - National supplement to ÖNORM EN ISO 17225-1
	ÖNORM M 7132	Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff - Begriffsbestimmungen und Merkmale	Energy recovery from wood and bark as fuel - Definitions and characteristics
	ÖNORM S2100	Abfallverzeichnis	List of waste
<b>Emission and immission requirements</b>	FAV	Feuerungsanlagenverordnung	Firing Installations Ordinance
	AWG	Abfallwirtschaftsgesetz u. Abfallwirtschaftskonzept (AWK)	Waste Management Act and Waste Management Concept (AWK)
	IG-L	Immissionsschutzgesetz - Luft	Air Pollution Act
	WRG	Wasserrechtsgesetz	Water Act
	AAEV	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung	General Waste Water Emission Ordinance
	IEV	Indirekteinleiterverordnung	Indirect Discharger Ordinance
	RL 2000/76/EG	Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen	EC Directive on the incineration of waste
<b>Ash</b>	AWG	Abfallwirtschaftsgesetz	Waste Management Law
	KPV	Kompostverordnung	Compost Ordinance
	AVV	Abfallverzeichnisverordnung	Waste Catalogue Ordinance
	AbfallbilanzV	Abfallbilanzverordnung	Waste Balance Sheet Ordinance
	ALSAG	Altlastensanierungsgesetz	Act on the Remediation of Contaminated Sites
	DMG	Düngemittelgesetz	Fertilisers Act
	ForstG	Forstgesetz	Forest Act
	WRG	Wasserrechtsgesetz	Water Act
		Ascherichtlinien der Länder	Ash guidelines of the countries
<b>Noise protection</b>	ÖNORM B 8115	Schallschutz und Raumakustik im Hochbau	Sound insulation and room acoustics in building construction
	ÖAL-Richtlinien	Richtlinien des Österreichischen Arbeitsring für Lärmbekämpfung	Guidelines of the Austrian Working Group for Noise Abatement
<b>Safety</b>	AschG	ArbeitnehmerInnenschutzgesetz	Employee Protection Act
	BauKG	Bauarbeitenkoordinationsgesetz	Construction Work Coordination Act
	ETG	Elektrotechnikgesetz	Electrical Engineering Act
	AAV	Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung	General Employee Protection Ordinance
	AstV	Arbeitsstättenverordnung	Workplace Ordinance
	BauV	Bauarbeiterschutzverordnung	Construction Worker Protection Ordinance
	DDGVO	Duale Druckgeräteverordnung	Pressure Equipment Ordinance
	ETV	Elektrotechnikverordnung	Electrical Engineering Ordinance
	ESV	Elektroschutzverordnung	Electrical Safety Ordinance
	ÖNORM EN 303-5	Heizkessel - Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW - Begriffe, Anforderungen, Prüfung und	Boilers - Solid fuel boilers, manually and automatically fired, nominal heat input not exceeding 500 kW - Definitions, requirements, testing and marking

		Kennzeichnung	
	ÖNORM M 7510-4	Überprüfung von Heizungsanlagen - Einfache Überprüfung von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe	Inspection of heating systems - Simple inspection of firing systems for solid fuels
	ÖVE E 8120	Verlegung von Energie-, Steuer- und Messkabeln	Laying of power, control and measuring cables
	ÖVE/ÖNORM E 8200-627	Vieladrige und vielpaarige Kabel für die Verlegung in Luft und in Erde	Multicore and multipair cables for installation in air and in earth
	ÖVE EN 50110	Betrieb von elektrischen Anlagen	Operation of electrical installations
	DIN EN 61000	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	Electromagnetic compatibility (EMC)
	AUVA-Merkblätter	Sicherheitsinformationen der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt	Safety information of the General Accident Insurance Institution
	ÖNORM EN ISO 20023	Biogene Festbrennstoffe - Sicherheit von Pellets aus biogenen Festbrennstoffen - Sicherer Umgang und Lagerung von Holzpellets in häuslichen- und anderen kleinen Feuerstätten	Biogenic solid fuels - Safety of pellets from biogenic solid fuels - Safe handling and storage of wood pellets in domestic and other small combustion plants
	ÖNORM H5195-1	Wärmeträger für haustechnische Anlagen - Teil 1: Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen	Heat transfer media for domestic installations - Part 1: Prevention of damage by corrosion and scale formation in closed hot water heating systems
<b>Fire prevention</b>	ÖNORM EN 1366	Feuerwiderstandsprüfung für Installationen	Fire resistance test for installations
	ÖNORM B 3800	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	Fire behaviour of building materials and components
	ÖNORM F 1000	Feuerwehrtechnik und Brandschutzwesen	Firefighting and fire prevention technology
	ÖNORM H 5170	Heizungsanlagen - Anforderungen an die Bau- und Sicherheitstechnik sowie an den Brand- und Umweltschutz	Heating installations - Requirements for construction and safety engineering and to fire and environmental protection
	TRVB H118 TRVB	Automatische Holzfeuerungen Technische Richtlinien vorbeugender Brandschutz	Automatic biomass furnaces Technical Guidelines for Preventive Fire Protection
<b>Lightning protection</b>	ÖVE E 40/1987	Schutz von Erdern und erdverlegten Metallteilen gegen Korrosion	Protection of earth electrodes and buried metal parts against corrosion
	ÖVE/ÖNORM E 8049	Blitzschutz baulicher Anlagen	Lightning protection of structures
<b>Explosion prevention</b>	ExSV 2015	Explosionsschutzverordnung	Explosion Protection Ordinance
	EIExV 1993	Elektro-Ex-Verordnung	Explosion protection for electrical equipment
<b>Chimney</b>	ÖNORM M 9440	Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre - Berechnung von Immissionskonzentrationen	Dispersion of air pollutants in the atmosphere - Calculation of ambient air concentrations
	DIN EN 13384	Abgasanlagen - Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren	Exhaust systems - Thermal and fluidic calculation methods

## 20 重要な計算と変換

### 20.1 過剰空気比ラムダ

過剰空気比（ $\lambda$ ）は、供給エア量と理論空燃比（=理論上の最小必要量）の間の比率を示します。

$$\lambda = \frac{\text{供給燃焼空気量}}{\text{化学量論的燃焼空気量}} \quad [-]$$

過剰空気比は、燃焼品質と燃焼温度に影響を与えます。排ガス成分 [60] から計算できます簡略化された手順では、ラムダを計算するために次の式を作成できます。

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2 + 0.4 CO} \quad [-]$$

or

$$\lambda = \frac{20.4}{CO_2 + CO} \quad [-]$$

and

$$O_2 = 21 - CO_2 - 0.6 CO \quad [-]$$

with:	CO <sub>2</sub>	=	carbon dioxide concentration in dry exhaust gas	[vol-%]
	CO	=	carbon monoxide concentration in dry exhaust gas	[vol-%]
	O <sub>2</sub>	=	Oxygen concentration in dry exhaust gas	[vol-%]
	20.4	=	CO <sub>2</sub> max (= maximum possible CO <sub>2</sub> -content in exhaust gas)	[vol-%]
	21	=	Oxygen concentration of air	[vol-%]

#### Example:

Measured variables:	CO <sub>2</sub>	=	9.0 vol-%
	CO	=	250 ppm = 0.025 vol-%

Calculation: 
$$\lambda = \frac{21}{21 - 9 - 0.6 * 0.025} = 1.75 \quad [-]$$

評価：一方で、過剰空気比ラムダ（ $\lambda$ ）は可能な限り低くなければなりません（燃焼効率が低い）。一方で、燃焼空気の量が不十分のため、低すぎてもなりません。燃焼品質が大幅に低下し、燃焼温度が危険な範囲に上昇します（スラッジの危険）。

過剰空気比は、通常、 $\lambda$  約1.6 ~ 2.2（バイオマス炉用）です。

**注意：**いわゆる「ラムダセンサ」は、湿ガスの排出ガスの酸素含有量または過剰空気比を測定します。乾ガスへの変換については、第 20.5章を参照してください

## 20.2 ppmからmg/m<sup>3</sup>変換

CO、HC、NO<sub>x</sub>の排出量測定装置は、通常、**vol-%** または**ppm**単位で測定値を示します。単位は**ppm** (**ppm = parts per million = 1 : 1000000 = 1000万番目**)は、体積%と同様にガスの体積分に対応し、その結果、ガス温度と圧力に依存しません。表 20.1にしたがって、**vol-%** から**ppm**への変換を行うことができます

Table 20.1 **vol-%** から**ppm**への変換

<b>vol.-%</b>	<b>ppm</b>
100	1,000,000
10	100,000
1	10,000
0.1	1,000
0.01	100
0.001	10
0.0001	1

排出制限値は通常、容積単位ではなく**mg/m<sup>3</sup>**単位で表示されます。**ppm**から**mg/m<sup>3</sup>**への変換は、それぞれのガス成分の密度を乗算して行います。値は標準条件（温度= 0° C、圧力= 1013 mbar）で指定されるため、変換は標準密度（モル質量/標準体積）、つまり標準条件での密度で行われます。

emission value [mg/m <sup>3</sup> ]	=	standard density in kg/m <sup>3</sup>	*	emission value in ppm
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	=	<b>1.25</b> kg/m	*	CO [ppm]
NO <sub>x</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	=	<b>2.05</b> kg/m	*	NO <sub>x</sub> [ppm] (NO <sub>x</sub> given as NO <sub>2</sub> ≈ 2.05 kg/m <sup>3</sup> )
HC* [mg/m <sup>3</sup> ]	=	<b>0.54</b> kg/m	*	HC [ppm] (for CH <sub>4</sub> as calibration gas ≈ 0.54 kg/m <sup>3</sup> )
HC* [mg/m <sup>3</sup> ]	=	<b>1.62</b> kg/m	*	HC [ppm] (for C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> as calibration gas ≈ 1.62 kg/m <sup>3</sup> )

\*ガス有機物質。総炭素 (C) として表示されます。

### 例CO濃度の変換（基準酸素含有量への変換は行われません）

Measured value: CO = 200 ppm

Calculation: **CO** [mg/m<sup>3</sup>] = 1.25 kg/m<sup>3</sup> \* CO [ppm] = 1.25 kg/m<sup>3</sup> \* 200 ppm = **250 mg/m<sup>3</sup>**

### 20.3 O<sub>2</sub>基準値

同じユニットで異なる炉からの排ガスや異なる試験を比較するには、基準値が必要です。排出量を基準値に変換しないと、他のデータとの比較はできません。乾ガス中の酸素含有量O<sub>2</sub>は基準値として定義されます。基準酸素含有量は国によって異なり、プラントの規模によって異なります。大気汚染防止規則（Luftreinhalte-Verordnung LRV）では、基準酸素含有量は定格熱入力1MWまで適用され、上記の11 %が適用されます。バイオマスシステム用の欧州規格EN303-5では、基準酸素含有量が10%で、定格熱出力が500 kWまで適用されます。参照44BimSchVは6%の基準酸素含有量で、定格熱入力1MWを超える中規模バイオマスシステムに適用されます。

表20.2を参照してください vol-% O<sub>2</sub> reference を λ<sub>reference</sub>に変換

Vol-% O <sub>2,ref</sub>	λ <sub>ref</sub>
13	2.625
11	2.100
10	1.910
6	1.400

排ガス測定値は、定義された基準数量（標準条件および基準酸素含有量）に変換する必要があります。これにより、排ガスを偽の空気で希釈することで、低い排出値が特定されるのを防ぎます（例えば、排気測定のための煙突インレット上流サンプリング）。変換により、測定値は、対応する基準酸素含有量に従って指定された希釈値に変換されます。変換は、次のスキームに従って実行されます。

$$\text{Emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ at reference O}_2 \text{ content} = \text{emission value [ppm]} * \text{standard density} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * \frac{21 - \text{O}_{2,\text{ref}} [\%]}{21 - \text{O}_{2,\text{measured}} [\%]}$$

これは、基準O<sub>2</sub>含有量に応じて測定されたλからλへの変換に相当します。λの計算は、O<sub>2</sub>またはCO<sub>2</sub>を測定して実行できます。λ<sub>ref</sub>を計算するには、対応する酸素含有量O<sub>2ref</sub>が使用されます。

$$\text{Emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ at reference O}_2 \text{ content} = \text{emission value [ppm]} * \text{standard density} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * \frac{\lambda_{\text{measured}}}{\lambda_{\text{ref}}}$$

例：基準酸素含有量を使用してCO濃度を計算

Measured variables: CO = 200 ppm  
                           O<sub>2</sub> = 9.0 vol-% (λ = 1.75)  
 Reference value: O<sub>2,ref</sub> = 13 vol-% (λ<sub>ref</sub> = 2.625)

Calculation:

$$\text{CO emission value} = 200 \text{ ppm} * 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{21\% - 13\%}{21\% - 9\%} = 167 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 13\% \text{ O}_2$$

or

$$\text{CO emission value} = 200 \text{ ppm} * 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1.75}{2.625} = 167 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 13\% \text{ O}_2$$



別の基準酸素含有量に変換

法的要件および性能クラスに応じて、基準酸素含有量の異なる排出制限値が適用されます。表20.3は、特定の基準酸素含有量に関連してmg/m<sup>3</sup>で示される排出値を、別の共通基準酸素含有量に変換するために使用できます。

表20.3. 排出値を別の基準酸素含有量に変換

Reference oxygen content in vol-%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0																	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6	140.0	133.3	126.7	120.0	113.3	106.7	100	93.3	86.7	80.0	73.3	66.7	60.0	53.3	46.7	40.0	33.3
7																	
8																	
9																	
10	190.9	181.8	172.7	163.6	154.5	145.5	136.4	127.3	118.2	109.1	100	90.9	81.8	72.7	63.6	54.5	45.5
11	210.0	200.0	190.0	180.0	170.0	160.0	150.0	140.0	130.0	120.0	110.0	100	90.0	80.0	70.0	60.0	50.0
12																	
13	262.5	250.0	237.5	225.0	212.5	200.0	187.5	175.0	162.5	150.0	137.5	125.0	112.5	100	87.5	75.0	62.5
14																	
15																	
16																	

Reading example: 100 mg/m<sup>3</sup> at reference oxygen content 10 vol-% equal 90.9 mg/m<sup>3</sup> at 11 vol-% O<sub>2</sub> and 136.4 mg/m<sup>3</sup> at 6 vol-% O<sub>2</sub>

例：基準酸素含有量11%で得られたCO排出量を、vol 6%の参照酸素含有量に換算します。

初期値は次のとおり： CO emission value = 180 mg/m<sup>3</sup> based on 11 vol.% O<sub>2</sub>

表20.3により

CO emission value = 100 mg/m<sup>3</sup> related to 11 vol.% O<sub>2</sub> corresponds to

CO emission value = 150 mg/m<sup>3</sup> related to 6 vol.% O<sub>2</sub>

したがって、CO排出量は6 vol.% O<sub>2</sub>に変換されます。

$$\text{Emission value new} = \text{emission value initial} * \frac{\text{emission value Table 20.1new}}{\text{emission value Table 20.1initial}}$$

$$= 180 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} * \frac{150 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}} = 270 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 6 \text{ vol-\%O}_2$$

## 20.4 mg/m<sup>3</sup>からmg/MJに変換

オイルや木材など、さまざまな燃料の排出量を比較する場合、排出量は、発生するエネルギー量に関連しています。[mg/MJ<sub>Useful</sub> or mg/kWh<sub>Useful</sub>]排出量とエネルギー量の割合は、排出係数とも呼ばれます。供給されたエネルギー量[mg/MJ<sub>End</sub>]も参照パラメータとして使用されることに注意してください。2つのパラメータは、効率または年間効率によってリンクされます。

各国では排出ガスの仕様が一般的であるため、測定値の国際比較にはmg/m<sup>3</sup>からmg/MJへの変換が必要である。

mg/m<sup>3</sup>からmg/MJに変換する場合、バイオマス燃焼時に供給されるエネルギー量は発熱量に依存するため、燃料の含水率にも依存することに注意してください。つまり、正しい変換は、発熱量と燃料含水量がわかっている場合にのみ可能です。供給された燃料エネルギーまたは有効な熱への変換は、次のように実行できます。

$$\text{emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{End}}} \right] = \text{emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ at } O_{2,\text{ref}} * \frac{\lambda_{\text{ref}} * V_{\text{air min}}}{18.3 - 2.442 * \frac{M}{100 - M}}$$

$$\text{emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{useful}}} \right] = \frac{\text{emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{End}}} \right] * 100\%}{\eta_a}$$

with: $\lambda_{\text{ref}}$	=	excess air ratio at $O_{2,\text{ref}}$	[-]
$V_{\text{air min}}$	=	stoichiometric combustion air volume = 4.58	[m <sup>3</sup> /kg]
M	=	fuel water content	[wt-%]
$\eta_a$	=	annual efficiency	[%]

### 例：参照酸素含有量でのmg/m<sup>3</sup>からmg/MJへのCO濃度の変換

初期値は次のとおり： CO = 100 mg/m<sup>3</sup> at 11 vol%.

M = 25 wt-%

$\lambda_{\text{ref}}$  = 2.1

$\eta_a$  = 85 %

$$\text{CO emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{end}}} \right] = 100 * \frac{2.1 * 4.58}{18.3 - 2.442 * \frac{25}{100 - 25}} = 55 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{end}}}$$

$$\text{CO emission value} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{useful}}} \right] = \frac{55 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{end}}} * 100\%}{85\%} = 65 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{useful}}}$$

## 20.5 湿排ガスから乾排ガスに変換

一部の排ガス測定機器（フレイムイオン化検出（FID）に基づく炭化水素測定機器や、化学発光検出（CLD）に基づくNO<sub>x</sub>測定機器など）では、高温の湿った排ガスで測定が行われます。その理由は、ガスクルー内の排出ガス測定装置上流の排ガスを通常の約5° Cまで冷却すると、測定対象の物質の一部が液体の濃度酸に流入し、測定機器の測定値が改ざんされるためです。排出制限値は、標準条件（0° C、1013 mbar）で乾燥排気ガスに適用されるため、水蒸気が排出ガスの希釈につながるため、湿潤排気ガスで測定する場合は乾燥排気ガスへの変換を行う必要があります。高温、濡れた排気ガスでの速度測定では、湿度補正に加えて温度および圧力補正を行う必要があります。

変換係数fは、次の式 [54]に従って、過剰空気比 λ（乾燥排ガス） および燃料水含有量Mの知識を使用して計算できます

$$\text{conversion factor } f = \frac{\text{volume flow wet exhaust gas}}{\text{volume flow dry exhaust gas}}$$

$$\text{conversion factor } f = 1 + \frac{0.287 * \left( \frac{M}{100 - M} + 0.512 \right)}{\lambda}$$

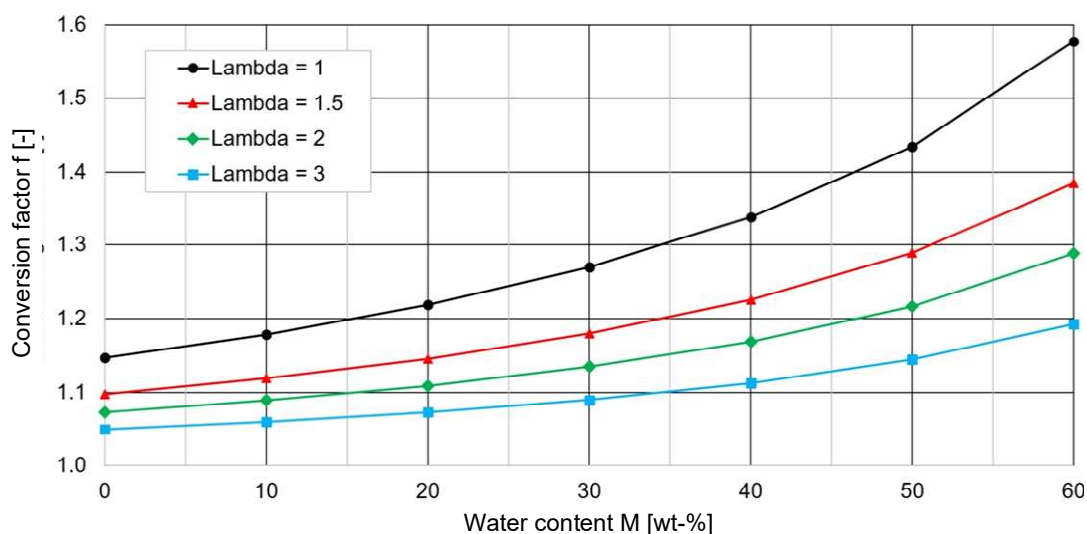


図20.1 燃料含水率Mの関数としての変換係数fを示します

例：炭化水素濃度を湿潤排気ガスから乾燥排気ガスに変換します

測定値は次のとおり：	Hydrocarbon concentration in wet exhaust gas HC <sub>w</sub>	=	100 ppm
	Water content M	=	35 wt-%
	Oxygen (O <sub>2</sub> )	=	7.0 vol-% (λ = 1.5)
	Reference oxygen content O <sub>2,ref</sub>	=	11 vol-% (λ <sub>ref</sub> = 2.1)
	Conversion factor f from Figure 20.1	=	1.2
	Calibration gas Propane (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) standard density	=	1.62 kg/m <sup>3</sup>

Calculation:

$$\begin{aligned} \text{hydrocarbon concentration} &= \text{hydrocarbon concentration wet HC}_w * \text{conversion factor } f * \text{standard density} * \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \\ &= 100 \text{ ppm} * 1.2 * 1.62 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1.5}{2.1} = 139 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 11\% \text{ O}_2 \end{aligned}$$

注意：CO、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>のIRおよびUV検出に基づく市販の測定機器の多くと、O<sub>2</sub>の常磁性に基づく測定機器を使用して、測定は乾燥した排気ガスで行われます。この場合、湿った排気ガスから乾燥した排気ガスへの変換は必要ありません。

## 20.6 定格熱出力の決定

定格熱出力は、燃料システムが定格負荷で作動しているときに、ボイラー水に燃焼システムによって供給される熱容量です。熱量計を使用して直接測定できます。

$$\dot{Q}_N = (T_{\text{flow}} - T_{\text{return}}) * c_{pW} * \dot{m}_W$$

定格熱出力は、ボイラー効率、発熱量、燃焼燃料流量によっても決定できます。

$$\dot{Q}_N = \eta_{\text{boiler}} * NCV * \dot{m}_{\text{fuel}}$$

燃焼燃料質量流量が不明な場合は、過剰空気比と燃焼空気の体積流量または排ガスを測定することで間接的に判定できます。

With

$$\dot{m}_{\text{fuel}} = \frac{\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} * \left(1 + \frac{M}{100 - M}\right)}{\lambda * V_{\text{air min}}}$$

follows

$$\dot{Q}_N = \eta_{\text{boiler}} * NCV * \frac{\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} * \left(1 + \frac{M}{100 - M}\right)}{\lambda * V_{\text{air min}}}$$

with: $\dot{Q}_N$	=	nominal heat output	[kW]
$T_{\text{flow}}$	=	flow temperature	[°C]
$T_{\text{return}}$	=	return temperature	[°C]
$c_{pW}$	=	specific heat capacity of water = 4.182	[kJ/kg K]
$\dot{m}_W$	=	mass flow (boiler) water	[kg/s]
$\eta_{\text{boiler}}$	=	boiler efficiency	[-]
NCV	=	net calorific (lower heating) value	[kJ/kg]
$\dot{m}_{\text{fuel}}$	=	mass flow of the wet fuel	[kg/s]
$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	=	dry exhaust gas volume flow	[m <sup>3</sup> /s]
M	=	fuel water content	[wt-%]
$\lambda$	=	excess air ratio	[-]
$V_{\text{air min}}$	=	stoichiometric combustion air volume = 4.58	[m <sup>3</sup> /kg <sub>fuel d.b.</sub> ]

乾排気ガスの流量を直接測定することはできません。排気ガスの組成を把握した上で、ピトー管などを使用して速度を測定することで、湿潤体積流量を検出することができます。乾燥排ガスへの変換には、排ガスの水分含有量の値が必要である。この値は、排ガス内で（直接）決定されるか、または（直接）燃料含水量を介して決定される。

## 20.7 燃料質量流量の決定

湿潤燃料質量流量（1時間あたりkg）は、燃焼設備の定格熱出力、ボイラー効率、および正味発熱量NCVによって生成されます。

$$\dot{m}_{\text{fuel}} = \frac{\dot{Q}_N}{\eta_{\text{boiler}} * \text{NCV}} = \frac{3600}{1000} * \frac{\dot{Q}_N}{\eta_{\text{boiler}}} * \frac{1 + \frac{M}{100 - M}}{18.3 - 2.442 \frac{M}{100 - M}}$$

with:

$\dot{m}_B$	=	wet fuel mass flow	[kg/h]
$\dot{Q}_N$	=	nominal heat output	[kW]
$\eta_{\text{boiler}}$	=	boiler efficiency	[-]
NCV	=	net calorific (lower heating) value	[MJ/kg]
M	=	fuel water content	[wt-%]

望ましい定格熱出力を生成するために必要な燃料質量流量は、基本的に燃料の水含有量または発熱量に依存します。

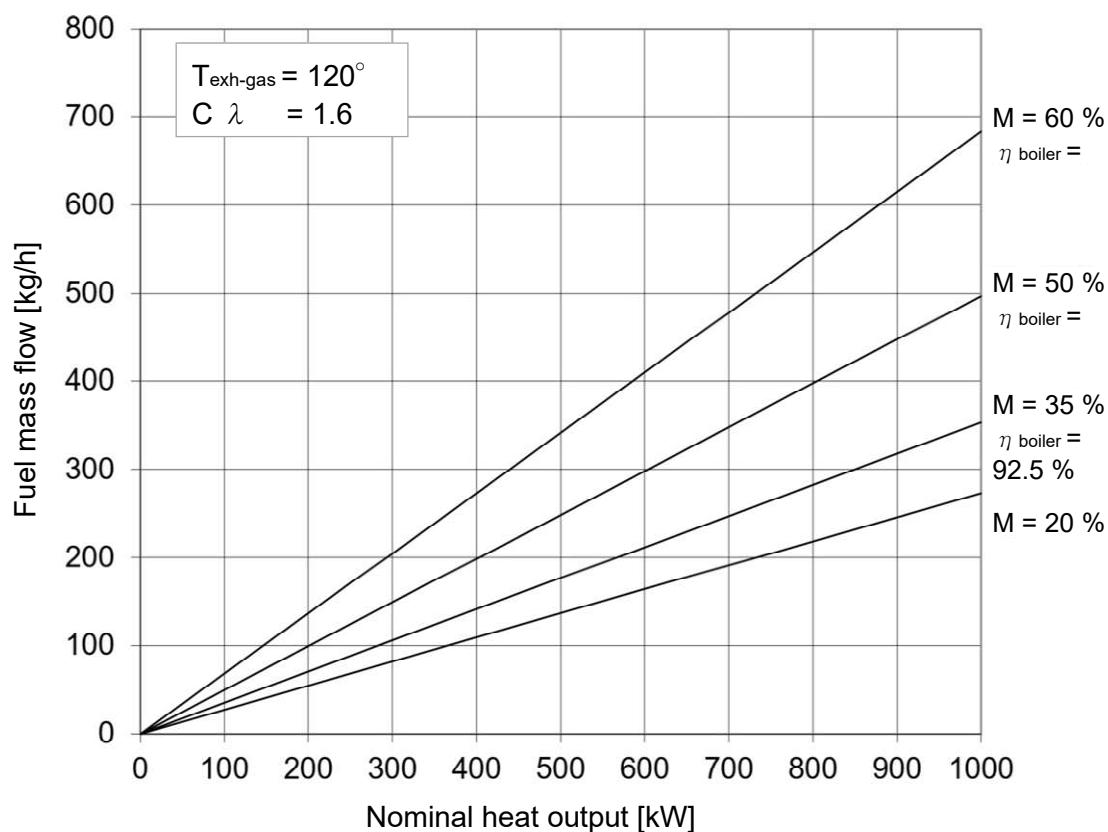


図20.2 定格熱出力に応じた燃料質量流量



## 20.8 燃焼空気量の決定

燃焼空気の体積、つまり燃焼空気の体積流量は、乾燥排ガスの体積流量にほぼ相当します。

$$\dot{V}_{\text{air}} \approx \dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$$

Therefore, according to chapter 20.6:

$$\dot{V}_{\text{air}} = \frac{\dot{Q}_N * 100\%}{\eta_{\text{boiler}}} * \frac{\lambda * V_{\text{airmin}} * \left(1 + \frac{M}{100 - M}\right) * \frac{3600}{1000}}{18.3 - 2.442 \frac{M}{100 - M}}$$

with:	$\dot{V}_{\text{air}}$	=	combustion air volume	[m <sup>3</sup> /h]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	=	dry exhaust gas volume flow	[m <sup>3</sup> /h]
	$\dot{Q}_N$	=	Nominal heat output	[kW]
	$\eta_k$	=	boiler efficiency	[%]
	M	=	fuel water content	[wt-%]
	$\lambda$	=	excess air ratio	[-]
	$V_{\text{air min}}$	=	stoichiometric combustion air volume = 4.58	[m <sup>3</sup> /kg <sub>fuel d.b.</sub> ]

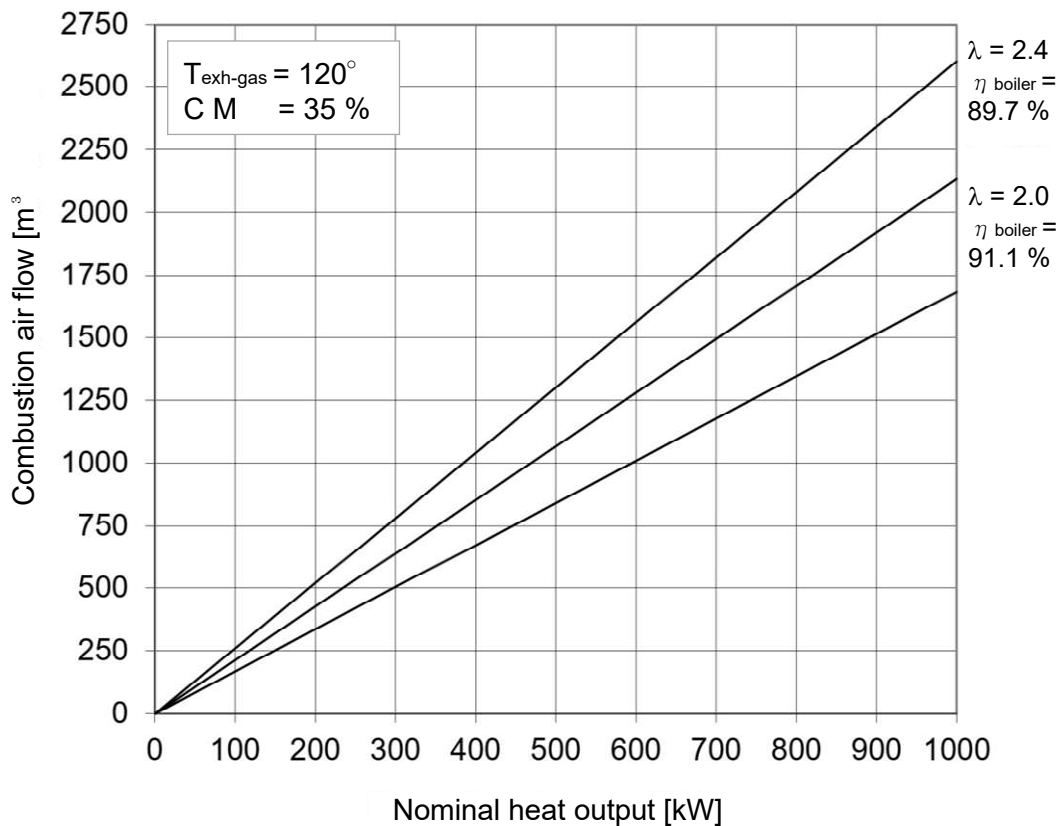


図20. 3公称熱出力と過剰空気比に応じた燃焼空気の流量

期待される定格熱出力を生成するために必要な燃焼空気の量は、過剰空気比と発熱量または水含有量によってほぼ同じ程度になります。

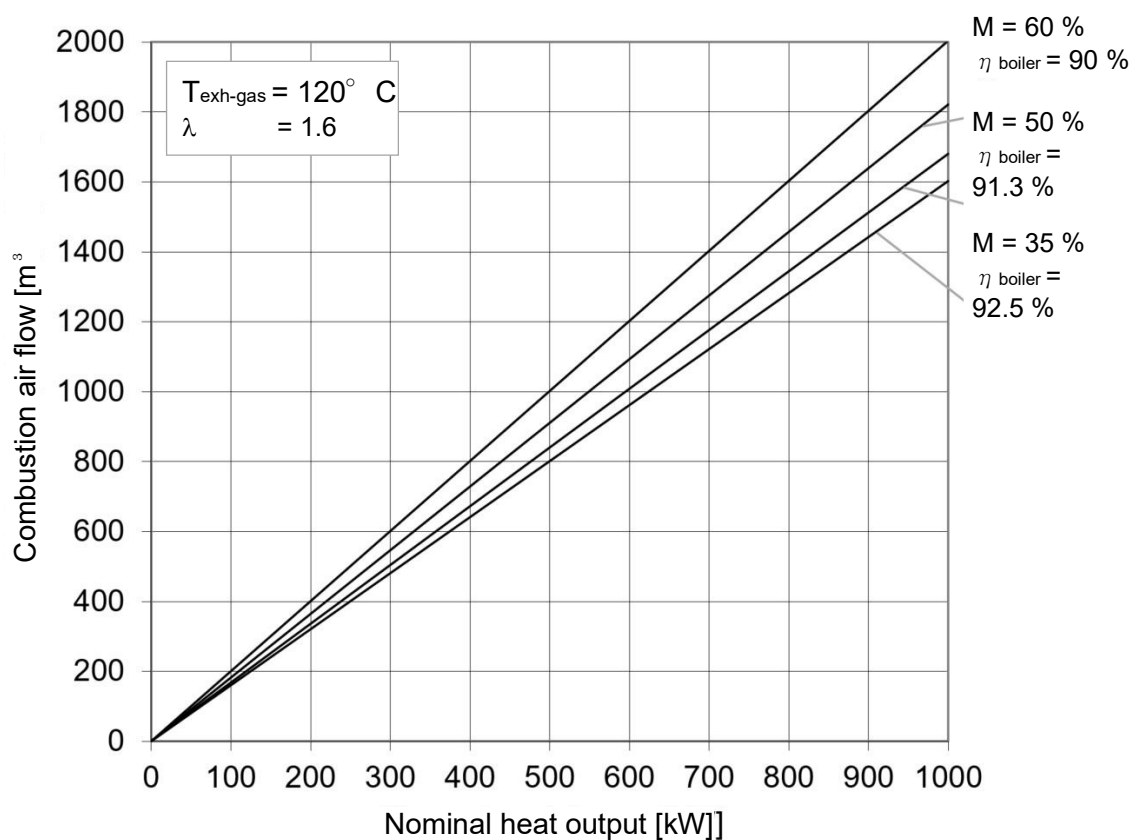


図20. 3 定格熱出力と過剰空気比に応じた燃焼空気の流量

## 20.9 排気ガス流量の決定

標準条件 (0° Cで1013 mbar) でのバイオマスシステムの乾排ガス流量は、特定の定格熱出力を生成するために必要な燃焼空気流量にほぼ正確に対応しています。

$$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} \approx \dot{V}_{\text{air}} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

排ガスの流量は、排ガス温度および周囲圧力での湿潤排ガスなどの運転条件で決定できます。これは、乾燥排ガスから湿潤排ガスに変換し (20.5章を参照)、標準から作動条件に変換することで決定できます。

$$\dot{V}_{\text{exh-gas}} = \dot{V}_{\text{air}} * f * \frac{273 + T_{\text{exh-gas}} * 1073}{273 * p} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

with:	$\dot{V}_{\text{air}}$	=	combustion air volume flow	[m <sup>3</sup> /h]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	=	dry exhaust gas volume flow at standard conditions (0 °C, 1013 mbar)	[m <sup>3</sup> /h]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas}}$	=	wet exhaust gas volume flow at operating conditions (T <sub>exh-gas</sub> and p)	[m <sup>3</sup> /h]
	f	=	conversion factor, wet exhaust gas to dry exhaust gas	[-]
	T <sub>exh-gas</sub>	=	exhaust gas temperature	[°C]
	p	=	ambient pressure	[mbar]

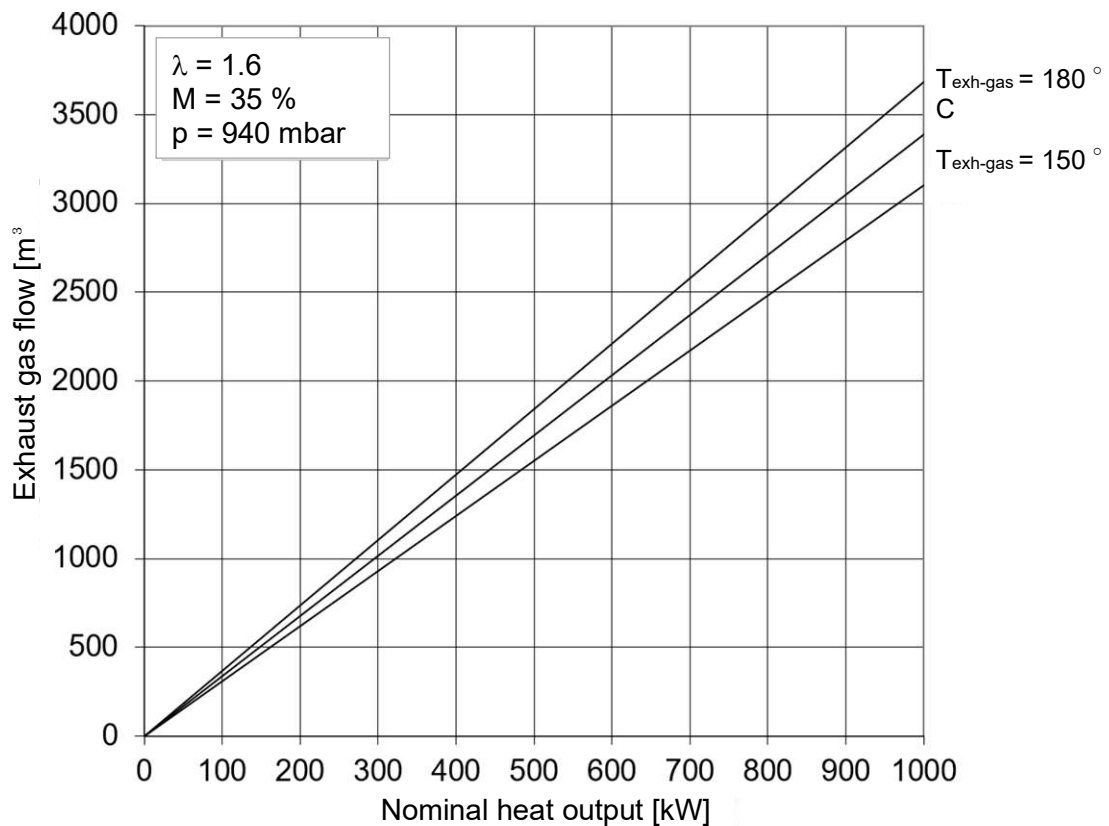


図20.5 定格熱出力の関数としての動作条件での排ガス量

## 20.10 NO<sub>x</sub>質量流量の決定

通常、窒素酸化物（x以外）は、指定されたxの質量流量を超えた時点で、排出制限値に適合する必要があります。たとえばスイスでは、NO<sub>x</sub>質量流量が2500 g/hを超えると、250mg/m<sup>3</sup>の排出制限値（基準酸素含有量）がただちにで処理される必要があります。このため、バイオマス加熱プラントの計画段階では、NO<sub>x</sub>の質量流量を推定し、NO<sub>x</sub>の削減プロセスが必要かどうかを判断することが重要です（13.9.2章を参照）。

NO<sub>x</sub> マスフローは、公称負荷での排ガス量フローと、測定された酸素含有量でのNO<sub>x</sub>濃度から計算されます。

$$\dot{NO}_x = \dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} * \frac{NO_x \text{ [g]}}{1000 \text{ [h]}}$$

測定された酸素含有量を含むNO<sub>x</sub>濃度が不明な場合は、参照酸素含有量を含むNO<sub>x</sub>濃度を使用し、次のように酸素含有量を仮定することによって推定できます。

$$NO_x = NO_{x, O_2, \text{ref}} * \frac{21 - O_2}{21 - O_{2, \text{ref}}} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right]$$

with:	$\dot{NO}_x$	=	NO <sub>x</sub> mass flow	[g/h]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	=	dry exhaust gas volume flow at 0 ° C, 1013 mbar	[m <sup>3</sup> /h]
	NO <sub>x</sub>	=	NO <sub>x</sub> concentration in dry exhaust gas at measured oxygen content	[mg/m <sup>3</sup> ]
	NO <sub>x, O<sub>2</sub>, ref</sub>	=	NO <sub>x</sub> concentration in dry exhaust gas at reference oxygen content	[mg/m <sup>3</sup> ]
	O <sub>2</sub>	=	oxygen content (measured at nominal load)	[vol-%]
	O <sub>2, ref</sub>	=	reference oxygen content	[vol-%]

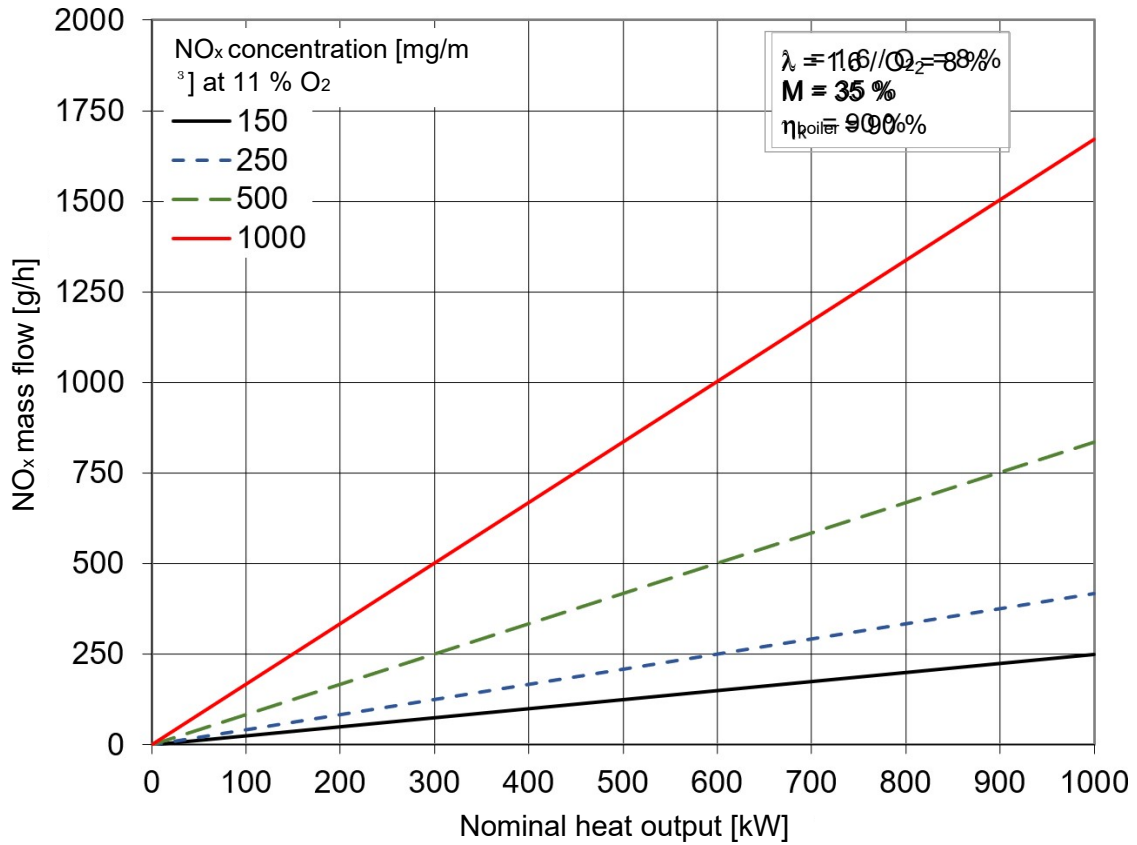


図20.6 kW単位の公称熱出力とさまざまなNO<sub>x</sub>濃度の関数としてのg/h単位のNO<sub>x</sub>質量流量。

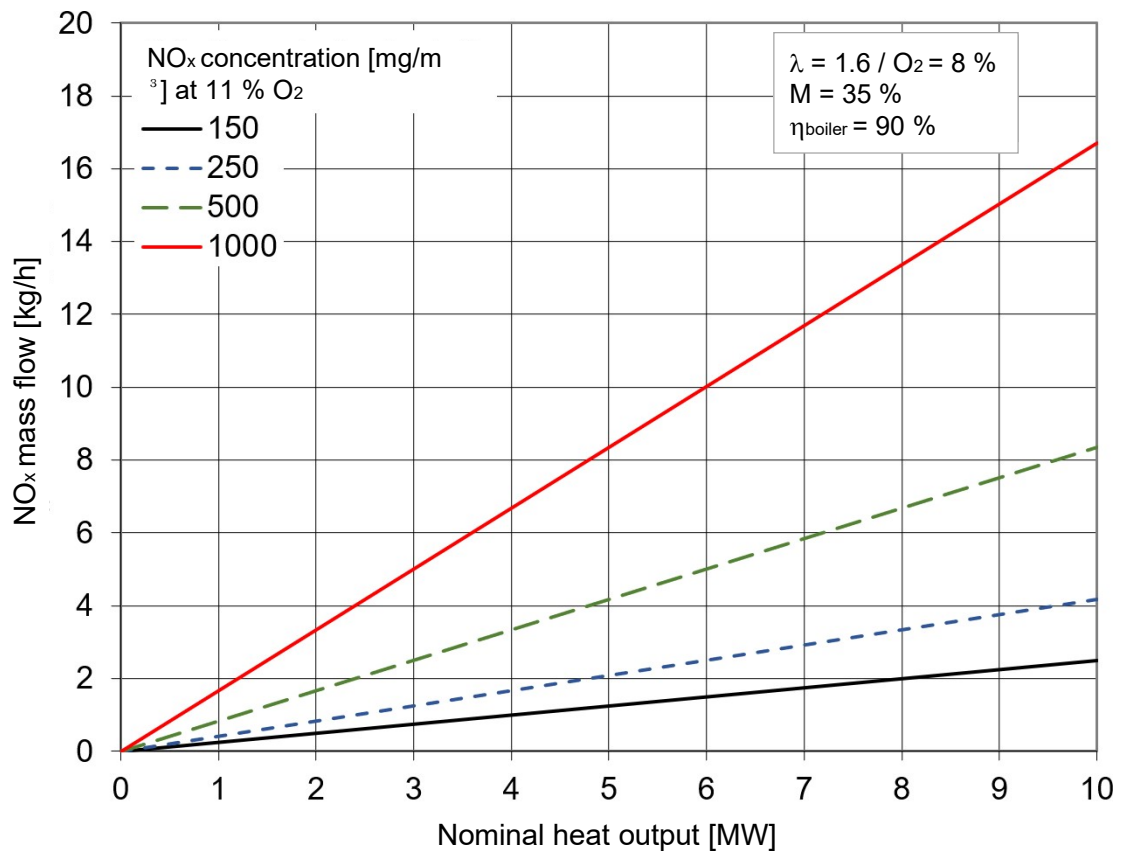


図20.7 MW単位の公称熱出力とさまざまなNO<sub>x</sub>濃度の関数としてのg/h単位のNO<sub>x</sub>質量流量。



## 20.11 燃焼効率の決定

燃焼効率を計算するために、個々の排ガス成分のエネルギー含有量が決定されます。木材の燃焼方程式に基づいて、熱および化学的排ガスロスを計算できます。NussbaumerとGoodは、[60]木材燃料の簡略化された式を導き出しました。これにより、技術的なアプリケーションに十分な精度が得られます。CO < 0.5 vol-%、CO<sub>2</sub> > 5 vol-%、排ガス温度 < 400° Cの範囲では、バイオマスシステムの燃焼効率に次のことが適用されます。

$$\eta_{\text{combustion}} = 100 - L_{\text{thermal}} - L_{\text{chemical}} \quad [\%]$$

where:  $L_{\text{thermal}}$  = thermal losses due to sensible heat of the exhaust gases [%]

$L_{\text{chemical}}$  = chemical losses due to incomplete combustion [%]

$$L_{\text{thermal}} = \frac{(T_{\text{exh-gas}} - T_{\text{ambient}}) * \left( 1.39 + \frac{122}{\text{CO}_2 + \text{CO}} + 0.02 * \frac{M}{100 - M} \right)}{\frac{18300}{100} - 0.2442 * \frac{M}{100 - M}} \quad [\%]$$

$$L_{\text{chemical}} = \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} * \frac{11800}{\frac{18300}{100} - 0.2442 * \frac{M}{100 - M}} \quad [\%]$$

$$\text{Lambda } \lambda: \quad \lambda = \frac{21}{21 - \text{O}_2 + 0.4 \text{CO}} = \frac{20.4}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \quad [-]$$

If O<sub>2</sub> is measured instead of CO<sub>2</sub>:  $\text{CO}_2 = 0.98 (21 - \text{O}_2) - 0.61 \text{CO}$  [vol-%]

with:  $T_{\text{exh-gas}}$  = exhaust gas temperature [° C]

$T_{\text{ambient}}$  = ambient temperature [° C]

O<sub>2</sub> = oxygen concentration [vol-%]

CO<sub>2</sub> = carbon dioxide concentration [vol-%]

CO = carbon monoxide concentration [vol-%]

u = wood moisture content in relation to absolutely dry wood [wt-% d.b.]

M = Water content of the moist wood [wt-% w.b.]

$\lambda$  = excess air ratio [-]

注意：ノモグラム 図20.8では、燃料の水分含有量uが使用されます。水分含有量Mから水分含有量uを計算するには、次の変換を使用できます。

$$u = \frac{M}{1 - M} \quad [-]; \quad u = \frac{M}{100 - M} \quad [\%]$$

or

$$M = \frac{u}{1 + u} \quad [-]; \quad M = \frac{u}{100 + u} \quad [\%]$$

この方法では、DIN EN 14394:2008-12[ 146]に準拠した計算で同等の値が得られます必要に応じて、木材 [60]から逸脱した組成の燃料にこの式を適用できます数値のクイック見積もりは、対応するノモグラムを使用してグラフィカルに実行することもできます (図20.8)。

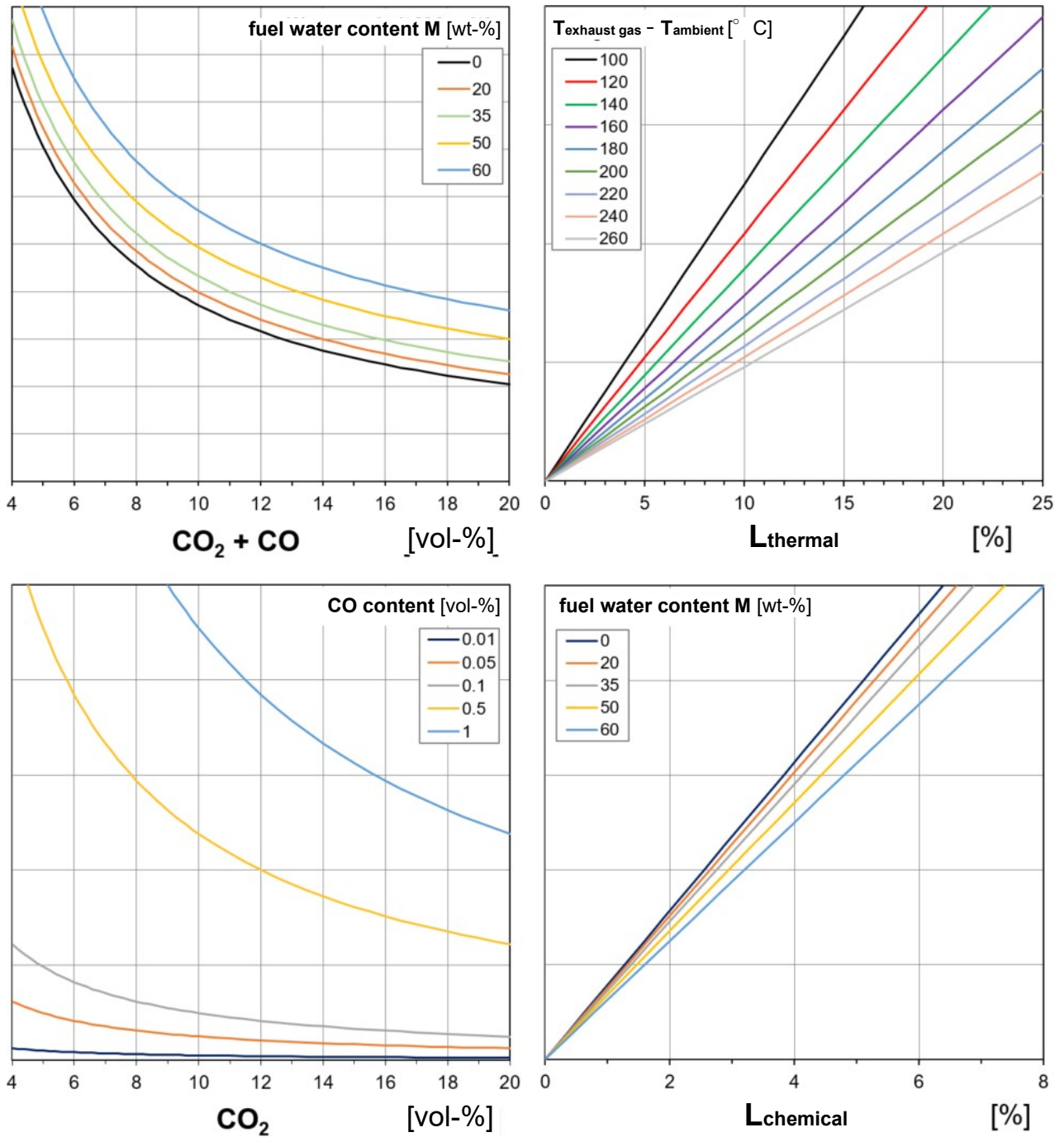


図20.8は、燃焼効率を判定するための図です。これには、 $\eta_{\text{combustion}} = 100 - L_{\text{thermal}} - L_{\text{chemical}} [\%]$ .を使用します。

## 20.12 年間効率の決定

次の計算方法では、ボイラー回路に熱量計がある場合、年間効率を約±5%の精度で判定できます。年間効率は、燃焼設備の損失、使用率  $\alpha$ 、および平均負荷レベル (L) によって異なります。この計算では、平均動作パラメータに基づいて、ボイラー効率の高い炉を想定しています。他の作動パラメータを持つ燃焼システムの場合、ボイラー効率は補正条件を使用して調整されます。負荷係数  $\alpha$ 、ボイラー効率、および平均負荷レベルLを使用すると、年間効率を計算できます ([136]、[147])。

ボイラー効率は負荷範囲全体で一定であると仮定されています。部分負荷運転における放射損失の相対的な割合が高くなると、流ガスの温度が低くなります。

### Utilisation factor $\alpha$

$$\alpha = \frac{\text{Operating time firing}}{\text{Switch-on duration firing}} = \frac{t_{\text{Operation}}}{t_{\text{On}}} [-]$$

スイッチオン時間は、加熱時間の開始時から加熱時間の終了時までの燃焼システムの通常作動時間とスタンバイ時間（メンバーベッドメンテナンス）で構成されます。通常、運転時間とスタンバイ時間は、運転時間カウンタまたはPLC制御を介して記録されます。

### ボイラー効率 $\eta_{\text{boiler}}$

以下の動作パラメータを持つ自動木材チップ炉のボイラー効率は同等です。

動作パラメータは次のとおり：	Exhaust gas temperature	$T_{\text{exh-gas}}$	=	120 ° C
	Excess air ratio	$\lambda$	=	1.6
	Fuel water content	M	=	38 wt-%
	Wood moisture	u	=	60 % d.b.
	Combustion efficiency	$\eta_{\text{combustion}}$	=	93 % (nomogram in Figure 20.8)
	Radiation losses	$Q_{\text{rad}}$	=	1.5 %
	Boiler efficiency	$\eta_{\text{boiler}}$	=	$\eta_{\text{combustion}} - Q_{\text{rad}} = 93 - 1.5 = 91.5 \%$

推定放射損失の実際の差が1.5%である可能性がある場合は、ボイラー効率に直接追加または減算することができます。放射損失 $Q_{\text{rad}}$ が不明な場合は、スタンバイ時のスタンバイ損失の約半分を占めると想定できます。その他の動作パラメータには、次の修正コマンドが適用されます。

per $\Delta u$	=	10% moister wood	0.4% lower boiler efficiency $\eta_{\text{boiler}}$
per $\Delta \lambda$	=	0.1 greater excess air	0.6% lower boiler efficiency $\eta_{\text{boiler}}$
per $\Delta T_{\text{exg-gas}}$	=	10° C higher exhaust gas temperature	1.0% lower boiler efficiency $\eta_{\text{boiler}}$

補正の合計も逆に適用されます。

### 平均負荷レベル L

炉が運転時間全体にわたって平均的に稼働する平均負荷レベルLは、次のように計算できます。

$$L = \frac{\Delta HM * 100\%}{\dot{Q}_N * t_{\text{Operation}}} \quad [\%]$$

with: $\Delta HM$	=	heat meter final value - heat meter initial value	[kWh]
$t_{\text{Operation}}$	=	Operating time of the furnace	[h]
$\dot{Q}_N$	=	Nominal heat output	[kW]

スタンバイ損失  $q_{standby}$

スタンバイ時の損失は、バイオマスボイラーのスイッチオフ後など、スタンバイ段階で発生します。バイオマスボイラーの冷却による損失や、バイオマスボイラーの温度を維持するための燃料入力（保管用ベッドのメンテナンス）などが含まれます。予備の損失は、点火付きのバイオマスボイラー（自動点火装置付きスタンド式）では低く、また、大型設計のバイオマスボイラーでは月床メンテナンス（工業用ボイラー）では高くなっています。

平均的な大きさの近代的なプラントでは、スタンバイ時の損失は約 3% に達しません。表 20.4 のデータは、他のプラントサイズのガイド値として使用できます。

表 20.4. スタンバイロスのガイド値  $q_{standby}$

Firing type	Standby losses $q_{standby}$
Series device up to 300 kW	$q_{standby} \geq 1\% - 3\%$
Industrial boilers up to 300 kW	$q_{standby} \geq 3\% - 5\%$
Industrial boilers > 300 kW	$q_{standby} \geq 1\% - 3\%$

年間利用率  $\eta_a$

時間負荷  $\alpha$ 、ボイラー効率  $\eta_{boiler}$ 、待機損失  $q_{standby}$ 、平均負荷レベル  $L$  を使用して、年間効率  $\eta_a$  は次の式で計算できます。（図 20.9 を参照）。

$$\eta_a = \eta_{boiler} \frac{1}{1 + \frac{q_{standby} * (1 - \alpha)}{L * \alpha}} \quad [\%]$$

- With:  $\alpha$  = utilisation factor [-]
- $\eta_{boiler}$  = boiler efficiency [%]
- $q_{standby}$  = standby losses [%]
- $L$  = average load level [%]

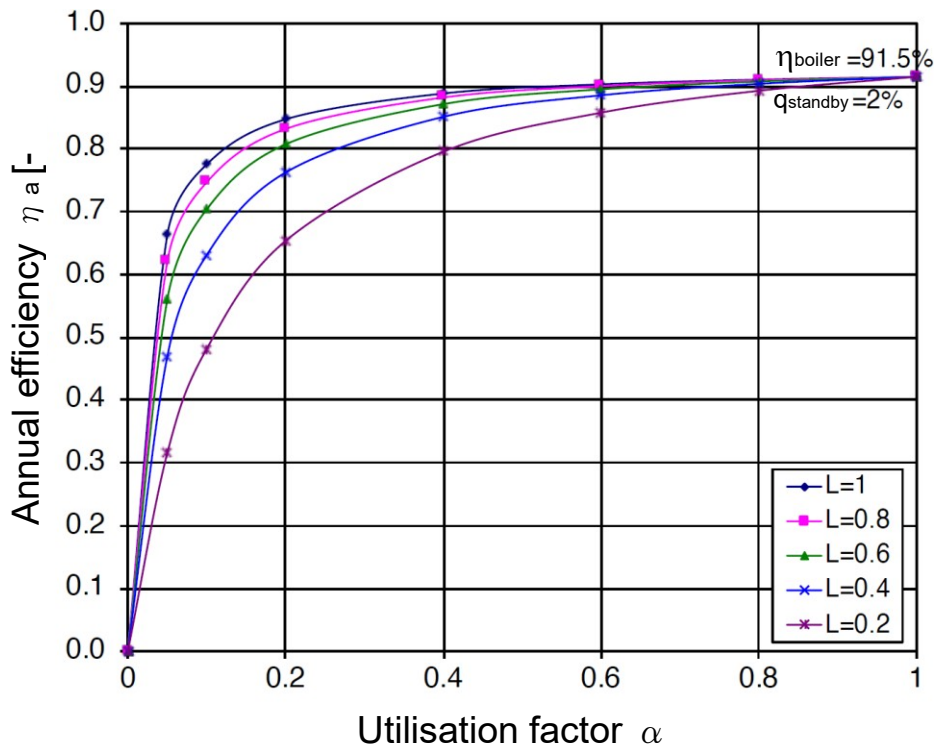


図 20.9 バイオマスボイラーの利用に伴う年間効率 [147]

with  $\eta_{boiler}$  ... boiler efficiency;  $q_{standby}$  ... standby losses;  $L$  ... average load level.

計算例

**Heat meter**

Difference at the heat meter over one heating period  
 $\Delta \text{HM} = 997,647 \text{ kWh}$

**Firing**

Nominal heat output 700 kW  
 Excess air ratio  $\lambda = 1.6$   
 Exhaust gas temperature  $T_{\text{exh-gas}} = 120^\circ \text{C}$   
 Wood moisture  $u = 60 \% \text{ d.b.}$   
 Fuel water content  $M = 38 \text{ wt-}\%$   
 Radiation losses  $q_{\text{rad}} = 1.5 \%$   
 Standby losses  $q_{\text{standby}} = 2.0 \%$   
 Switch-on duration Heating period  
 Operating time 2,036 h

使用率  $\alpha$  の計算 :

Switch-on duration: Heating period: 15<sup>th</sup> September to 4<sup>th</sup> April = 202 days = 4,848 h; Operating time: 2,036 h

$$\alpha = \frac{\text{Operating time firing}}{\text{Switch-on duration firing}} = \frac{2,036 \text{ h}}{4,848 \text{ h}} = 0.42$$

**Determination of the boiler efficiency  $\eta_{\text{boiler}}$ :**

Combustion efficiency  $\eta_{\text{combustion}} = 93\%$  (determination with nomogram Figure 20.8)  
 Radiation losses  $q_{\text{rad}} = 1.5\%$   
 Boiler efficiency  $\eta_{\text{boiler}} = 93\% - 1.5\% = 91.5\%$

**Calculation of the average load level L:** \_\_\_\_\_

$$L = \frac{\Delta \text{HM} * 100\%}{\dot{Q}_N * t_{\text{Operation}}} = \frac{997,647 \text{ kWh} * 100\%}{700 \text{ kW} * 2,036 \text{ h}} = 70\%$$

**Calculation of the annual utilisation factor  $\eta_a$**

$$\eta_a = \eta_{\text{boiler}} \frac{1}{1 + \frac{q_{\text{standby}} * (1 - \alpha)}{L * \alpha}} = 91.5\% * \frac{1}{1 + \frac{2\% * (1 - 0.42)}{70\% * 0.42}} = 88\%$$



## 20.13 一般的な単位と変換

表20.5 固体バイオマス燃料の一般的な測定単位変換については、表20.6を参照してください。

Symbol	Meaning
m <sub>3</sub>	Cubic metre (solid mass of wood without interspace), 1 m <sub>3</sub> = 1 fm ≈ 2.5.... 2.8 LCM
fm	Solid cubic metre (solid mass of wood without intermediate space), 1 fm = 1 m <sub>3</sub> ≈ 2.5.... 2.8 LCM
LCM	Loose cubic metre, CH: Schnitzelkubikmeter Sm <sub>3</sub> , AT/GE: Schüttraummeter Srm
Solid cubic metre	1x1x1 m stacked logs (with spaces) = 0.7 fm = 0.7 m <sub>3</sub>

Table 20.6 Conversion table (guide values for wood with M = 15 %).

	Softwood WH	Hardwood HH
	Spruce/Fir	Beech
Solid wood	2.5 ....2.8 LCM	2.5.... 2.8 LCM
1 m <sub>3</sub> = 1 solid cubic metre (fm) corresponds to	1.4 cubic metres 550 kg wood 200 litres heating oil extra light 2000 kWh 7200 MJ	1.4 cubic metres 750 kg wood 280 litres heating oil extra light 2800 kWh 10080 MJ
Wood chips	0.36 m <sub>3</sub> (fm)	0.36 m <sub>3</sub> (fm)
1 loose cubic metre (LCM) corresponds to	0.5 cubic metres 160 - 200 kg wood 70 litres heating oil extra light 700 kWh 2520 MJ	0.5 cubic metres 250 - 270 kg wood 100 litres heating oil extra light 1000 kWh 3600 MJ

Table 20.7 Prefixes and their symbols

<b>Kilo</b>	<b>k</b>	10 <sup>3</sup>	
<b>Mega</b>	<b>M</b>	10 <sup>6</sup>	<b>Megawatt hour:</b> 1 MWh = 1,000 kWh
<b>Giga</b>	<b>G</b>	10 <sup>9</sup>	Gigawatt hour: 1 GWh = 1 million kWh
<b>Tera</b>	<b>T</b>	10 <sup>12</sup>	Terawatt hour: 1 TWh = 1 billion kWh
<b>Peta</b>	<b>P</b>	10 <sup>15</sup>	
<b>Exa</b>	<b>E</b>	10 <sup>18</sup>	

Table 20.8 Units for energy and power

<b>Joule</b>	<b>J</b>	for energy, work, heat quantity	Binding for Germany as legal units since 1978. The calorie and units derived from it, such as the hard coal unit and the crude oil unit, are still used as an alternative.
<b>Watt</b>	<b>W</b>	for power, energy flow, heat flow	
1 Joule (J) = Newton metre (Nm) = 1 Wattsecond (Ws)			

表20.9 エネルギー単位の変換係数

		kJ	kcal	kWh	The figures refer to the net calorific value.
<b>1 Kilojoule</b>	kJ	1	0.2388	0.000278	
<b>1 Kilocalorie</b>	kcal	4.1868	1	0.001163	
<b>1 Kilowatt hours</b>	kWh	3,600	860	1	
<b>1 kg hard coal unit</b> (German: Steinkohleneinheit)	SKE	29,308	7,000	8.14	
<b>1 kg crude oil unit</b> (German: Rohöleinheit)	ROE	41,868	10,000	11.63	

## 21 用語集

用語	意味
環境熱	環境熱は、再生可能で自然なエネルギーの形態であり、広く利用でき、通常は比較的低い温度レベルで発生します。周囲の熱の源は、空気、上地、地下水、湖、川の水です。ヒートポンプを使用すると、周囲の熱をより高い温度レベルまで上昇させて使用可能にすることができます。このためには、高品質のエネルギーを電気または別の供給源から高温の熱として供給する必要があります。深い地熱や火山由来の環境熱も、高温レベルで直接使用可能な熱になります。
年次COP	(性能係数) は、同一期間中にヒートポンプに供給される電気エネルギーまたは熱エネルギーに対する年間熱生産の比率を表します。したがって、性能係数の瞬間的な値とは対照的に、より長い動作期間におけるヒートポンプの効率を示します(性能係数も参照)。
年間の熱需要	消費者の年間熱需要は、熱伝達点における年間の有用な熱需要です。地域暖房ネットワークでは、年間の熱需要は、供給点(熱源と熱分散ネットワーク間のインタフェース)での需要であり、地域暖房ネットワークの熱損失も含まれています。
年間の熱生産	年間の熱生産量は、1年間のすべての熱源プラント(エネルギー源に依存しない)の熱生産量の合計です。
年間稼働時間	稼働している年間の有効時間数。全負荷運転時間とは対照的に、年間運転時間のカウントはそれぞれの負荷条件に依存しません。つまり、50%の能力での年間運転時間は年間運転時間と見なされます(全稼働時間を参照)。
ベースロード、ベースロードカバレッジ	ベースロードとは、必要な一定の電力、つまり、稼働期間全体(暖房シーズンまたは年間(8760時間))を指します。地域暖房ネットワークの基本負荷は、消費者が必要とする季節的に独立した暖房能力(家庭内の温水、プロセス熱など)とネットワークの損失で構成されます。基本負荷範囲とは、主に基本負荷(CHPシステムなど)をカバーするために使用される発熱単位のことです。
バイオマス(木質燃料)	バイオマスは、植物、動物、人間が作り出すすべての有機物で構成されています。エネルギー目的のバイオマスは、農業、林業、および生物起源残留物(廃棄物)から生じます。燃焼に適したバイオマスは、木質バイオマス(森林残留物、小さな木片、産業残留物など)、バイオマス(ストロー)やその他(全粒植物、ハスク、カーネルなど)のようなものです。燃焼とは対照的に、発酵によってバイオマスを精力的に使用することもできます。この目的のために、発酵性、すなわち液体肥料、糞、トウモロコシ、草のサイレージなどの非木質バイオマス、および農業、食品産業、さらにはバイオ廃棄物からのさまざまな生物起源の残留物が使用されます。
二価熱生成は	少なくとも2つの異なるエネルギーキャリアを使用します。QM Biomass DHプラントでは、二価とは、1つ以上のバイオマスボイラーを備えた中央暖房プラントと、ピーク負荷のカバレッジと故障予備のための化石燃料バックアップを指します。しかし、より広い意味では、2つ以上の異なるエネルギー源(木材や太陽熱エネルギー、木材、廃熱など)を使用するあらゆるタイプの熱生成システムを指します。
ボイラー効率	(水側)によって生成される有効エネルギーを、燃料の真発熱量で供給されるエネルギーで除算します。この判定は、貯蔵効果のない静止状態(自動点火システムの場合など)、または燃焼プロセス全体(手動で供給される点火システムの場合など)のいずれかに対して行われます。
ボイラー入口温度	ボイラーへの入口でパイプ内で直接測定された熱伝達媒体の温度(ボイラーリターン流量温度保護を下げます! )。
ボイラー出口温度	パイプ内のボイラーの出口で直接測定された熱伝達媒体の温度です。ボイラーの出口温度はボイラーのための基本的な制御変数である。
パフォーマンス係数(COP)	パフォーマンス係数(COP)は、ヒートポンプの供給電力または熱電力入力に対する、生成された有効な熱出力の比率です。瞬時値または短期観察期間に決定された値を表します。熱力学的(理論上)最大達成可能な性能係数は、Camot-COPと呼ばれます。これは、製品固有の品質係数を使用してヒートポンプの実際のCOPに変換できます。年間の性能係数は、長期間の観察に使用されます(年次性能係数を参照)。
コンビネーションバルブ	は特殊なバルブで、主に1つのバルブで流量を制限したり、差圧を制御するために、地域加熱伝達ステーションで使用されます。伝達ステーションの最大流量と最大容量(=接続された負荷)は、調整可能な流量リミッターを介して設定されます。さらに、二次側に必要な設定流量温度を達成するために、一次側の差圧と流量は、測定された二次フロー温度に応じて制御されます。
熱電併給(CHP)プラントです	熱と電力を同時に生産するエネルギー発電プラントです。ORCシステムやガス・エンジンなどのサーマル・マシンは、電力に加えて使用可能な熱を発生させる目的で使用されます。エンジンまたは小型ガスタービンを備えたコンパクトプラントは、ブロック熱および発電所またはブロック暖房ステーションとも呼ばれ、廃熱を利用する火力発電所は、複合熱および発電所またはコージェネレーションプラントと呼ばれます。(13.6.3章を参照)。

用語	意味
同時実行係数 (concurrency factor)	加熱ネットワークでは、同時実行性とは、多数の熱消費者が、契約によって保証された最大熱出力を同時にすべて消費しないという効果を意味します。同時性係数は、1つの熱消費者に対して1であり、複数の熱消費者に対して1より小さくなります。これは、すべての熱消費者の有効に期待される最大発熱量要求と、その合計サブスクライブ接続負荷の比率を示します。
接続された荷重 (サブスクライブされた接続された荷重)	接続された負荷またはサブスクライブされた接続負荷は、地域加熱ネットワークに接続された熱消費者 (地区加熱顧客) の契約上合意された最大熱需要です。 領域暖房ネットワークの接続負荷 (接続負荷の合計) は、すべての熱消費者の接続負荷の合計です。
	消費者のインストールは、建物内の分配システムで構成され、スペースとプロセスを分散します 熱だけでなく、家庭の温水も利用できます。
需要の評価	需要の評価は、熱 (空間暖房、温水、プロセス熱) のエネルギーおよび出力需要、ルーティングの構造状況、および潜在的な熱供給領域の分析です (第 11章を参照)。
設計計画	プロジェクトフェーズ。プロジェクトの技術的なソリューションが計画および定義されます。CHでは、これは「プロジェクト前」とも呼ばれますが、DEおよびATでは、システムおよび統合計画とも呼ばれます。
地域の暖房設備があります	地域熱暖房は1つまたは複数のヒータ・センターから一元的に生成された熱を使用して接続されている顧客に配管された熱供給を記述します必要なすべての追加機器 (世代を除く) を備えたパイプラインシステムは、地域暖房ネットワークと呼ばれます。中央地区の加熱ポンプおよびクロズドパイプライン回路を経由して熱を移動するための熱伝達媒体として、水 (まれに蒸気) が使用されます。地域熱暖房ネットワークは、100 kW未満から1 GWを超える接続負荷で幅広い性能範囲をカバーします。
局所的な熱	小さなグリッドでは、局所熱 (局所加熱ネットワーク) という用語が使用されることがあります (特にATとDE)。これは、プラントのサイズとは別に基本的な技術的な違いがないためです。ドイツでは、50 kWから数メガワットの建物間での暖房と温水の移動を記述するために使用されています [78] Minergie® では、熱生産プラントがいくつかの建物や複合施設を供給する場合にも、局所的な暖房という用語を使用しますが、必ずしも第三者に販売する必要はありません [148] 局所加熱と領域加熱の間には均一な定義や境界はなく、両方の用語がこの計画マニュアルで使用されています。国際言語での使用では、この区別は存在しません。 地域暖房ネットワークの他の同義語は熱分配ネットワーク、熱ネットワーク、熱ネットワークまたはローカル暖房ネットワークである。
ダブルパイプ	工場で事前に断熱された地域加熱パイプの特殊な構造方法です。フローリターンパイプ (サービスパイプ) は、断熱体としてPURフォームを使用した共通のプラスチックケースパイプに取り付けられています。スチール媒体またはプラスチック媒体のパイプを備えた硬質で柔軟なバージョンが用意されています。
エコマイザ	・エコマイザは、さまざまな熱力学プロセスや産業プロセスの廃熱を利用して熱回収を行う熱交換器です。ボイラー技術では、ボイラーの燃焼ガスの下流から熱を回収するためにエコマイザを使用して、排ガス温度を下げ、プラント全体の効率を高めます。
効率	技術システムの効率は、有用なエネルギーと供給されるエネルギーの比率を表します。保存効果のない安定した条件では、有効出力と供給出力の比率として効率を判断することもできます。このマニュアルでは、「効率」という用語は、出力または短期間の観測で決定された値によって決定される瞬間的な値に使用されます。 長期間にわたるプラント動作の評価では、使用率係数は、特定の期間に合計された有効出力と、同一期間に合計された供給出力の比率を表します (「使用率係数」を参照)。
エネルギー効率指数 (EEI)	今後どのポンプモデルを使用できるかを決定するための基礎は、いわゆるエネルギー効率指数 (EEI) です。これは、規制 (EC) 641/2009で定義された計算方法に従って決定されます。負荷プロファイルによって決定されるポンプの平均性能は、基準ポンプ、つまり同じ水流出力を持つ平均ポンプに関連して考慮されます。
エネルギー基準領域	エネルギー基準領域は重要な建物インジケータであり、暖房または空調が必要な建物の地上および地下のすべてのフロア領域の合計です。エネルギー基準領域は、境界ウォールやパラメーターを含む外部寸法から、総面積 (グロス) として計算されます。室温や高室などを逸脱する場合は、各国固有の修正要因があります。近似として、加熱された総床面積をエネルギー基準領域として使用できます。
実行フェーズ	プラントの実現が行われるプロジェクトフェーズです。実行/実現の過程では、専門的な解体監督または現地での建設監督を行う必要があります。
燃料床	燃焼技術では、燃料床とは、燃焼火格子または燃焼室の均一なバルク (「床」) 形式の燃料を指します。

用語	意味
全負荷運転時間と全負荷運転時間の数で	フル稼働時間の数は、年間のエネルギー要件を公称熱出力で割ったものです。これは、個々の消費者（熱消費者の全運転時間数）、ボイラー、または熱生成全体のシステム寸法を作成するための重要なパラメータです。フル稼働時間は、たとえば、公称負荷で1時間、50%負荷で2時間の運転時間に相当し、次のように適用されます。フル稼働時間の数<年間稼働時間の数（「年間稼働時間」を参照）。
地理情報システム (GIS)	空間データの取得、処理、編成、分析、およびプレゼンテーションのためのデータ処理アプリケーションです。地域暖房ネットワークの計画では、地理的条件やその他の既存の供給システム（水、ガス、電気など）を考慮して、ルーティングを決定するために使用できます。また、GISを使用して、地域のエネルギーおよび電力要件を見積もることもできます。
勾配温度差	熱交換器での熱を放出する高温の媒体と熱を吸収する低温の媒体の間の最小温度差。特に、熱伝導プロセスの技術的な品質を判断するために使用されます。原則として、この温度差は可能な限り低くする必要があります（特に、暖房ネットワークで低い戻り温度を達成するために、区域暖房の移動局の場合）。ただし、熱交換器を設計する場合は、利点とコスト（熱交換器の表面が大きいため）を評価する必要があります。
熱消費者、（接続されている）顧客	地域暖房ネットワークに接続されている建物/特性（およびその所有者）。このネットワークは、熱供給契約の合意に従って、暖房ネットワークまたは中央暖房設備（つまり、熱供給会社）から熱を受けます。
熱要求密度	熱要求密度は、供給エリアのサイズに関連する供給エリア内のすべての建物の年間熱需要です（12.2.2章を参照）。
熱分布損失	熱分布損失は、加熱ネットワークの重要なパラメータです（ネットワーク損失とも呼ばれます）。これらは、ヒーティングネットワークに供給される熱（発生時から）とすべての熱消費者の総熱消費量の差と定義されます。熱分布損失は、絶対値（熱の量の差）または相対値（ネットワーク損失の割合）として表示できます。相対的なネットワーク損失の場合、フィードインと消費の差は、供給される熱の量で除算されます。ネットワークの損失は、ネットワーク内の一般的な熱分配損失容量によって決まります。これは、地域暖房媒体と環境（グラウンド）間の温度差、地域暖房パイプの絶縁品質、およびパイプの寸法によって異なります。
熱交換器	熱交換器とは、熱エネルギーが熱伝達サーフェス（プレートやチューブの束など）を介して1つの暖かい材料の流れから別の冷たい材料の流れに伝達される装置です。
熱生産コスト	熱生産コストは、年間の熱生産コストと有用な熱生産コストの比率であり、CHF/MWhまたは€/MWh（10.4.2章を参照）での熱の具体的な生産コストを表しています。年間コストは通常、VDI 2067 [100]に準拠した年金方式を使用して決定されます。これには、資本コスト（投資による年金）、運用コスト（保守/サービスおよび人件費）、エネルギーコスト（燃料および補助エネルギー）、およびその他のコスト（計画など）が含まれます。
熱供給会社（熱供給業者）	熱供給システム（暖房センター、暖房ネットワーク）を運用する会社であり、熱供給契約で合意されているように、熱消費者への安全な熱供給の提供を担当しています。
熱供給契約	熱供給会社（供給業者）と熱消費者（顧客）との間のインターフェースは、熱供給契約で契約上合意されています。また、次の契約コンポーネントも含まれています。一般利用規約、Technical Connection Requirements (TAV)、料金表が含まれます。
熱伝導媒体	水、蒸気、熱油などの熱輸送に使用される媒体です。
暖房設備区域の暖房設備である中央暖房設備	大規模な建物や企業、小規模な暖房ネットワーク、地区暖房ネットワークなどに熱を供給するための中央システムです。
温水	「温水」とは、建築サービスエンジニアリングと地区暖房エンジニアリングでは、次のように異なる方法で使用されます。 <ul style="list-style-type: none"> <li>地域加熱技術では、温水(worm water)とは、温度が110° C以下のときに、地区加熱ネットワーク内の循環水を指し、循環水が110° Cを超える場合は、温水(hot water)と呼ばれます。温水システムと比較して、その他の規格、ガイドライン、規制は、温水システム、特に安全性に関するより高い注意事項に適用されます。地域暖房網の水は飲料水の質である必要がなく、建物サービスの(国内の)温水と混同してはいけません。</li> <li>ビルサービスエンジニアリングでは、温水水は約60° Cで利用できる温水飲料水（家庭用温水とも呼ばれます）を意味します。家庭用温水の加熱と供給は、給湯器で行います。これは蓄熱タンク（貯蔵水ヒーター、ボイラー）または瞬間的な水ヒーターである場合もある。</li> </ul>
ハウスコネクション (パイプライン)	熱分配ネットワークと熱伝達ステーション間の接続パイプラインです。

用語	意味
住宅用サブステーション	住宅用サブステーションは、熱伝導ステーションと電装品の設置で構成されています。これは、圧力、温度、および体積流量の観点から、熱供給を消費者の設置に適合させるために使用されます。住宅用サブステーションを設計する場合は、直接接続と間接接続を区別する必要があります（油圧セパレーションを使用する場合は熱交換器ありなし）。
主要な顧客	地域は、大量の熱需要を持つ顧客を暖房しています。ネットワークの総熱需要に大きく貢献し、プロジェクト開発（潜在的な主要顧客に焦点を当てる-第 3.2.4章を参照）、熱ネットワークと熱源の全体的な計画と寸法作成に非常に重要です。
線形熱密度、接続密度	線形熱密度(12.2.6 参照) MWh/aで販売される年間熱量と、メートル単位のメイン、ブランチ、およびハウス接続パイプの合計ルート長との比率です。線形熱密度は、個々のサブネットワークまたは接続されたネットワークについて計算し、評価に使用することもできます。
負荷特性負荷特性曲線は、	屋外温度の日平均値の関数としての熱出力需要の表現です。屋外の気温については、常に24時間の平均値を使用する必要がありますが、熱出力の需要は、1日の平均値（住宅の場合など）またはピーク値（オフィスの場合など）にすることができます。システム全体の負荷特性は、いくつかの負荷特性の積み重ね（合計）から生じます。（図2を参照）。
ルーズ立方メートル (LCM)	欠損した材料の体積を立方メートル単位で表します（ドイツ語：Schuttraummeter [SRM]、CH：Schnitzelkubikmeter [SM3]）
しこりは、	固体燃料の寸法と形状を指定し、バイオマス燃料の特性評価の重要な部分です。しこりは、EN-ISO 17225 [23]などの燃料規格に従って指定されています
システム	全体の品質について、プラントオーナーを担当するメインプランナ計画担当者です。バイオマス地域加熱プラントのQMに適合したプロジェクト計画を作成するには、Q計画にメイン計画担当者を必ず指定する必要があります。
最大連続動作温度	時間制限無し最大許容動作温度
最大許容運転温度	システムの最大許容動作温度（発熱量、熱ネットワークなど）を短期間に示します。
マイルストーン	<p>QM Holzheizwerkeは、最も重要なプロジェクトフェーズの最後に品質保証のための5つのマイルストーンを設定します（2.3.3章を参照）。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. プロジェクトフェーズ1の終了時に、バイオマスDHプラントおよびQ計画のQMを確立しました</li> <li>2. プロジェクトフェーズ2の終了時に、予備調査のレベルでQチェックとQコントロール</li> <li>3. プロジェクトフェーズ3の終了時に、予備調査のレベルでQチェックとQコントロール</li> <li>4. プロジェクトフェーズ5の終了時に、予備調査のレベルでQチェックとQコントロール</li> <li>5. Q-プロジェクトフェーズ6の終了時に、1年間の運転後にバイオマスDHプラントのQMをチェックし、完了します</li> </ol>
単価熱源	単一エネルギーキャリアによる熱生成。たとえば、バイオマスボイラー専用の加熱システム（二価発熱）などがあります。
ネットワーククリティカルノード	ネットワーククリティカルノードです。フローとリターンの間の差圧が最も低いヒーティングネットワーク内に配置します。このポイントでは通常、ヒータセンターから遠く離れたトランスファステーションにあります。ヒーティングネットワークの作動状態（放電または供給）によって移動することがあります。ネットワーククリティカルノードは、ネットワークポンプ（メインポンプユニット）用に定義された変数として機能します。ネットワーク内のクリティカルノードに差圧センサーを取り付けることで、クリティカルノードの差圧に応じてネットワークポンプを制御することもできます。
ネットワーク圧力	ネットワーク圧力は、地域加熱パイプラインの圧力です。
ネットワーク分離	ネットワーク分離とは、2つのネットワークセクションまたはネットワークを世代単位から分離することです。これは、たとえば熱交換器（技術的分離、別々の熱伝達媒体）や水流分離器（水流分離、一般的な熱伝達媒体）によって実現できます。
ネットワーク温度	ネットワーク温度は、フローと戻り温度のジョイント仕様で、摂氏（例 80/50）とは、ヒーティングネットワークの一般的な価値として理解されていることを意味します（夏と冬のおペラとの違いが考えられます）
定格熱出力	製造業者の仕様および時間制限なしで定義された燃料に基づいて設計されたシステム（バイオマスボイラーなど）の最高連続出力です。



用語	意味
公称圧力PN（圧力公称）	定格圧力は、パイピングシステムの設計圧力の基準値です。これは、DIN、EN、およびISOに従って、PN（圧力定格）の後に室温（20° C）での設計圧力をbar単位で示す数値で指定されています。定義と選択はEN 1333 [149]に従って行われます
運転の最適化、プラントのオペレーションの最適化を実現します	運用の最適化により、設備の機能は、設備が所有者に渡された後で体系的にチェックされ、最適化されます。バイオマスDHプラントのQMでは、運用の最適化は、メインプランナの指示に従って作業を行う企業の責任です（第18章を参照）。
ピーク負荷	通常は短時間のみ発生する最大熱出力要求です（例：非常に低い屋外温度、朝の暖房ネットワークのピーク負荷）。システムのピーク負荷は通常、1日または1年の平均出力の何倍も高くなります。発生するピーク負荷は、設備の構成とすべての設備コンポーネントの寸法付けに大きな影響を与えます。負荷分散蓄熱タンクを統合することで、熱源プラントで供給される有効ピーク負荷を低減することができます。ピーク負荷をカバーするために、追加の（多くの場合化石燃料）ピーク負荷ボイラーも使用されます。これらは、幅広い制御範囲を持ち、すばやくオン/オフを切り替えることができます必要があります。追加の冗長性として、ピーク負荷ボイラーは、1つまたは複数のベース負荷ボイラーの故障（故障バックアップ）を補正するために、大規模に設計されていることがよくあります。
清掃から清掃までの期間	（手動）洗浄のために、2つの計画されたシャットダウン間の、点火またはボイラープラントの動作期間（クリーニング間隔）です。
パイプライン	この用語には、地方自治体、都市、または企業の下水、水、廃水、および電力線が含まれます。
予備調査（仮計画、フェーシース性調査）	要件を最も満たすプロジェクトバリエーションが決定される初期のプロジェクトフェーズです。予備調査に基づき、プロジェクトの継続（投資決定）を決定します。予備調査は、クーデター/地域に応じて、予備計画、実現可能性調査、プロジェクトおよび準備計画とも呼ばれます（第3.2章も参照）。
圧力維持水流システムのサブシステム（熱源および熱分配）。	これは、最低温度と最高温度の間の熱水の量の変化を吸収し、プリセットされた静的圧力をほぼ一定に保ちます（圧力の確実なメンテナンス）。
一次側	伝達ステーションの一次側は暖房ネットワーク側（つまり領域暖房媒体が流れるシステムの一部）です。一次流量と戻り温度という用語は、熱交換器の一次側（ネットワーク側）で発生する温度です。同様に、「一次圧力」という用語を使用します（「二次側」も参照）。
プロジェクトフェーズ	QM Holzheizwerkeは、プロジェクトプロセスを次の6つのプロジェクトフェーズに分割します。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 予備調査</li> <li>2. 設計計画を作成</li> <li>3. 支払い計画を作成</li> <li>4. 入札と契約</li> <li>5. 実行と承認</li> <li>6. 運用の最適化を実現</li> </ol> <p>QM Holzheizwerkeのプロジェクトフェーズでは、一般的なプロジェクトシーケンスについて説明しますが、個々のプロジェクトフェーズの用語と詳細な作業範囲は、国や地域によって異なる場合があります。そのためには、各国固有の規格およびガイドラインを考慮する必要があります。</p>
プロジェクト関連の品質管理（PQM）	複数の企業が関与する期間限定のプロジェクトで、必要な品質が定義され、テストされていることを確認します。PQMは、企業関連の品質管理（ISO 9000による認証）および製品サンプルのテスト（タイプテスト）と混同しないでください。ただし、PQMは、プロジェクトに関与する企業の企業関連認定QMシステムのフレームワーク内で適用できます。（QM HolzheizwerkeはPQMシステムです。第2.1章を参照してください）。
バイオマス地域加熱プラント用QM	バイオマスプラントのプロジェクト関連品質管理システムです。特に、高い運転安全性、正確な制御、低排出ガス、経済的な燃料物流を確保するために、熱源プラントと加熱ネットワークの専門的な構想、計画、実現に重点を置いています。この目標は、プラント全体の効率的で低排出ガスで経済的な運転を実現することです。
品質管理者（Qマネージャ）	は、品質管理システム「QM for Biomass DH plants」が定義、実装、および保守されていることを確認します。その活動は、品質計画、品質管理、品質チェックです。
Q-Plan	は、バイオマスDHプラントの品質要件（計測、測定方法、許容範囲を含む）と責任を定義し、プロジェクトのさらなる過程で定期的にチェックおよび更新されるQMの中心文書です。Q-Planは、次の2つのドキュメントで構成されています。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● マイルストーン1でのバイオマスDHプラントに対するQMのタブ処理中に作成されるメインドキュメント</li> <li>● Excelテーブルを含む追加のドキュメント。これは、バイオマスDHプラントのQMによって作成され、各マイルストーンに到達したときに作成されます。この追加ドキュメントは、プロジェクト中の品質管理と品質管理に使用されます（2.3.4章を参照）。</li> </ul>

用語	意味
	品質 (Q) 材料や材料の標準 (ここでは、バイオマス加熱プラントと加熱ネットワーク) と期待される品質 (通常、個々の品質要件の合計で構成されます) との関係。品質が良いということは、実現されたプロジェクトが、合意された許容範囲内でQ-Planで合意されたすべての品質要件を満たすことを意味します。
品質は	プロジェクトの進行中、特に最終チェック (最終チェック) 時に、品質計画で合意された品質要件が合意された許容範囲内であるかどうかを確認するために、継続的なチェックを行います。
品質管理 (Q-control)	プロジェクトプロセスでの測定の見直し。これにより、品質偏差が検出され、時間内に修正されます。
品質管理 (QM)	品質要件と責任を定義し、品質計画、品質チェック、品質管理を通じて実装する方法論とすべてのアクティビティが含まれます。
品質計画 (Q計画)	品質要件の明確な定義。品質要件には、責任、計測、測定方法、および品質計画の許容範囲が含まれます。これにより、Qプランに記載されている個々の要件が、建築の認識されたルールおよび現在のアートの状態に準拠していることが保証されます
品質要件 (Q要件)	システムの品質に応じて個別の要件が設定されます。QM Holzheizwerkeでは、バイオマス加熱プラントの品質要件がQ計画に定義されています。品質要件は、Qガイドラインで詳しく規定されています。  クエンチは、オプションとして、排煙凝縮プラントの統合可能な部分です。クエンチでは、水を注入することで、熱い排ガスの流れが飽和点まで冷却されます。これにより、排ガスらの熱回収 (熱伝導) が向上します。また、排ガスが飽和することで、下流のコンデンサが常に濡れて作動し、汚れや腐食を防止します。また、ウォータインジェクションは、排ガスから粉塵を「洗い出し」ます。そのため、クエンチは、排ガススクラパーの一部でもあります。この部分では、水の噴射によって排ガスの流れにほこりが結合され、下流のドロップレットセパレータ (遠心分離器など) で分離されます。
冗長性	通常の動作では不要な追加機能ユニットをバックアップとして提供し、動作安全性を向上させます (例: 同一設計の2つ目のポンプの設置)。
ルート (Route)	ルートは、地域暖房パイプラインの敷設 (ルーティング) に必要な施設です。このルートの決定は、地域暖房ネットワークの計画の一部であり、供給エリアの開発、将来のネットワーク拡張、暖房ネットワークの投資コストに大きな影響を与えます。
ルート長さ	ルートの長さは、メイン、ブランチ、およびハウス接続パイプのルートの全長 (メートル単位) です (ドイツ語では「Trassenmeter」-トレンチメータ (TRM) とも呼ばれます)。フローとリターンそれぞれのパイプの長さは、ルートの長さの2倍です。
ルーティング (Route length Routing)	
二次側	伝達ステーションの二次側は暖房ネットワーク側 (つまり領域暖房媒体が流れるシステムの一部) です二次流量と戻り温度という用語は、熱交換器の二次側 (ネットワーク側) で発生する温度です。同様に、「二次圧力」という用語を使用します (「一次側」も参照)。
耐用年数	サービス寿命とは、システム、機械、または工具が次のメンテナンス、清掃、または類似の作業を実施するまでの期間です。これは、システム (マシン、ツール) が中断なく動作できる期間です。  林業での積み重ね、「積み重ね」または「木の山」という用語は、コレクションや材木のヤードに保存されている同じ長さの積み上げられた丸太を表すために使用されます。
ストーカー (ストーカースクリュ)	燃料が燃焼室または燃焼格子に直接供給されるコンベアユニットです。このため、燃料貯蔵から炉への燃料輸送の最後のリンクとなります。ストーカーは、スクリュコンベア、油圧挿入装置などとして設計できます (スプレッダーストーカーによるスローフィードなど)。ストーカーは、均一な燃料供給を確保し、エア排除、バックファイア防止、および温度抵抗に関する特別な要件を満たす必要があります。  同等の成功を収めたプロジェクトで実証された目標値です。Q要件にターゲット値が指定されている場合、この値を指定する必要があります。ただし、この目標値から逸脱する理由がある場合もありますが、逸脱は正当化される必要があります。(一方、制限値を超えたりアンダーカットしたりすることはできません)。
関税表	(関税表) 関税表は、熱供給契約の一部であり、熱供給に関する価格、関税、その他の条件を規制しています (「熱供給契約」も参照)。
技術的な接続要件 (TCR)	技術的な接続要件 (技術的な接続基準も含む) は、圧力、温度、材料、測定機器、請求など、技術的に関連するすべての接続条件を地域の暖房ネットワークに適合させるのが理想的です。これらは、地域暖房ネットワークの計画、接続、および運用に適用されます。TCRは、熱供給契約の一部です (8.9.2章を参照)。

用語	意味
	<p>流量と戻り温度、または装置の入口と出口の間の温度分布の差です。領域暖房ネットワークでは、主に、関心のある第1面の温度分布です。たとえば、入口と出口の間の熱発生器の場合や、蓄熱タンクの上部和下部の間の場合は、地域暖房ネットワークでの温度分布です。</p>
<p>入札と契約</p>	<p>入札プロジェクトが入札および落札されるプロジェクトフェーズです。「入札計画」という用語も一般的に使用されます。これには、入札書類の準備と発送、落札契約の準備（入札比較、価格比較）、および契約の落札への参加が含まれます。入札の準備の基礎は、入札の時点では、プラントの計画ステータスを表す入札プロジェクトです。</p>
<p>トランスファステーション（ディストリクトヒーティングトランスファステーション、ヒートトランスファステーション）</p>	<p>転送ステーションは、ハウス接続パイプラインと消費者の設置との間のリンクです。これは、熱の伝達と熱消費の測定の契約に使用されます。</p>
<p>使用率、年間効率</p>	<p>使用率は、定義された長期間に発生する有効エネルギーと、同じ期間に供給されるエネルギーの比率です。これは、定義された期間の合計有用エネルギー（熱量計の総熱の読み取りなど）を、検討中の期間に追加された供給エネルギー（燃料の発熱量など）で除算した値に対応します。1年間の観測では、年間効率と呼ばれます（第20.12章も参照）。</p> <p>供給エネルギーに対する有効エネルギーの比率が短時間の観測期間または瞬時の値として決定される場合、これを効率と呼びます（「効率」も参照）。</p>
	<p>廃熱とは、プロセスの副産物として発生し、使用されていない環境に放出される熱の流れを表す用語であり、ポンプ、ファン、熱交換器または冷却システムのエネルギー消費を増やすことで、望ましくない熱交換に貢献します。</p>

## 22 資料

- [1] Eurostat, «Energy balances 2018». <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (zugegriffen Jan. 22, 2021).
- [2] A. Camia, N. E. Cazzaniga, R. Jonsson, und D. Palermo, «Sankey diagrams of woody biomass flows in the EU-28.», European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy, Brüssel, Broschüre, 2019. Zugegriffen: Jan. 28, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [http://publications.europa.eu/publication/manifestation\\_identified/PUB\\_KJ0119205ENN](http://publications.europa.eu/publication/manifestation_identified/PUB_KJ0119205ENN)
- [3] European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy, «Sankey diagrams of woody biomass flows in the EU-28 - Years 2009-2015». European Commission, 2019. Zugegriffen: Jan. 28, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/227292>
- [4] N. Scarlet, J.-F. Dallemand, N. Taylor, und M. Banja, «Brief on biomass for energy in the European Union», Publications Office of the European Union, 2019. Zugegriffen: Jan. 22, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/111111111/55047>
- [5] IEA Data and statistics, «World Energy Balance 2018», IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables> (zugegriffen Jan. 22, 2021).
- [6] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, «World Population Prospects: The 2017 Revision, Data Booklet», Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ST/ESA/SER.A/401, 2017. Zugegriffen: Jan. 22, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_DataBooklet.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_DataBooklet.pdf)
- [7] R. Palen, «First population estimates - EU population up to nearly 513 million on 1 January 2018 - Increase driven by migration», Eurostat, Brüssel, Newsrelease 115/2018, Juli 2018. Zugegriffen: Jan. 22, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>
- [8] U. Kaufmann, «Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien», Bundesamt für Energie, Bern, Ausgabe 2018, Sep. 2019. Zugegriffen: Jan. 28, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geoda-ten/energiestatistiken/teilstatistiken-ex-turl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVib-GlJYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvOTgyOQ==.html>
- [9] International Renewable Energy Agency IRENA, «Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2019», International Renewable Energy Agency IRENA, Abu Dhabi, 2019. Zugegriffen: Jan. 22, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [/publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019](https://publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019)
- [10] Observ' ER, «The state of Renewable Energies in Europe - 19th Observ' ER Report». <http://www.energies-renouvelables.org/> (zugegriffen Jan. 22, 2021).
- [11] A. P. C. Faaji, «Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature», University of Groningen, Groningen, Fachartikel, 2018. Zugegriffen: Jan. 22, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://energy.nl/wp-content/uploads/2019/06/Bioenergy-Europe-EU-Biomass-Resources-Andr%C3%A9-Faaij-Final.pdf>
- [12] M. Banja, R. Sikkema, M. Jégard, V. Motola, und J.-F. Dallemand, «Biomass for energy in the EU - The support framework», Energy Policy, Bd. 131, S. 215-228, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.04.038.
- [13] Directorate-General for Energy (European Commission), Trinomics, T. Badouard, und M. Altman, Energy subsidies: energy costs, taxes and the impact of government interventions on investments: final report. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2020. Zugegriffen: Sep. 29, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/546611>
- [14] Europäischer Rechnungshof, Hrsg., Wurden mit den Mitteln aus den Fonds der Kohäsionspolitik zur Förderung der Erzeugung erneuerbarer Energien gute Ergebnisse erzielt? gemäß Artikel 287 Absatz 4 Unterabsatz 2 AEUV. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2014.
- [15] R. Bühler, H. R. Gabathuler, und A. Jenni, Q-Leitfaden QMstandard, 3. erweiterte Auflage., Bd. 1, 6 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2011. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qmholzheizwerke.ch/publikationen.html>  
In English „Q-Guidelines“ available under: <https://www.qm-biomass-dh-plants.com/downloads.html>
- [16] S. Thalmann, Erneuerung Holzenergieanlagen. Zürich: Holzenergie Schweiz und ARGE QM Holzheizwerke, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/downloads.html>
- [17] ARGE QM Holzheizwerke, «QM Holzheizwerke», QM Holzheizwerke. <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/home.html> (zugegriffen Dez. 09, 2019).
- [18] B. Meier, C. Moser, C. Vogler, und R. Dettli, «Sozioökonomische Aspekte thermischer Netze», econcept AG, Zürich, Schlussbericht, Apr. 2019. Zugegriffen: März 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.econcept.ch/de/projekte/sozio-ökonomische-aspekte-thermischer-netze/>
- [19] T. Nussbaumer, S. Thalmann, A. Jenni, und J. Ködel, Planungshandbuch Fernwärme, Version 1.2. Zürich: Verenum Dr. Thomas Nussbaumer, 2018. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.verenum.ch/Planungshandbuch\\_QMFW.html](http://www.verenum.ch/Planungshandbuch_QMFW.html)

- In English “Handbook on Planning of District Heating Networks” Version 1.0 from 2020 (translation of version 1.2 in German) available under: [http://www.verenum.ch/Dokumente/Handbook-DH\\_V1.0.pdf](http://www.verenum.ch/Dokumente/Handbook-DH_V1.0.pdf)
- [20] L. Küng, P. Kräuchi, und G. Kayser, «Risiken bei thermischen Netzen», BG Ingenieure und Berater AG, Bern, Schlussbericht, Apr. 2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energie-schweiz.ch/de-ch/home.aspx?p=22949,22963,22984,22985>
- [21] H. Thorwarth, H. Gerlach, L. Rieger, M. Schroth, R. Krichhof, und J. Tejada, «Natürliche Einflüsse auf die Qualität von Holzbrennstoffen und deren Auswirkungen auf den Betrieb von Holz-Heizkraftwerken», VGB PowerTech J. 112018, 2018, Zugriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.vgb.org/pt\\_11\\_18.html](https://www.vgb.org/pt_11_18.html)
- [22] «DIN EN ISO 16993:2016-11, Biogene Festbrennstoffe - Umwandlung von Analyseergebnissen einer Bezugsbasis in Ergebnisse mit anderer Bezugsbasis (ISO\_16993:2016); Deutsche Fassung EN\_ISO\_16993:2016», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2555895.
- [23] «DIN EN ISO 17225-1:2014-09, Biogene Festbrennstoffe - Brennstoffspezifikationen und -klassen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO\_17225-1:2014); Deutsche Fassung EN\_ISO\_17225-1:2014», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2073606.
- [24] «DIN EN ISO 18125:2017-08, Biogene Festbrennstoffe - Bestimmung des Heizwertes (ISO\_18125:2017); Deutsche Fassung EN\_ISO\_18125:2017», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2603463.
- [25] J. Hahn, M. Schardt, F. Schulmeyer, und F. Mergler, «Energieinhalt von Holz», Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, Merkblatt 12, 2014. Zugriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/lwf\\_merkblatt/022952/index.php](https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/lwf_merkblatt/022952/index.php)
- [26] F. Kollmann, «Holz und Feuchtigkeit Teil 2: Freies Wasser, Schwinden und Quellen, Eigen-schafts-änderungen, Holzfeuchtigkeit und Schädlinge, Heizwert», Holz-Zentralblatt, S. 1428-1429, 1982.
- [27] M. Kaltschmitt, H. Hartmann, und H. Hofbauer, Hrsg., Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, 3., Aktualisierte und Erweiterte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, 2016.
- [28] «DIN EN ISO 17827-1:2016-10, Biogene Festbrennstoffe - Bestimmung der Partikelgrößenverteilung für unkomprimierte Brennstoffe - Teil 1: Horizontales Rüttelsiebverfahren mit Sieben mit einer Lochgröße von 3,15 mm und darüber (ISO\_17827-1:2016); Deutsche Fassung EN\_ISO\_17827-1:2016», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2360044.
- [29] D. Kuptz, E. Dietz, K. Schreiber, C. Schön, R. Mack, und H. Hartmann, Holz hackschnitzel aus dem Kurzumtrieb - Brennstoffqualität und Verbrennungsverhalten. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2018. Zugriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/ser-vice/presse/186025/index.php>
- [30] M. Kern, T. Raussen, K. Funda, A. Lootsma, und H. Hofmann, Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt, 2010. Zugriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufwand-nutzen-einer-optimierten>
- [31] L. Eltrop und Universität Stuttgart, Hrsg., Leitfaden feste Biobrennstoffe: Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen im mittleren und großen Leistungsbereich, 4., Vollst. überarb. Aufl. Gülzow-Prützen: FNR, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2014.
- [32] H. Thorwarth, M. Wöhler, und S. Rieder, «Influence of Road Salt on Chemical Properties of Road Side Biomass», gehalten auf der 25th European Biomass Conference and Exhibition, Stockholm, Juni 12, 2017.
- [33] H. Thorwarth und M. Scheuber, «Die Qualität bestimmt die Grenzen der Kaskadennutzung von Altholz», MÜLL ABFALL, Nr. 3, S. 6, März 2020, doi: 10.37307/j.1863-9763.2020.03.06.
- [34] P. O. of the E. Union, Beschluss der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates Text von Bedeutung für den EWR. Publications Office of the European Union, 2014. Zugriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <http://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/bb120f99-8ff5-11e4-b8a5-01aa75ed71a1/language-de/format-PDFA1A>
- [35] Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen. 2005. Zugriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2005/714/de>
- [36] Schweizerische Eidgenossenschaft, Luftreinhalte-Verordnung (LRV), Bd. 814.318.142.1. 1985, S. 94. Zugriffen: Dez. 09, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19850321/index.html>
- [37] N. Hofmann, T. Mendel, D. Kuptz, F. Schulmeyer, H. Borchert, und H. Hartmann, Lagerung von Holz hackschnitzeln - Trockenmasseverluste, Änderungen der Brennstoffqualität und Kosten. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2017. Zugriffen: Apr. 21, 2021.



- [Onli-ne]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [38] W. Becke, C. Fink, M. Hamilton-Jones, R. Pertschy, und C. Rohringer, «Monitoring-Ergebnisse von grossen Solarthermie-Anlagen für Trocknungs-anwendungen», in Tagungsunterlagen Online-Symposium Solarthermie und Innovative Wärme-systeme, Connexio GmbH, Hrsg. Connexio GmbH, 2021, S. 196-207.
- [39] W. Emhofer, «Emissions from wood pellets during storage», Thesis, 2015. Zugegriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/3701>
- [40] «Phyllis2 - Database for the physico-chemical composition of (treated) lignocellulosic biomass, micro- and macroalgae, various feedstocks for bi-ogas production and biochar». <https://phyllis.nl/> (zugegriffen Apr. 21, 2021).
- [41] «FRED - Feste Regenerative Energieträger Datenbank». <https://www.fred.bayern.de/> (zugegriffen Apr. 21, 2021).
- [42] H. Thorwarth, «Validierung und Automatisierung der Brennstoffanalytik in einem Heizwerk», gehalten auf der 16. Fachkongress Holzenergie, Augsburg, 2016.
- [43] L. Lasselsberger, Kleinf Feuerungen für Holz - Verbrennungstechnik/Stand der Technik/Regelwerke/Entwicklung. Wieselburg: Bundesanstalt für Landtechnik, 2000.
- [44] D. Kuptz, F. Schulmeyer, K. Hüttl, E. Dietz, H. Borchert, und H. Hartmann, Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2015. Zugegriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [45] «DIN EN ISO 18134-1:2015-12, Biogene Festbrennstoffe - Bestimmung des Wassergehaltes - Ofentrocknung - Teil\_1: Gesamtgehalt an Wasser - Referenzverfahren (ISO\_18134-1:2015); Deutsche Fassung EN\_ISO\_18134-1:2015», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2311530.
- [46] «DIN EN ISO 18134-2:2017-05, Biogene Festbrennstoffe - Bestimmung des Wassergehaltes - Ofentrocknung - Teil\_2: Gesamtgehalt an Wasser - Vereinfachtes Verfahren (ISO\_18134-2:2017); Deutsche Fassung EN\_ISO\_18134-2:2017», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2637759.
- [47] T. Mendel, D. Kuptz, A. Überreiter, und H. Hartmann, Schnellbestimmung des Wassergehalts von Holzhackschnitzeln. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2017. Zugegriffen: Apr. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [48] «DIN EN ISO 18122:2016-03, Biogene Festbrennstoffe - Bestimmung des Aschegehaltes (ISO\_18122:2015); Deutsche Fassung EN\_ISO\_18122:2015», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2316155.
- [49] C.A.R.M.E.N. e.V., «Marktpreise Hackschnitzel». <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-hackschnitzel/> (zugegriffen Apr. 21, 2021).
- [50] M. Mladenović, M. Paprika, und A. Marinković, «Denitrification techniques for biomass combustion», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Bd. 82, S. 3350-3364, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.10.054.
- [51] S. Van Loo und J. Koppejan, Hrsg., *The handbook of biomass combustion and co-firing*. London; Washington, DC: Earthscan, 2010.
- [52] I. Obernberger, *Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens aschebildender Elemente*. Graz: dbv-Verlag der Technische Universität Graz, 1997. Zugegriffen: Apr. 15, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://graz.pure.elsevier.com/en/publications/nutzung-fester-biomasse-in-verbrennungsanlagen-unter-besonderer-b>
- [53] A. Lauber und T. Nussbaumer, «Praxiseinsatz und Überwachung von automatischen Holzfeuerungen mit Elektroabscheider», Verenum im Auftrag Bundesamt für Energie, Bern, Schlussbericht, Dez. 2014.
- [54] T. Nussbaumer, «Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz», Doctoral Thesis, ETH Zurich, 1989. doi: 10.3929/ethz-a-000514834.
- [55] R. Keller, «Primärmasnahmen zur NOx-Minderung bei der Holzverbrennung mit dem Schwerpunkt der Luftstufung», Doctoral Thesis, ETH Zurich, 1994. doi: 10.3929/ethz-a-000945058.
- [56] R. Salzmann und T. Nussbaumer, «Fuel Staging for NO x Reduction in Biomass Combustion: Experiments and Modeling», *Energy Fuels - EN-ERG FUEL*, Bd. 15, Mai 2001, doi: 10.1021/ef0001383.
- [57] T. Nussbaumer, «Primär- und Sekundärmasnahmen zur Stickoxidminderung bei Holzfeuerungen», in *Moderne Feuerungstechnik zur energetischen Verwertung von Holz und Holzabfällen: Emissionsminderung, Konzepte und ausgeführte Anlagen*, Düsseldorf: Springer-VDI-Verl, 1997, S. 279-308.
- [58] H. Fastenaekels und T. Nussbaumer, «Entwicklung einer kombinierten Unterschub- und Einblasfeuerung zur Luft- und Brennstoffstufung», in *Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der Holzvergasung*, T. Nussbaumer, Hrsg. Zürich: Bundesamt für Energie BfE, 2002, S. 89-102.
- [59] C. Jirkowsky, R. Pretzl, T. Malzer, und K. Sihorsch, «Grundlagen der Staubabscheidung für Biomassefeuerungen ab 100 kW», in *Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der Holzvergasung*,

- T. Nussbaumer, Hrsg. Zürich: Bundesamt für Energie BfE, 2002, S. 53-72.
- [60] J. Good und T. Nussbaumer, «Wirkungsgradbestimmung bei Holzfeuerungen», Verenum im Auftrag Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern, Schlussbericht, 1993.
- [61] «DIN IEC 60050-351:2014-09, Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil\_351: Leittechnik (IEC\_60050-351:2013)», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2159569.
- [62] H. R. Gabathuler und H. Mayer, Standard-Schaltungen Teil I QM Holzheizwerke, 2. erweiterte Auflage., Bd. 2, 5 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2010. In English „Standard hydraulic schemes Part 1 “ available under: <https://www.qm-biomass-dh-plants.com/downloads.html>
- [63] H. Lutz, W. Wendt, und V. G. & C. Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Taschenbuch der Regelungstechnik mit MATLAB und Simulink. 2019.
- [64] W. Böge und W. Plafmann, Hrsg., «Grundlagen und Grundbegriffe der Meßtechnik», in Vieweg Handbuch Elektrotechnik: Grundlagen und Anwendungen für Elektrotechniker, Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2007, S. 735-740. doi: 10.1007/978-3-8348-9217-1\_57.
- [65] «DIN EN 61131-1:2004-03, Speicherprogrammierbare Steuerungen - Teil\_1: Allgemeine Informationen (IEC\_61131-1:2003); Deutsche Fassung EN\_61131-1:2003», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/9537680.
- [66] «DIN EN 12953-6:2011-05, Großwasserraumkessel - Teil 6: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel; Deutsche Fassung EN 12953-6:2011», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/1719251.
- [67] Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV) und Deutsches Pelletinstitut GmbH, Hrsg., Lagerung von Holzpellets - ENplus-konforme Lagersysteme, 5. überarbeitete Auflage. Berlin: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV), 2019. Zugegriffen: Juni 04, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://depv.de/p/Broschure-Lagerung-von-Holzpellets-ENplus-konforme-Lagersysteme-hienxHo3uXFMhgnQNTNyMc>
- [68] Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), «Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne - Brand- und Explosionsschutz», Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Mainz, BGI 739-2, Juli 2012. Zugegriffen: Nov. 19, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informatio-nen/2832/absauganlagen-und-silos-fuer-holz-staub-und-spaene>
- [69] J. Good u. a., Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 2. leicht überarbeitete Auflage., Bd. 4, 5 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2008.
- [70] Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Hrsg., Brandschutzerläuterung Spänefeuerungen 104-15. Bern: Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, 2015. Zugegriffen: Mai 05, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-157.pdf/content>
- [71] A. Hammerschmid und A. Stallinger, Standard-Schaltungen Teil II QM Holzheizwerke, 1. Auflage., Bd. 5, 5 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2006.
- [72] C. U. Brunner, J. Nipkow, P. Gyger, und T. Staubli, Pumpen - Die wichtigsten Fakten zur Auswahl und zum Einsatz von Förderpumpen. Zürich: Topmotors, 2012. Zugegriffen: Juli 19, 2021. [On-line]. Verfügbar unter: [https://www.topmotors.ch/sites/default/files/2018-08/D\\_MB\\_23\\_Pumpen.pdf](https://www.topmotors.ch/sites/default/files/2018-08/D_MB_23_Pumpen.pdf)
- [73] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., «FW 218 - Planung, Bau und Abnahme von Messstellen für thermische Energie». AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., März 2020. Zugegriffen: Okt. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agfw-shop.de/regelwerk/2-warmemessung-und-abrechnung/fw-218c-entwurf-einbau-und-abnahme-von-messgeraeten-fuer-thermische-energie-druckfassung.html>
- [74] «FW 510 - Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb», AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung GmbH, Frankfurt am Main, Arbeitsblatt, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agfw.de/regelwerk/>
- [75] «Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen», Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren SWKI, Urtenen-Schönbühl, Richtlinie BT102-01, 2012. Zugegriffen: Apr. 15, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://shop.snv.ch/Technische-Regel/Diverses/SWKI-BT102-01/SICC-BT102-01.html?type=search&searchparam=BT102-01%20>
- [76] T. Nussbaumer, S. Thalman, A. Jenni, und S. Mennel, Leitfaden zur Planung von Fernwärme-Übergabestationen, Version 1.0. Zürich: Verenum AG, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.verenum.ch/Dokumente\\_QMFW.html](http://www.verenum.ch/Dokumente_QMFW.html)
- [77] S. Frederiksen und S. Werner, District heating and cooling, 1. Auflage. Lund: Studentlitteratur, 2013.
- [78] H. Ernst, Technisches Handbuch Fernwärme, 3. Aufl. Frankfurt am Main: AGFW, 2013.
- [79] «FW 515 - Technische Anschlussbedingungen Heizwasser (TAB-HW)», AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung GmbH, Frankfurt am Main, Merkblatt, 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agfw.de/regelwerk/>
- [80] M. Meyer, «Verwertung von Biomasseaschen als wertvoller Dünger für die Land- und Forstwirtschaft», Biomasseverband OÖ, Linz, 2014.

- [81] I. Obernberger, «Aschen aus Biomassefeuerungen - Charakterisierung, Aufbereitung und Verwendungsmöglichkeiten», gehalten auf der 2. Fachgespräch zur Verwertung naturbelassener Biomasseaschen, Jena, 2020.
- [82] «Markt für Holzasche befindet sich im Entstehen», Holz-Zentralblatt, Zeitungsartikel, Nov. 2015.
- [83] M. Jutz, M. Tobler, A. Keel, und U. Rhyner, «Projekt HARVE - Holzaschen in der Schweiz: Aufkommen, Verwertung und Entsorgung», Holzenergie Schweiz, Bern, PP-Präsentation, 2020.
- [84] I. Obernberger, «Aschen aus Biomassefeuerungen - Zusammensetzung und Verwertung», in Thermische Biomassenutzung: Technik und Realisierung; Tagung Salzburg, 23. und 24. April 1997, Gesellschaft Energietechnik, Hrsg. Düsseldorf: VDI-Verl, 1997, S. 199-222.
- [85] A. Keel, «Auswertung Analyseberichte Holzaschen - unveröffentlicht». Holzenergie Schweiz, 2020.
- [86] R. Zürcher, «Entsorgung von Aschen und Filterstäuben aus Holzfeuerungen im Kanton Bern», Fachhochschule Nordwestschweiz Windisch, Masterthesis MAS, 2016.
- [87] B. Müller, «Einfluss von Brennstoff und Anlagenbetrieb auf die Aschequalität», gehalten auf der 1. Schweizer Holzaschen Fachtagung, Eschenz, Nov. 12, 2020.
- [88] A. Keel, «Etablierung der Deponierung von Holzaschen nach VVEA und Ansätze zur Verwertung», gehalten auf der 15. Holzenergie-Symposium, ETH Zürich, Sep. 14, 2018.
- [89] Schweizerische Eidgenossenschaft, Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen VVEA (Abfallverordnung), Bd. SR 814.600. 2015, S. 22. Zugegriffen: Jan. 19, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20042593/index.html>
- [90] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV). 2001, S. 32. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/avv/BJNR337910001.html>
- [91] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (KrWG). 2012, S. 54. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/BJNR021210012.html>
- [92] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV). 1998, S. 58. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/BJNR295500998.html>
- [93] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV). 2009, S. 64. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/depv\\_2009/BJNR090010009.html](https://www.gesetze-im-internet.de/depv_2009/BJNR090010009.html)
- [94] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln1 (Düngemittelverordnung - DüMV). 2012, S. 117. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_mv\\_2012/BJNR248200012.html](https://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/BJNR248200012.html)
- [95] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Düngegesetz (DüngG). 2009, S. 13. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_ngg/BJNR005400009.html](https://www.gesetze-im-internet.de/d_ngg/BJNR005400009.html)
- [96] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). 2017, S. 46. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_v\\_2017/BJNR130510017.html](https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/BJNR130510017.html)
- [97] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV). 2006, S. 22. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv\\_2007/BJNR229810006.html](https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv_2007/BJNR229810006.html)
- [98] H. Reisinger, B. Winter, I. Szednyj, S. Böhmer, und T. Janhsen, Abfallvermeidung und -verwertung. Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich., Bd. 0003. Wien: Umweltbundesamt GmbH i.A. für Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005. Zugegriffen: Apr. 09, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub\\_id=1581&cHash=38c7041b49115f2560a5558691a1a86c](https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=1581&cHash=38c7041b49115f2560a5558691a1a86c)
- [99] H. Holzner, I. Obernberger, und K. Katzensteiner, Richtlinie für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen, 1. Auflage. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011.
- [100] VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung, VDI 2067 Blatt 1 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012. Zugegriffen: Nov. 18, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2067-blatt-1-wirtschaftlichkeit-gebuedetechnischer-anlagen-grundlagen-und-kostenberechnung-1>
- [101] «ÖKL-Merkblatt 67 Planung von Biomasseheizwerken und Nahwärmenetzen», Österreichisches

- Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL), Wien, 3. Auflage, 2016. Zugegriffen: März 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://oekl.at/publikationen/merkblaetter/mb67/>
- [102] C.A.R.M.E.N. e.V., SOPHENA - Software zur Planung von Heizwerken und Nahwärmenetzen. GreenDelta GmbH. Zugegriffen: Juni 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.carmen-ev.de/service/sophena/>
- [103] J.-P. Thommen, Betriebswirtschaft und Management: Eine managementorientierte Betriebswirtschaftslehre, 10., Überarbeitete und Erweiterte Auflage. Zürich: Versus, 2016.
- [104] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., «AVBFernwärmeV», Energiewirtschaft, Recht & Politik / Recht / AVBFernwärmeV, Nov. 26, 2019. <https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/recht/avbfernwaermev/> (zugegriffen Nov. 26, 2019).
- [105] «Effiziente Heizwerke, klimaaktiv». [https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente\\_heizwerke.html](https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente_heizwerke.html) (zugegriffen Nov. 24, 2021). In English "Economic Profitability Calculation" tool available in the [download area](#) of QM for Biomass DH Plants
- [106] S. Thalmann, THENA. Zürich: Verenum Dr. Thomas Nussbaumer und ARGE QM Fernwärme, 2019. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.verenum.ch/Planungshandbuch\\_QMFW.html](http://www.verenum.ch/Planungshandbuch_QMFW.html)
- [107] S. Thalmann, DN-Sensi. Zürich: Verenum AG und ARGE QM Fernwärme, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.verenum.ch/Dokumente/FW\\_Tool\\_DN-Sensi\\_V1.3.xlsx](http://www.verenum.ch/Dokumente/FW_Tool_DN-Sensi_V1.3.xlsx)
- [108] ARGE QM Fernwärme, «QM Fernwärme», QM Fernwärme. [http://www.verenum.ch/index\\_QMFW.html](http://www.verenum.ch/index_QMFW.html) (zugegriffen Dez. 09, 2019).
- [109] QM Holzheizwerke, «Excel-Tabelle Situationserfassung QM Holzheizwerke», QM Holzheizwerke. <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/situationserfassung.html> (zugegriffen Dez. 31, 2019).
- [110] M. Peters, T. Steidle, und H. Böhmisch, Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden, 400. Aufl. Stuttgart: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2020. Zugegriffen: März 19, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf)
- [111] P. für S. EnergieSchweiz Gemeinden, Areale und Regionen, «Räumliche Energieplanung», Local Energy. <https://www.local-energy.swiss/in-fobox/raeumliche-energieplanung.html> (zugegriffen März 19, 2021).
- [112] «Pan-European Thermal Atlas PETA 5.1». <https://euf.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/in-dex.html?id=8d51f3708ea54fb9b732ba0c94409133> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [113] «THERMOS Tool», THERMOS, Apr. 22, 2021. <https://www.thermos-project.eu/thermos-tool/tool-access/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [114] «Hotmaps Toolbox». <https://www.hotmaps.eu/map> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [115] Schweizerische Eidgenossenschaft, «Swiss Geoportal, Wärme- und Kältenachfrage von Industrie, Wohnen und Dienstleistungen sowie bestehende thermische Netze», geo.admin.ch. <https://map.geo.admin.ch> (zugegriffen März 19, 2021).
- [116] «webGIS Datenbank VFS». <https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch/Dienstleistungen/webGIS.php> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [117] «Heat Roadmap Europe». <https://heatroadmap.eu/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [118] «EN ISO 52016-1:2018-04: Energetische Bewertung von Gebäuden - Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten - Teil 1: Berechnungsverfahren (ISO 52016-1:2017) Deutsche Fassung EN ISO 52016-1:2017; Schweizerische Fassung SN EN ISO 52016-1 \* SIA 380.211», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2577376.
- [119] «EN 12831-1:2017-09: Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3; Deutsche Fassung EN 12831-1:2017; Schweizerische Fassung SN EN 12831-3 \* SIA 385.203», Beuth Verlag GmbH.
- [120] T. Nussbaumer, «NOX Reduction in Biomass Combustion. Biomass for Energy and Industry», in 10th European Conference and Technology Exhibition, Würzburg, Juni 1998, S. 1318-1321.
- [121] S. Thalmann, T. Nussbaumer, J. Good, und A. Jenni, «Analyse und Optimierung von Fernwärmenetzen - Ist-Analyse von Fernwärmenetzen und Bewertungs-Tool zur Netz-Optimierung», Bundesamt für Energie BfE, Zürich, Schlussbericht, 2013.
- [122] «HSLU Software Tools», Hochschule-Luzern. <https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/ueber-uns/organisation/kompetenzzentren-und-forschungsgruppen/bau/gebauedtechnik-und-energie/software-tools/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [123] «Stanet Netzberechnung», STANET. <http://stafu.de/de/home.html> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [124] «ROKA3 Rohrnetzberechnungssoftware für Gas, Wasser und Fernwärme». <https://www.roka3.de/#> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [125] I. Kropp, «SIR 3S - 3S Consult GmbH». <https://www.3sconsult.de/software/sir-3s/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).



- [126] «Fernwärme in Kürze», Hochschule Luzern Technik und Architektur, Horw, März 2019.
- [127] J. Ködel und D. Hanggartner, «Fallbeispiele <Thermische Netze>», Hochschule Luzern, Horw, Zusammenfassung, Feb. 2018.
- [128] Helge Averfalk u. a., Low-temperature district heating implementation guidebook. Annex TS2 Implementation of low-temperature district heating systems. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2021.
- [129] Bundesamt für Umwelt BAFU, «Faktenblatt Emissionsfaktoren Feuerungen». Juni 2015. Zugriffen: Mai 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-da-ten/faktenblatt\\_emissionsfaktorenfeuerungen.pdf.download.pdf/faktenblatt\\_emissionsfaktorenfeuerungen.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-da-ten/faktenblatt_emissionsfaktorenfeuerungen.pdf.download.pdf/faktenblatt_emissionsfaktorenfeuerungen.pdf)
- [130] K. der B. L. der öffentlichen B. KBOB, «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016». Jan. 2016. Zugriffen: Mai 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten\\_baubereich.html](https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html)
- [131] T. Nussbaumer, «Erntefaktor von Energiesystemen mit Holzverbrennung», in Wege zur Nachhaltigkeit und Massnahmen zur Emissionsminderung und Wirtschaftlichkeitsverbesserung, T. Nussbaumer, Hrsg. Zürich: Bundesamt für Energie BfE, 2004, S. 7-27.
- [132] F. Kessler, N. Knechtle, und R. Frischknecht, «Heizenergie aus Heizöl, Erdgas oder Holz», Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 315, 2000.
- [133] L. Krebs und R. Frischknecht, «Life Cycle Assessment of GO based Electricity Mixes of European Countries 2018», treeze Ltd., Uster, Apr. 2021. Zugriffen: Mai 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://treeze.ch/projects/case-studies/energy/swiss-electricity-mixes>
- [134] C. Arpagaus, Hochtemperatur-Wärmepumpen: Marktübersicht, Stand der Technik und Anwendungspotenziale. Berlin Offenbach: VDE Verlag GmbH, 2019.
- [135] Schweizerische Bundesrat, Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV). 2005. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2005/478/de>
- [136] T. Nussbaumer, J. Good, A. Jenni, und R. Bühler, «Automatische Holzheizungen - Grundlagen und Technik», Verenum AG ardens GmbH i.A. für Bundesamt für Energie, Zürich, 2001.
- [137] «Schallschutz in Haustechnikanlagen», EDMZ, Bern, 1988.
- [138] A. Moser, Damit Grünschnitzsilos keine Gefahr sind - Sicheres Arbeiten, Überarbeitete Auflage. Luzern: SUVA, 2015. Zugriffen: Juni 04, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.suva.ch/de-CH/material/Dokumentationen/damit-gruenschnitzsilos-keine-gefahr-sind-sicheres-arbeiten>
- [139] K. H. Weber, Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen, 5. Aufl. Springer Vieweg, 2019. doi: 10.1007/978-3-662-59498-8.
- [140] «QS-Support Holzfeuerungen - Holzenergie Schweiz». <https://www.holzenergie.ch/ueber-holzenergie/qualitaetssicherung/qs-support-holzfeuerungen.html> (zugriffen Nov. 24, 2021).
- [141] QM Holzheizwerke, «FAQ 8 Wie soll die Beurteilung und die Darstellung der Daten in der Betriebsoptimierung erfolgen?» Feb. 10, 2015. Zugriffen: Juni 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.qmholzheizwerke.ch/fileadmin/sites/qm/files/06\\_FAQ/FAQ08.pdf](https://www.qmholzheizwerke.ch/fileadmin/sites/qm/files/06_FAQ/FAQ08.pdf)
- [142] H. Schrammel, S. Metz, W. Tertschnig, und G. Lamers, «Effiziente Biomassenahwärme - Qualitätsmanagement für Heizwerke», klimaaktiv qm heizwerke, Gleisdorf, Broschüre, Dez. 2015. Zugriffen: Juni 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente\\_heizwerke/qmheizwerke/broschuere.html](https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente_heizwerke/qmheizwerke/broschuere.html)
- [143] «Qualitätsanalyse von Biomasseheizwerken - C.A.R.M.E.N. e.V.» <https://www.carmen-ev.de/service/dienstleistungen/qualitaetsanalyse-von-biomasseheizwerken/> (zugriffen Nov. 24, 2021).
- [144] P. Küttel, QMH-Wirtschaftlichkeitsrechnung. Zürich: QM Holzheizwerke, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/downloads.html>
- [145] S. Thalmann, Mehrverbrauch. Zürich: Verenum AG und ARGE QM Fernwärme, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.verenum.ch/Dokumente/Mehrverbrauch\\_V3.3\\_de.xlsx](http://www.verenum.ch/Dokumente/Mehrverbrauch_V3.3_de.xlsx)  
In English „Excess consumption “ available under: [http://www.verenum.ch/Dokumente/Mehrverbrauch\\_V3.3\\_en.xlsx](http://www.verenum.ch/Dokumente/Mehrverbrauch_V3.3_en.xlsx)
- [146] «DIN EN 14394:2008-12, Heizkessel - Heizkessel mit Gebläsebrennern - Nennwärmeleistung kleiner oder gleich 10 MW und einer maximalen Betriebstemperatur von 110 ° C; Deutsche Fassung EN 14394:2005+A1:2008», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/1421646.
- [147] J. Good, T. Nussbaumer, J. Delcarte, und Y. Schenkel, «METHODS FOR EFFICIENCY DETERMINATION FOR BIOMASS HEATING PLANTS AND INFLUENCE OF OPERATION MODE ON PLANT EFFICIENCY», Rom, Mai 2004, S. 4. Zugriffen: Sep. 29, 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/312308376\\_METHODS\\_FOR EFFICIENCY DETERMINATION FOR BIOMASS HEATING PLANTS AND INFLUENCE OF OPERATION MODE ON PLANT EFFICIENCY](https://www.researchgate.net/publication/312308376_METHODS_FOR EFFICIENCY DETERMINATION FOR BIOMASS HEATING PLANTS AND INFLUENCE OF OPERATION MODE ON PLANT EFFICIENCY)
- [148] J. Ködel, G. Oppermann, O. Arnold, M. Büchler, und M. Jutzeler, «Leitfaden Fernwärme / Fernkäl-



te», Verband Fernwärme Schweiz für Bundesamt für Energie, Niederrohrdorf, Schlussbericht, Aug. 2018. Zugegriffen: Aug. 15, 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch-wAs-sets/docs/Dienstleistungen/Leitfaden-Fernaerme-Fernkaelte/Fernwaerme\\_Leitfaden-deutsch.pdf](https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch-wAs-sets/docs/Dienstleistungen/Leitfaden-Fernaerme-Fernkaelte/Fernwaerme_Leitfaden-deutsch.pdf)

- [149] «DIN EN 1333:2006-06, Flansche und ihre Verbindungen\_- Rohrleitungsteile\_- Definition und Auswahl von PN; Deutsche Fassung EN\_1333:2006», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/9658127.
- [150] «DIN EN ISO 6708:1995-09, Rohrleitungsteile\_- Definition und Auswahl von DN (Nennweite) (ISO\_6708:1995); Deutsche Fassung EN\_ISO\_6708:1995», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2819641.





[www.qmholzheizwerke.ch](http://www.qmholzheizwerke.ch)

[www.qmholzheizwerke.at](http://www.qmholzheizwerke.at)

[www.qmholzheizwerke.cle](http://www.qmholzheizwerke.cle)

[www.qm-legna.com](http://www.qm-legna.com)

[www.qm-biomass-elf-plants.com](http://www.qm-biomass-elf-plants.com)

[www.qm-legna.com](http://www.qm-legna.com)

[www.qm-biomass-elf-plants.com](http://www.qm-biomass-elf-plants.com)

