



Das Lebensministerium



## Energiekonzepte für den Gartenbau

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Heft 20/2007

Freistaat  Sachsen  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

**Untersuchungen zu den Auswirkungen weiterer Heizölpreissteigerungen  
auf sächsische Gartenbauunternehmen,  
daraus abgeleitete innovative Handlungsfelder und Strategien**

Georg Ruhm, Dr. Nazim Gruda, Dr. Andrea von Allwörden,  
Patricia Steinborn, Hedda Hattermann, Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann, Prof. Dr. Uwe Schmidt

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b> .....   | <b>1</b>   |
| 1.1      | Problemstellung.....  | 1          |
| 1.2      | Zielstellung und Vorgehensweise.....  | 2          |
| <b>2</b> | <b>Material und Methoden</b> .....  | <b>2</b>   |
| <b>3</b> | <b>Situationsanalyse</b> .....  | <b>4</b>   |
| 3.1      | Wirtschaftlichkeit/Kostenstrukturanalyse sächsischer Unterglasbetriebe.....   | 4          |
| 3.1.1    | Betriebsstrukturen und Betriebsausrichtung .....  | 5          |
| 3.1.2    | Wirtschaftliche Betriebssituation / Kostenstrukturen .....  | 14         |
| 3.2      | Übersicht über die aktuelle Ausstattung sächsischer Unterglasbetriebe im Vergleich zu deutschen Betrieben (Zierpflanzen und Gemüsebau)..... | 32         |
| 3.2.1    | Gewächshausalter und Betriebsgröße .....  | 32         |
| 3.2.2    | Gewächshauskonstruktion .....   | 34         |
| 3.2.3    | Inneneinrichtung.....   | 37         |
| 3.2.4    | Energetische Ist-Situation: Energieträger / Heizungssysteme .....   | 39         |
| <b>4</b> | <b>Maßnahmen zur Energiekosteneinsparung</b> .....  | <b>46</b>  |
| 4.1      | Absenkung des Wärmeenergiebedarfs durch Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz.....  | 47         |
| 4.1.1    | Gewächshauskonstruktion und der Zustand der Häuser .....  | 48         |
| 4.1.2    | Kulturmaßnahmen zur Energiekostensenkung .....  | 54         |
| 4.1.3    | Gemeinsamer Brennstoffeinkauf.....  | 63         |
| 4.2      | Verwendung anderer Energieträger zur Energieerzeugung.....  | 64         |
| 4.2.1    | Holz als Energieträger.....   | 65         |
| 4.2.2    | Kohle.....  | 75         |
| 4.2.3    | Biogasanlagen .....   | 81         |
| 4.2.4    | Pflanzenöl-BHKW .....   | 97         |
| 4.2.5    | Stroh .....   | 100        |
| 4.2.6    | Getreide .....  | 108        |
| 4.2.7    | Geothermie .....  | 114        |
| 4.3      | Contractingmodelle/Möglichkeiten des Wärmeeinkaufs.....   | 120        |
| 4.3.1    | Contracting.....  | 121        |
| 4.3.2    | Abwärmepotenzial in Sachsen.....  | 124        |
| 4.3.2.1  | Landwirtschaftliche Anbieter.....   | 125        |
| 4.3.2.2  | Außerlandwirtschaftliche Anbieter .....   | 131        |
| <b>5</b> | <b>Praxisbeispiele</b> .....  | <b>140</b> |
| 5.1      | Abwärmenutzung einer Biogasanlage für einen Gewächshausneubau .....   | 140        |
| 5.2      | Holz.....   | 143        |
| 5.2.1    | Holz hackschnitzelkraftwerk als Contractingmodell.....  | 143        |
| 5.2.2    | Holzpellettheizung.....   | 146        |
| 5.3      | Kohlekraftwerk als Contractingmodell .....  | 147        |
| 5.4      | Nutzung von Tierfett als Brennstoff .....   | 149        |
| <b>6</b> | <b>Modellbetriebe</b> .....   | <b>150</b> |
| 6.1      | Modellbetrieb 2 500 m <sup>2</sup> .....  | 155        |
| 6.1.1    | Brennstoffbedarf/Auswirkungen unterschiedlicher Ausstattungsvarianten.....  | 155        |
| 6.1.2    | Holz hackschnitzelheizung.....  | 157        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.1.3    | Holzpelletheizung.....  | 164        |
| 6.1.4    | Kohleheizung .....  | 165        |
| 6.1.5    | Strohheizung.....   | 170        |
| 6.1.6    | Biogasanlage .....  | 173        |
| 6.2      | Auswirkungen der Gewächshausgröße auf die Szenariorechnungen                |            |
|          | Modellbetriebe 1 500, 4 000, 8 000, 16 000 m <sup>2</sup> im Überblick..... | 176        |
| <b>7</b> | <b>Abschließende Bewertung und Ausblick.....</b>                            | <b>180</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis .....</b>   | <b>193</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Abbildung 1:  | Rohölpreisentwicklung ab 1998 (Menk, 2005). 1 Barrel = 159 l.....  | 1  |
| Abbildung 2:  | Verteilung der Betriebe nach Regierungsbezirken.....   | 5  |
| Abbildung 3:  | Verteilung der Betriebe mit Gewächshausflächen nach Regierungsbezirken.....  | 6  |
| Abbildung 4:  | Verteilung der Gewächshausfläche nach Regierungsbezirken.....  | 6  |
| Abbildung 5:  | Anteil verschiedener Sparten an den Unterglasbetrieben in Sachsen.....   | 6  |
| Abbildung 6:  | Flächenverteilung nach Sparten im sächsischen Unterglasanbau.....  | 7  |
| Abbildung 7:  | Flächen des Zierpflanzenanbaus unter Glas in Sachsen nach Landkreisen (Eigene Darstellung nach Angaben Statist. Landesamt Sachsen 2006).....                     | 8  |
| Abbildung 8:  | Haupteinfuhrländer nach Einfuhrwert für Topfpflanzen 2004.....   | 11 |
| Abbildung 9:  | Haupteinfuhrländer nach Einfuhrwert für Schnittblumen 2004.....  | 11 |
| Abbildung 10: | Flächen des Gemüseanbaus unter Glas in Sachsen nach Landkreisen (Eigene Darstellung nach Angaben Statist. Landesamt Sachsen 2006).....                           | 12 |
| Abbildung 11: | Haupteinfuhrländer nach Einfuhrmengen für frische Gurken 2005.....   | 14 |
| Abbildung 12: | Haupteinfuhrländer nach Einfuhrmengen für frische Tomaten 2005.....  | 14 |
| Abbildung 13: | Aufwandspositionen in Prozent des Unternehmensaufwandes bei überwiegend indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetrieben (identische Betriebe 2004) in Sachsen.....  | 17 |
| Abbildung 14: | Aufwandspositionen in Prozent des Unternehmensaufwandes bei überwiegend indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetrieben (ident. Betriebe 2004) deutschlandweit..... | 18 |
| Abbildung 15: | Anteil von Aufwandspositionen am Betreibertrag für indirekt absetzende Zierpflanzenbetriebe verschiedener Bundesländer.....                                      | 19 |
| Abbildung 16: | Anteil von Aufwandspositionen am Betreibertrag für direkt absetzende Zierpflanzenbetriebe in Sachsen 2003/04.....  | 20 |
| Abbildung 17: | Anteil von Aufwandspositionen am Betreibertrag für indirekt absetzende Zierpflanzenbetriebe verschiedener Bundesländer 2003/04.....                              | 20 |
| Abbildung 18: | Anteil von Aufwandspositionen am Betreibertrag für direkt absetzende Zierpflanzenbetriebe verschiedener Bundesländer 2003/04.....                                | 21 |
| Abbildung 19: | Energieeffizienz im Gartenbau – Topfpflanzenbetriebe, indirekter Absatz >75 (Orientierungsdaten Baden-Württemberg).....  | 24 |
| Abbildung 20: | Zusammenstellung der Gaspreise für industrielle Abnehmer am 1. Januar 2006 (in Euro pro GJ).....   | 24 |
| Abbildung 21: | Zusammenstellung der Preise (ohne MWST.) für leichtes Heizöl für das 2. Halbjahr 2004/2005 (in Euro pro 1000l).....  | 25 |
| Abbildung 22: | Tarif/Mindestlohn, Sozialabgaben u. sonst. Personalkosten/h für qualifizierte, ständig beschäftigte Arbeitskräfte in verschiedenen Ländern im Jahr 2001.....     | 27 |
| Abbildung 23: | Tarif/Mindestlohn, Sozialabgaben u. sonst. Personalkosten für Saisonarbeitskräfte in verschiedenen Ländern im Jahr 2000/2001.....                                | 27 |
| Abbildung 24: | Betriebseinkommen/Ak im Gartenbau 2002.....  | 29 |
| Abbildung 25: | Anteil Lohnaufwand am Ertrag im Gartenbau für verschiedene Länder und Sachsen 2003..   | 30 |
| Abbildung 26: | Aufwandsanteile am Ertrag im Gartenbau für verschiedene Länder und Sachsen 2003.....   | 31 |
| Abbildung 27: | Alter der Gewächshauskonstruktion (prozentuale Verteilung in den Bundesländern).....   | 33 |
| Abbildung 28: | Prozentuale Verteilung bundesweit eingesetzter Bedachungsmaterialien.....  | 35 |
| Abbildung 29: | Prozentuale Verteilung eingesetzter Bedachungsmaterialien in Sachsen.....  | 35 |
| Abbildung 30: | Verwendung von Energieschirmen bezogen auf die Fläche in Sachsen.....  | 36 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Abbildung 31: | Prozentuale Verteilung der Gewächshausnutzung in Sachsen. Bedachungsmaterial:<br>Einfachglas .....   | 37  |
| Abbildung 32: | Prozentuale Verteilung der Inneneinrichtung von Gewächshäusern (Deutschland). .....  | 38  |
| Abbildung 33: | Prozentuale Verteilung der Inneneinrichtung von Gewächshäusern (Zierpflanzenbau,<br>Sachsen).....  | 38  |
| Abbildung 34: | Prozentuale Verteilung eingesetzter Energieträger (Deutschland) .....  | 39  |
| Abbildung 35: | Häufigkeitsverteilung der verwendeten Kesselarten für Öl-Brenner in Deutschland. ....  | 41  |
| Abbildung 36: | Häufigkeitsverteilung der verwendeten Kesselarten für Öl-Brenner in Sachsen .....  | 41  |
| Abbildung 37: | Altersstruktur der vorhandenen Kessel bezogen auf die Bundesländer.....  | 42  |
| Abbildung 38: | Häufigkeitsverteilung der Regelgeräte bezogen auf die Betriebsgröße in Deutschland .....   | 43  |
| Abbildung 39: | Häufigkeitsverteilung der Regelgeräte bezogen auf die Betriebsgröße in Sachsen.....  | 44  |
| Abbildung 40: | Einsatz der Regelgeräte in Sachsen.....  | 44  |
| Abbildung 41: | Häufigkeitsverteilung der Nutzung von Klimaregelfunktionen. ....   | 45  |
| Abbildung 42: | Häufigkeitsverteilung der Nutzung von Klimaregelfunktionen (Zierpflanzenbau, Sachsen). ..  | 45  |
| Abbildung 43: | Beispiele der Wärmeabfuhr über den Luftwechsel (von links nach rechts: schlecht<br>schließendes Tor, gebrochene/abgerutschte Scheiben .....                    | 49  |
| Abbildung 44: | Gleichgewichtspreise bei einer jährlichen Kostenbelastung durch Energieschirme von<br>1,83 €/m <sup>2</sup> .....  | 51  |
| Abbildung 45: | Gleichgewichtspreise bei einer jährlichen Kostenbelastung durch Energieschirme von<br>2,74 €/m <sup>2</sup> .....  | 51  |
| Abbildung 46: | Anwendung von Noppenfolien auf Stehwänden .....  | 52  |
| Abbildung 47: | Energiekosten für 1 000 Pflanzen bei einer Normkultur (6. – 17. Woche) und einer Kultur<br>von Rohware (14. – 17. Woche) (20 Pflanzen je m <sup>2</sup> )..... | 57  |
| Abbildung 48: | Beeinflussung der Heizkosten/Stück in der Gurkenproduktion bei unterschiedlichen<br>Ertragsleistungen.....   | 62  |
| Abbildung 49: | Beeinflussung der Heizkosten/Stück in der Gurkenproduktion bei unterschiedlichen Ertrags<br>leistungen.....  | 62  |
| Abbildung 50: | Jährlicher Zuwachs und Nutzung von Holz in Deutschland. ....   | 66  |
| Abbildung 51: | Holzpellets .....  | 70  |
| Abbildung 52: | Anschluss zum Einblasen von Holzpellets in den Lagerraum .....   | 71  |
| Abbildung 53: | Ein Pelletkessel mit (halb-)automatischer Brennstoffzufuhr .....   | 72  |
| Abbildung 54: | Holzhackschnitzel .....  | 72  |
| Abbildung 55: | Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas .....  | 75  |
| Abbildung 56: | Braunkohleförderung in Sachsen (in 1 000 t) .....  | 78  |
| Abbildung 57: | Verbreitung und Gewinnung von Braunkohle im Freistaat Sachsen. ....  | 79  |
| Abbildung 58: | Schematischer Aufbau einer Biogasanlage .....  | 83  |
| Abbildung 59: | Prinzip des Durchfluss-Speicherverfahrens .....  | 85  |
| Abbildung 60: | Möglichkeiten der Feststoffeinbringung .....   | 88  |
| Abbildung 61: | Größendegression der Investitionen für Biogasanlagen .....   | 92  |
| Abbildung 62: | Biogasanlagen Planungsbausteine.....   | 94  |
| Abbildung 63: | Abwärmeverfügbarkeit von Biogasanlagen in Abhängigkeit der installierten Leistung im<br>Verhältnis zum Jahresenergiebedarf eines Unterglasbetriebes .....      | 95  |
| Abbildung 64: | Schematische Darstellung eines Blockheizkraftwerkes .....  | 98  |
| Abbildung 65: | Ascheschmelzverhalten verschiedener Brennstoffe .....  | 103 |
| Abbildung 66: | Ballenauflöser und Häckselverbrennung.....   | 106 |
| Abbildung 67: | Schematische Darstellung der Staubabscheidung in einem Fliehkraftabscheider.....   | 111 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Abbildung 68: | Filtertechnik zur Rauchgasreinigung .....  | 111 |
| Abbildung 69: | Abscheidegrade von Staubabscheidern in Abhängigkeit von der Korngröße .....  | 112 |
| Abbildung 70: | Preisprognosen für den Weizenmarkt durch unterschiedliche Institutionen .....  | 113 |
| Abbildung 71: | Preisprognosen für den Gerstenmarkt durch unterschiedliche Institutionen .....   | 113 |
| Abbildung 72: | Übersicht über die Erdwärmennutzung .....  | 115 |
| Abbildung 73: | Erdwärmennutzung über Erdwärmesonde und Wärmepumpe .....   | 117 |
| Abbildung 74: | Thermalwasserführende Schichten (Aquifer 20 - 180°C) in Deutschland .....  | 118 |
| Abbildung 75: | Ergebnisse der Investitionskostenrechnung.....   | 119 |
| Abbildung 76: | Wärmennutzung aus Biogasanlage/Holzkessel durch Gewächshausbetrieb in Hennstedt....  | 127 |
| Abbildung 77: | Standorte von Biogasanlagen in Sachsen .....   | 130 |
| Abbildung 78: | Standorte von Biogasanlagen, Biomasseanlagen und Betriebsstandorten des<br>Zierpflanzenbaus .....  | 134 |
| Abbildung 79: | Kraftwerks-, Papierfabrik- und Deponiestandorte in Sachsen.....  | 136 |
| Abbildung 80: | Schema eines zwangsbelüfteten Niedertemperaturwärmetauschers mit lichtdurchlässigem<br>Kanal .....   | 138 |
| Abbildung 81: | Holzhackschnitzelkraftwerk.....  | 143 |
| Abbildung 82: | Jährliche Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei untersch. Investitionskostenhöhe<br>im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> .....                   | 158 |
| Abbildung 83: | Kostenverteilung der jährl. Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei untersch.<br>Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> ..... | 159 |
| Abbildung 84: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Holzhackschnitzelanlage im Vergleich zu<br>einer Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> .....          | 160 |
| Abbildung 85: | Jährliche Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei untersch. Investitionskostenhöhe<br>im Vergleich zu einer Heizölanlage/temp. Haus 2 500 m <sup>2</sup> .....                 | 161 |
| Abbildung 86: | Wärmegestehungskosten in Euro/ MWh für eine Holzhackschnitzelanlage im Vergleich zu<br>einer Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/temp. Haus 2 500 m <sup>2</sup> .....       | 162 |
| Abbildung 87: | Jährliche Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei untersch. Investitionskostenhöhe<br>im Vergleich zu einer Heizölanlage/temp. Haus 2 500 m <sup>2</sup> .....                 | 162 |
| Abbildung 88: | Wärmegestehungskosten in Euro/ MWh für eine Holzhackschnitzelanlage im Vergleich zu<br>einer Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m <sup>2</sup> .....         | 163 |
| Abbildung 89: | Kostenverteilung der jährl. Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei untersch.<br>Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> ..... | 163 |
| Abbildung 90: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für ein Holzpelletanlage im Vergleich zu einer<br>Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m <sup>2</sup> .....                  | 165 |
| Abbildung 91: | Kostenverteilung der jährl. Gesamtkosten einer Kohleheizanlage bei untersch.<br>Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> .....          | 167 |
| Abbildung 92: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Kohleheizung im Vergleich zu einer<br>Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> .....                     | 168 |
| Abbildung 93: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Kohleheizung im Vergleich zu einer<br>Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/temp. Haus 2 500 m <sup>2</sup> .....                   | 168 |
| Abbildung 94: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Kohleheizung im Vergleich zu einer<br>Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m <sup>2</sup> .....                     | 169 |
| Abbildung 95: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Strohheizung im Vergleich zu einer<br>Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Kalthaus 2 500 m <sup>2</sup> .....                     | 171 |
| Abbildung 96: | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Strohheizung im Vergleich zu einer<br>Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/temp. Haus 2 500 m <sup>2</sup> .....                   | 171 |

|                |   |     |
|----------------|---|-----|
| Abbildung 97:  | Jährliche Gesamtkosten einer Strohheizanlage bei untersch. Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Warmhaus 2 500 m <sup>2</sup> .....        | 172 |
| Abbildung 98:  | Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Strohheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschied. Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m <sup>2</sup> ..... | 173 |
| Abbildung 99:  | Brennstoffverbrauch/m <sup>2</sup> bei unterschiedlicher Gewächshausgröße.....  | 176 |
| Abbildung 100: | Vergleichende Bewertung relevanter Kriterien verschiedener Energieversorgungs-konzepte .....  | 186 |



## Tabellenverzeichnis

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabelle 1:  | Anzahl und Veränderung zwischen 2004 und 2000 von Zierpflanzenbetrieben nach Bundesländern .....   | 9   |
| Tabelle 2:  | Anbauflächen unter Glas nach Bundesländern .....   | 10  |
| Tabelle 3:  | Flächenverteilung des Unterglasanbaus wichtiger Gemüsearten nach Bundesländern .....   | 13  |
| Tabelle 4:  | Wirtschaftliche Situation indirekt und direkt vermarktender Betriebe des Zierpflanzenbaus in Sachsen 2004.....   | 15  |
| Tabelle 5:  | Wirtschaftliche Situation von Gemüsebaubetrieben in Sachsen 2004.....  | 22  |
| Tabelle 6:  | Durchschnittlicher Energieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> ) verschiedener Länder nach Betriebsausrichtung ..<br>.....                                      | 25  |
| Tabelle 7:  | Nutzung von Gewächshäusern in Sachsen nach Baujahr und Größenklassen der gärtnerischen Nutzfläche .....  | 34  |
| Tabelle 8:  | Nutzung von Gewächshäusern nach Ausstattung mit Heizanlagen und Größenklassen der gärtnerischen Nutzfläche .....   | 40  |
| Tabelle 9:  | Einsparpotenzial im Gewächshaus .....  | 48  |
| Tabelle 10: | Kalkulierte Heizkosten für verschiedene Pelargonienstände mittels Hortex .....   | 55  |
| Tabelle 11: | Preisspannen für Jungpflanzen und Halbfertigware, Pelargonien/Poinsettien.....   | 58  |
| Tabelle 12: | Beispielkalkulation für eine Kulturführung mit Jungpflanzen und Halbfertigware bei Pelargonium Zonale Hybriden .....                                     | 59  |
| Tabelle 13: | Beispielkalkulation für eine Kulturführung mit Jungpflanzen und Halbfertigware bei Poinsettien .....   | 59  |
| Tabelle 14: | Zeitraum in Tagen vom letzten Stutzen bis zur Blüte bei verschiedenen Beet- und Balkonpflanzen bei unterschiedlichen Tagesmitteltemperaturen (TMT) ..... | 61  |
| Tabelle 15: | Durch Schäden verursachter Holzeinschlag in Sachsen, 2005 (in m <sup>3</sup> ).....  | 67  |
| Tabelle 16: | Holzeinschlag und -verkauf in Sachsen nach Waldbesitzarten, 2005 (in m <sup>3</sup> ohne Rinde). .....   | 67  |
| Tabelle 17: | Ertrag und technisch nutzbares Potenzial bei Holz in Sachsen .....   | 68  |
| Tabelle 18: | Schüttdichten verschiedener Holzbrennstoffe .....  | 68  |
| Tabelle 19: | Brennstoff- und Lagerraumbedarf von Holz.....  | 69  |
| Tabelle 20: | Relevante Emissionsgrenzwerte beim Einsatz von unbehandeltem Holz (nach 1. BImSchV bzw. TA-Luft).....  | 70  |
| Tabelle 21: | Feuerungsanlagen und deren Charakteristika: geeigneter Brennstoff, Leistungsbereich und Investitionsbedarf. ....   | 74  |
| Tabelle 22: | Internationale Klassifikation der Kohle .....  | 76  |
| Tabelle 23: | Heizwert der Kohlearten .....  | 76  |
| Tabelle 24: | Kenndaten von Kohlefeuerungen .....  | 80  |
| Tabelle 25: | Vergütung für Biogasanlagen nach dem EEG .....   | 81  |
| Tabelle 26: | Potenzial tierischer Exkrememente in Sachsen .....   | 86  |
| Tabelle 27: | Potenzial möglicher landwirtschaftlicher Kofermente in Sachsen .....   | 87  |
| Tabelle 28: | Potenzial von Rübenblättern bei Nebenproduktionsnutzung .....  | 88  |
| Tabelle 29: | Vor- und Nachteile von Motoren nach dem Zündstrahl- und Otto-Prinzip.....  | 91  |
| Tabelle 30: | Beispielrechnungen für eine Abwärmenutzung von Biogasanlagen im Gartenbau .....  | 96  |
| Tabelle 31: | Wirtschaftlichkeitsberechnung BHKW .....   | 100 |
| Tabelle 32: | Eigenschaften verschiedener Brennstoffformen .....   | 101 |
| Tabelle 33: | Schüttdichten verschiedener Biomassebrennstoffe.....   | 102 |
| Tabelle 34: | Brennstoff- und Lagerraumbedarf von Stroh .....  | 102 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabelle 35: | Relevante Emissionsgrenzwerte beim Einsatz von festen Bioenergieträgern (nach 1. BImSchV bzw. TA-Luft) .....   | 104 |
| Tabelle 36: | Verbrennungstechnik Kleinanlagen .....   | 105 |
| Tabelle 37: | Verbrennungstechnik Großanlagen .....  | 105 |
| Tabelle 38: | Durchschnittliche Eigenschaften von Strohpellets .....   | 106 |
| Tabelle 39: | Einfluss verschiedener Bindemittel und Zuschlagstoffe .....  | 107 |
| Tabelle 40: | Charakteristika verschiedener biogener Brennstoffe .....   | 108 |
| Tabelle 41: | Brennstoff- und Lagerraumbedarf von Getreidekörnern .....  | 109 |
| Tabelle 42: | Durch Geothermie beheizte Gewächshausflächen weltweit (Jahr 2000).....   | 114 |
| Tabelle 43: | Mehreinnahmen aufgrund des KWK-Bonus am Beispiel einer 100 kW el. Biogasanlage.....  | 126 |
| Tabelle 44: | Theoretisch beheizbare Gewächshausfläche bei unterschiedlichem Abwärmenutzungsgrad durch die in der Abbildung dargestellten Biogasanlagen in Sachsen (bei überwiegender Warmhausnutzung) ..... | 130 |
| Tabelle 45: | Inbetriebnahmezeitpunkt von Müllverbrennungsanlagen in Sachsen.....  | 137 |
| Tabelle 46: | Übersicht über Projektplanung GWH mit Abwärmenutzung aus Biogasanlage.....   | 141 |
| Tabelle 47: | Übersicht über Projektplanung GWH mit Abwärmenutzung aus einem Holzhackschnitzelkraftwerk .....  | 144 |
| Tabelle 48: | Körnungsaufbau (Bestimmung nach DIN 23006) .....   | 148 |
| Tabelle 49: | Grundanalyse .....   | 149 |
| Tabelle 50: | Ausstattungs- und Temperaturvarianten der Modellbetriebe .....   | 152 |
| Tabelle 51: | Jährlicher Brennstoffbedarf Heizöl/Erdgas bei unterschiedlichen Temperaturvarianten/2 500m <sup>2</sup> GWH .....  | 156 |
| Tabelle 52: | Jährliche Brennstoffkosten Heizöl/Erdgas bei unterschiedlichen Brennstoffpreisen und Temperaturvarianten/2 500m <sup>2</sup> GWH .....   | 156 |
| Tabelle 53: | Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Holzhackschnitzel- und Heizölanlage.....   | 158 |
| Tabelle 54: | Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Holzpellet- und Heizölanlage.....  | 164 |
| Tabelle 55: | Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Kohle- und Heizölanlage .....  | 166 |
| Tabelle 56: | Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Stroh- und Heizölanlage.....   | 170 |
| Tabelle 57: | Grundannahmen Biogasanlage bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen .....   | 173 |
| Tabelle 58: | Kosten Biogasanlage bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen .....  | 174 |
| Tabelle 59: | Erlöse und Kostenvorteile einer Biogasanlage gegenüber einer Heizölanlage bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen.....   | 175 |
| Tabelle 60: | Wärmegestehungskosten/Kostenvorteile Holzhackschnitzelanlage/Heizölanlage bei hohen Investitionskosten, verschiedenen Preisszenarien und Gewächshausgrößen, Kalthaus.....                      | 177 |
| Tabelle 61: | ärmegestehungskosten/Kostenvorteile Holzhackschnitzelanlage/Heizölanlage bei hohen Investitionskosten, verschiedenen Preisszenarien und Gewächshausgrößen, temp. Haus .....                    | 178 |
| Tabelle 62: | Wärmegestehungskosten/Kostenvorteile Holzhackschnitzelanlage/Heizölanlage bei hohen Investitionskosten, verschiedenen Preisszenarien und Gewächshausgrößen, Warmhaus .....                     | 179 |

## 1 Einleitung

Deutsche Gartenbaubetriebe sind derzeit einem deutlich zunehmenden Wettbewerb ausgesetzt. Dies folgt zum einen aus einer voranschreitenden Öffnung der Märkte für Importprodukte aus klimatisch bevorzugten Regionen. Zum anderen stellen die kontinuierlich steigenden Energiepreise eine immense wirtschaftliche Belastung dar und erschweren die Möglichkeiten, sich im internationalen Wettbewerb zu behaupten. So sind z.B. die Ölpreise im Vergleich zu Anfang 1998 auf mehr als das Fünffache gestiegen. Zwar zeigt sich derzeit eine gewisse Entspannung beim Ölpreis, insgesamt ist aber mittel- bis langfristig von weiteren Preissteigerungen auszugehen.

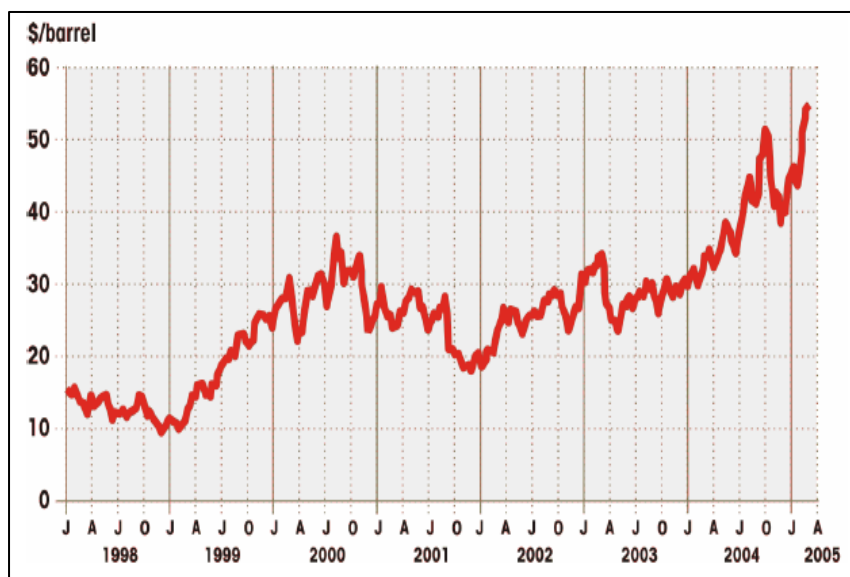


Abbildung 1: Rohölpreisentwicklung ab 1998 (MENK, 2005). 1 Barrel = 159 l

Angesichts der nationalen und internationalen Konkurrenzsituation müssen Betriebe nach Wegen suchen, mit denen sie sich im Wettbewerb behaupten können. Staatlicherseits ist zu hinterfragen, ob und welche Rahmenbedingungen, insbesondere für Investitionen in zukunftsweisende Heiztechnologien, gesetzt werden müssen, damit eine rasche und nachhaltige Anpassung des Sektors gefördert wird.

### 1.1 Problemstellung

Die dramatisch zugespitzte Preissituation im Energiesektor, speziell bei den fossilen Brennstoffen, bedroht vornehmlich die Gewächshausproduktion. Besonders die Existenz kleiner und mittlerer Gartenbaubetriebe, wie sie auch überwiegend in Sachsen vorzufinden sind, ist derzeit ernsthaft gefährdet. Neben der Kostenproblematik besteht infolge der internationalen Verpflichtung zur Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen die Notwendigkeit auch aufgrund ökologischer, politischer und gesellschaftlicher Erfordernisse über Alternativen der Wärmeerzeugung und Wärmenutzung nachzudenken.

In einer aktuellen und repräsentativen Umfrage zur Energiesituation von Gartenbaubetrieben in Deutschland haben die Technische Universität Hannover, die Technische Universität München und die Humboldt-Universität zu Berlin in den Jahren 2004 und 2005 Daten von 480 Gartenbaubetrieben erhoben.<sup>1</sup> Auf die Frage nach möglichen Optionen bei weiterhin steigenden Energiepreisen antworteten nur 14 Prozent der Befragten mit der

<sup>1</sup> Vgl. HUBER 2005; MENK, 2005, 2006; PHILIPP 2005a, 2005b, 2006

teilweisen Stilllegung von Flächen und 9 Prozent mit einer Reduktion der Produktion. Die meisten Betriebe wollten die Klimaführung ändern (15 Prozent), weniger energieintensive Kulturen anbauen (14 Prozent) und die Wärmeisolierung verbessern (12 Prozent).

## **1.2 Zielstellung und Vorgehensweise**

Vor dem geschilderten Hintergrund sollen, basierend auf einer gründlichen Analyse der Ausgangssituation, Strategien zur Anpassung sächsischer Gartenbaubetriebe aufgezeigt werden. Potenziale zur Energieeinsparung bzw. Energieeffizienzsteigerung sollen ebenso berücksichtigt werden wie Alternativen der Energieversorgungskonzepte. Dabei sind die Zielwirksamkeit und die Umsetzungsmöglichkeiten solcher Strategien aus Sicht der sächsischen Unterglasbetriebe zu bewerten. Voraussetzung hierfür ist zunächst die Berücksichtigung der regionalen energetischen und ökonomischen Bedingungen der Unternehmen in Sachsen. Darauf aufbauend werden Optimierungsansätze bezüglich der Energieeffizienz abgeleitet, wie sie etwa durch kulturtechnische Maßnahmen oder Verbesserungen bei der Ausstattung der Gewächshäuser möglich sind.

Die Untersuchung unterschiedlicher Ansätze zur Energieversorgung der Unternehmen sollen Auskunft über aktuell diskutierte Möglichkeiten zur Nutzung alternativer Brennstoffe und den damit verbundenen technischen Anforderungen, den Entwicklungsstand, das Brennstoffpotenzial, die rechtliche Situation und ökonomische Kennwerte wie etwa der Preissituation und Kapitalanforderungen geben. Neben einer eigenen Energieversorgung der Unternehmen werden hier auch Möglichkeiten einer externen Wärmeversorgung in Sachsen durch beispielsweise industrielle Abwärme oder landwirtschaftliche Anbieter sowie die damit verbundenen Vor- und Nachteile im Rahmen von Contracting-Modellen betrachtet.

Durch den Besuch verschiedener Beispielbetriebe soll die Umsetzung innovativer Ansätze nachvollzogen und weitere Erkenntnisse über unterschiedliche Strategien für eine Gesamtbewertung aus gartenbaulicher Sicht gesammelt werden. Modellrechnungen auf Grundlage der Situationsanalyse und der Erkenntnisse zu Optimierungsansätzen und Nutzungsmöglichkeiten alternativer Brennstoffe ermöglichen eine Bewertung des Kosteneinsparpotenzials aus dem Blickwinkel sächsischer Unterglasbetriebe.

In einem Scoringmodell sollen abschließend die Ergebnisse der Studie dargestellt und neben dem Kosteneinsparpotenzial verschiedener Strategien aus betrieblicher Sicht auch wichtige technische und organisatorische Kriterien bewertet werden. Diese Gesamtbewertung findet dabei vor dem Hintergrund der Analyse der wirtschaftlichen Ausgangslage der Betriebe in Sachsen statt und umfasst auch Überlegungen zu Rahmenbedingungen, die die Übernahme neuer Technologien fördern und die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe in der Region verbessern können.

## **2 Material und Methoden**

Ein Überblick über die Struktur und Ausrichtung der Betriebe wurde auf Grundlage der Gartenbauerhebung<sup>2</sup> Sachsen sowie eigener Rechercheergebnisse zur Thematik erstellt. Um eine Einschätzung zur wirtschaftlichen Ausgangssituation der Betriebe zu erhalten, wurde die regionale Kennzahlenauswertung für Sachsen des ZENTRUM FÜR BETRIEBSWIRTSCHAFT IM GARTENBAU E.V. (ZBG) genutzt. Hier wurden für 2004 48 Zierpflanzen und neun Gemüsebaubetriebe des Freistaates ausgewertet. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Betriebsstrukturen zwischen den überwiegend indirekt (16 Betriebe) bzw. direkt (22 Betriebe) vermarktenden Zierpflanzenbetrieben, wurden diese Betriebstypen gesondert betrachtet. Die Entwicklungen der letzten Jahre wurden anhand der Auswertung identischer Betriebe (12 überwiegend indirekt absetzende und 17 überwiegend

---

<sup>2</sup> STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

direkt absetzende Betriebe) nachvollzogen. Zudem konnte durch die auf Anfrage beim ZBG bereitgestellten Regionalauswertungen verschiedener Bundesländer eine Einordnung der wirtschaftlichen Situation der sächsischen Betriebe im nationalen Vergleich durchgeführt werden.

Die Daten des Betriebsvergleichs stellen keinen repräsentativen Querschnitt dar, weil die Betriebe nicht nach statistischen Kriterien ausgewählt werden, sondern die Teilnahme der Betriebe auf Freiwilligkeit beruht. Zur Vertiefung der Analyse wurden die Angaben durch Ergebnisse aktueller Studien zur Situation des Gartenbaus in Sachsen verifiziert und ergänzt.

Um die Situation der sächsischen Betriebe im internationalen Kontext zu beurteilen, wurde insbesondere auf die umfangreichen Arbeiten von JACOBSEN<sup>3</sup> zurückgegriffen, welche einen Wettbewerbsvergleich wichtiger Produktionsfaktoren im europäischen Gartenbau vorgenommen haben. In Ergänzung dessen wurden aktuelle Daten des FARM ACCOUNTANCY DATA NETWORK (FADN) der europäischen Union herangezogen. Für die Beurteilung der Energiesituation von Unterglasbetrieben in Sachsen und Deutschland diente als Basis für die Datengewinnung die aktuellste Umfrage zur Energiesituation von Gartenbaubetrieben in Deutschland, die von der Technischen Universität Hannover, Technischen Universität München und der Humboldt-Universität zu Berlin in den Jahren 2004 und 2005 durchgeführt wurde.

Um eine repräsentative Aussage über die Energiesituation im Unterglasanbau zu erhalten, wurde als Auswahlverfahren die zweistufige Zufallsauswahl gewählt. Die Ziehung der Stichprobe wurde mit Hilfe einer Liste aus den Datenbanken der ZVG und Taspo durchgeführt. Die Grundgesamtheit wurde anhand zweier Auswahlkriterien festgelegt. (1) Die Unterglasfläche sollte eine Mindestgröße von 1 000 m<sup>2</sup> haben. Damit wurden Betriebe, die hauptsächlich im Freien produzieren und die Glasfläche nur kurzfristig nutzen, herausgefiltert (2). Die Unterglasfläche bezog sich auf alle begehbaren Bauten, es wurden also ebenso Folienhäuser berücksichtigt.<sup>4</sup>

Mit Hilfe der Erhebung sollte die Energiesituation im Gartenbau erfasst und bewertet werden, deshalb mussten die Betriebe als Haupterwerbsbetriebe im Anbau von Zierpflanzen, der die Produktion von Topfpflanzen, Schnittblumen und Stauden umfasst, und/oder im Anbau von Gemüse tätig sein. Dazu zählen Gartenbaubetriebe, die mindestens 50 Prozent der Betriebseinnahmen aus gartenbaulicher Erzeugung beziehen. Landwirtschaftliche Betriebe mit Gartenbau wurden in der Erhebung nicht berücksichtigt, weil sie nicht zum Gartenbau zählen.<sup>5</sup>

Die notwendige Stichprobenanzahl der zu befragenden Betriebe wurde mit Hilfe des Statistik-Programms SSC ermittelt. Für den Freistaat Sachsen wurden somit Daten von 40 Gartenbaubetrieben erhoben. Dabei wurde das Verhältnis von Zierpflanzenbau- und Gemüsebaubetrieben berücksichtigt. Die durch die Erhebung gewonnenen Rohdaten wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 11.1 ausgewertet. Außerdem wurden Daten des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen verwendet. Diese Ergebnisse bildeten die Grundlage, um auf Basis von Rechercheergebnissen und Anfragen bei Jungpflanzenunternehmen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung abzuleiten und zu beschreiben.

Des Weiteren wurden durch Auswertungen aktueller Untersuchungen sowie Anfragen bei Behörden und Unternehmen verschiedene Energieversorgungskonzepte für den Gartenbau identifiziert und hinsichtlich

---

<sup>3</sup> JACOBSEN 2004

<sup>4</sup> VGL. ERBER 2005

<sup>5</sup> VGL. ERBER 2005

technischer und organisatorischer Anforderungen sowie rechtlicher Rahmenbedingungen und ökonomischer Kennwerte beschrieben. In die Recherche einbezogen wurden auch Möglichkeiten und Standorte von Abwärmeanbietern in Sachsen.

Um das Kosteneinsparpotenzial verschiedener Strategieansätze auf Basis vorhandener Betriebsstrukturen und Ausstattungsmerkmalen sächsischer Betriebe sowie unterschiedlicher Temperaturvarianten (die ein weites Spektrum von Gemüse- und Zierpflanzenkulturen abbilden) beurteilen zu können, wurden mit Hilfe der Umfrageergebnisse zur Energiesituation Modellbetriebe gebildet. Auf Grundlage dieser Modellbetriebe wurden zunächst der Wärmebedarf und die Auslegeleistung für verschiedene Brennstoffe und Ausstattungsvarianten mit dem Programm Hortex bestimmt. Diese Ergebnisse wurden in einem an das Programm Horteb orientierten Kalkulationsmodell für Kostenvergleichsrechnungen in Anlehnung an die VDI 2067 genutzt (siehe auch Kapitel 6). Somit konnten jährliche Gesamtkosten verschiedener Ansätze bestimmt und anhand der Wärmegestehungskosten unter verschiedenen Rahmenbedingungen eine ökonomische Bewertung vorgenommen werden.

Durch den Besuch von fünf Praxisbetrieben, die alternative Energieversorgungskonzepte planen bzw. umgesetzt haben und ausführlichen Interviews mit Betriebsleitern/Geschäftsführern bzw. Projektplanern, Angestellten und Contractoren, konnten weiterführende Erkenntnisse aus gartenbaulicher Sicht zu ausschlaggebenden Kriterien bei der Entscheidungsfindung sowie Chancen und Risiken bei der Planung und Umsetzung alternativer Energieversorgungskonzepte gewonnen werden. Diese bildeten neben Fachgesprächen auf Messen (z.B. IPM 2007) eine wichtige Grundlage, um abschließend neben dem Kosteneinsparpotenzial auch weitere ausschlaggebende Faktoren beim Umstieg auf alternative Energieträger bzw. der Nutzung eines Anlagen-Contractings bewerten zu können.

### **3 Situationsanalyse**

Einer Bewertung möglicher Anpassungsstrategien zur Energieeinsparung bzw. alternativer Energieversorgung, muss zunächst eine Analyse der Ausgangssituation vorausgehen. Dabei ist sowohl eine Einschätzung der wirtschaftlichen Situation als auch der energetischen Bedingungen der Unternehmen notwendig.

#### **3.1 Wirtschaftlichkeit/Kostenstrukturanalyse sächsischer Unterglasbetriebe**

Die deutliche Verteuerung von Produktionsfaktoren wie etwa Energie fordert von Betrieben eine Anpassung an die veränderten Rahmenbedingungen, um langfristig am Markt bestehen zu können. Durch die Vielzahl von Produktionsprozessen und Betriebsstrukturen ergeben sich dabei ebenso unterschiedliche Anforderungen wie Möglichkeiten der Anpassung. Neben der Betriebsausstattung, auf die im Kapitel 4.2 näher eingegangen wird, werden mögliche Anpassungsstrategien auch von der wirtschaftlichen Ausgangslage der Betriebe bestimmt. Eine Bewertung von Erfolgskennzahlen sowie insbesondere der spezifischen Aufwandstrukturen im nationalen Vergleich, lassen dabei bereits Stärken und Schwächen erkennen, die für spätere Entwicklungspfade bedeutend sein können. So lässt zwar eine Verteuerung des Faktors Energie im nationalen Vergleich aufgrund ähnlicher (im internationalen Verhältnis) klimatischer Bedingungen keine allzu unterschiedlichen Mehrbelastungen erwarten. Bei sehr ungleicher Ausgangslage der Betriebe kann es mittelfristig aber zu Wettbewerbsveränderungen kommen. Es ist davon auszugehen, dass sehr leistungsstarke und erfolgreich am Markt operierende Betriebe durch die deutliche Energieverteuerung weniger gefährdet sind und kapitalintensive Anpassungen besser bewältigen können.

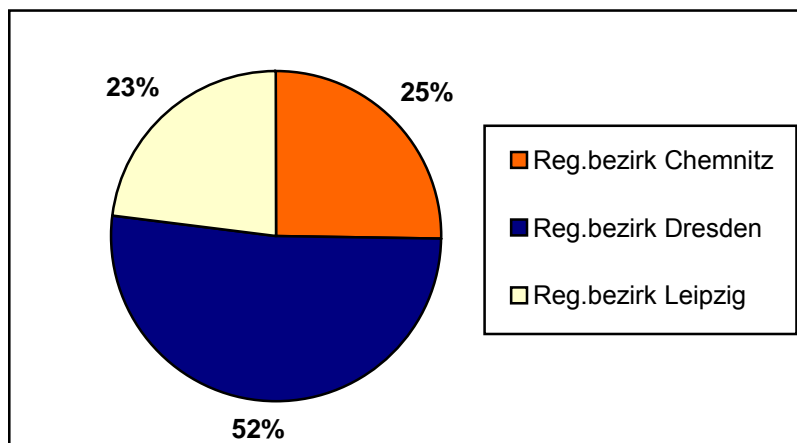
Im internationalen Vergleich können sich allein durch die sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen Energieverteilungen in Abhängigkeit des Energieträgers und der Gewächshausausstattung auch verschieden auswirken.

### 3.1.1 Betriebsstrukturen und Betriebsausrichtung

Nach Angaben des BMELV beträgt der Produktionswert des Produktionsgartenbaus an der Landwirtschaft rund 15 Prozent.<sup>6</sup> In Sachsen liegt der Anteil bei rund 10 Prozent.<sup>7</sup>

Im Jahr 2005 gab es nach Angaben der Gartenbauerhebung<sup>8</sup> in Sachsen 914 Betriebe mit einem Anbau von Gartenerzeugnissen für Erwerbszwecke. Die gesamte landwirtschaftliche Fläche (LF) der Betriebe mit einem Anbau von Gartenerzeugnissen für Erwerbszwecke lag bei 100 130 ha, die gärtnerische Nutzfläche (GN) bei 10 379 ha. 800 Betriebe waren dabei dem Gartenbau zuzurechnen, 663 Betriebe wiesen den Schwerpunkt 'Gärtnerische Erzeugung' aus und 173 den Schwerpunkt 'Handel und Dienstleistung'. Der Flächenanteil (GN) der Betriebe mit Schwerpunkt 'Erzeugung' betrug rund 64 Prozent. Die Handelsbetriebe verfügten erwartungsgemäß nur über einen sehr geringen Flächenanteil (2 Prozent).

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Betriebe nach Regierungsbezirken.



**Abbildung 2: Verteilung der Betriebe nach Regierungsbezirken<sup>9</sup>**

Bei den Gartenbaubetrieben waren 47 Prozent Zierpflanzenbaubetriebe mit einer Gesamtfläche (GN) von 349 ha vertreten und 11 Prozent Gemüsebaubetriebe mit einer Gesamtfläche von 1 220 ha. Der Fokus dieser Untersuchung liegt auf Betrieben, die über Unterglasflächen verfügen. Die Anzahl dieser Betriebe betrug 2005 658, welches einem Anteil von 72 Prozent entspricht. 601 Betriebe verfügten über Gewächshäuser (152 ha Gewächshausfläche) mit Heizanlagen.<sup>10</sup>

Die Gewächshausflächen in Sachsen hatten mit 160 ha einen Anteil von 1,5 Prozent an der gartenbaulichen Nutzfläche. Die durchschnittliche Gewächshausfläche betrug damit rund 2 400 m<sup>2</sup>. Im Vergleich beispielsweise zu den Niederlanden (je nach Betriebsausrichtung 10 000 – 14 000 m<sup>2</sup>), Dänemark (7 000 – 10 000 m<sup>2</sup>) und Belgien (7 000 – 10 000 m<sup>2</sup>) erscheinen die durchschnittlichen Gewächshausflächen in Sachsen sehr klein.<sup>11</sup>

<sup>6</sup> VGL. BMEVL 2006

<sup>7</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

<sup>8</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

<sup>9</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

<sup>10</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

<sup>11</sup> VGL. JACOBSEN 2004

Die Verteilung nach Regierungsbezirken (Betriebe und Gewächshausfläche) zeigen die folgenden Grafiken:

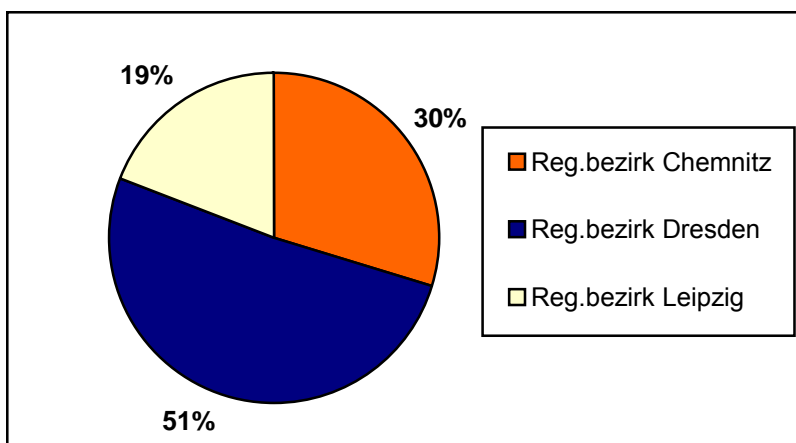


Abbildung 3: Verteilung der Betriebe mit Gewächshausflächen nach Regierungsbezirken<sup>12</sup>

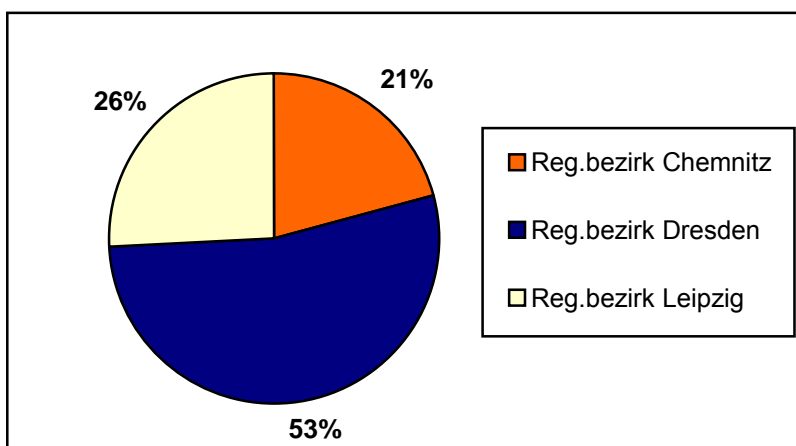


Abbildung 4: Verteilung der Gewächshausfläche nach Regierungsbezirken<sup>13</sup>

Nach Anzahl der Betriebe (bezogen auf Betriebe mit Schwerpunkt Erzeugung) und die Flächenanteile dominieren die Zierpflanzenbetriebe im Unterglasanbau, wie folgende Abbildungen verdeutlichen.

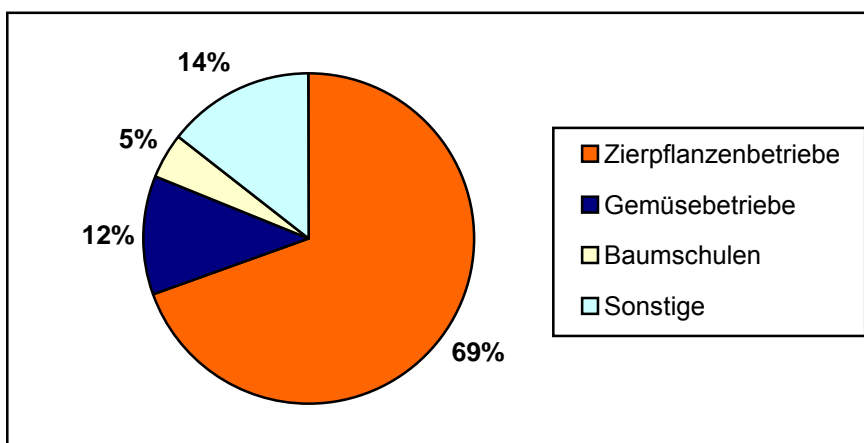


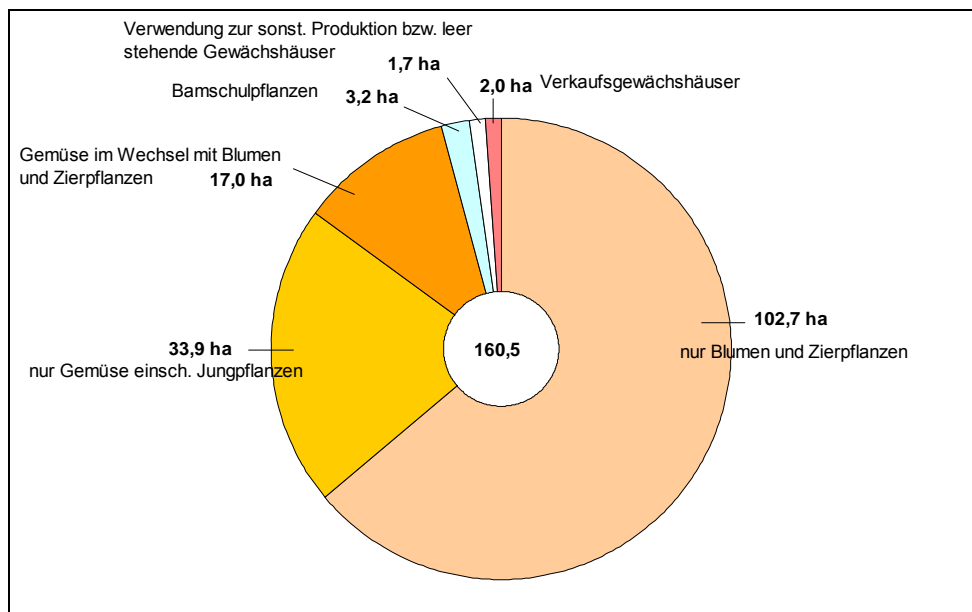
Abbildung 5: Anteil verschiedener Sparten an den Unterglasbetrieben in Sachsen<sup>14</sup>

<sup>12</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

<sup>13</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

<sup>14</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005





**Abbildung 6: Flächenverteilung nach Sparten im sächsischen Unterglasanbau<sup>15</sup>**

Die nachstehende Abbildung gibt zunächst einen detaillierten Überblick über die Flächenverteilung im Zierpflanzenbau Unterglas auf Kreisebene in Sachsen:

<sup>15</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2005

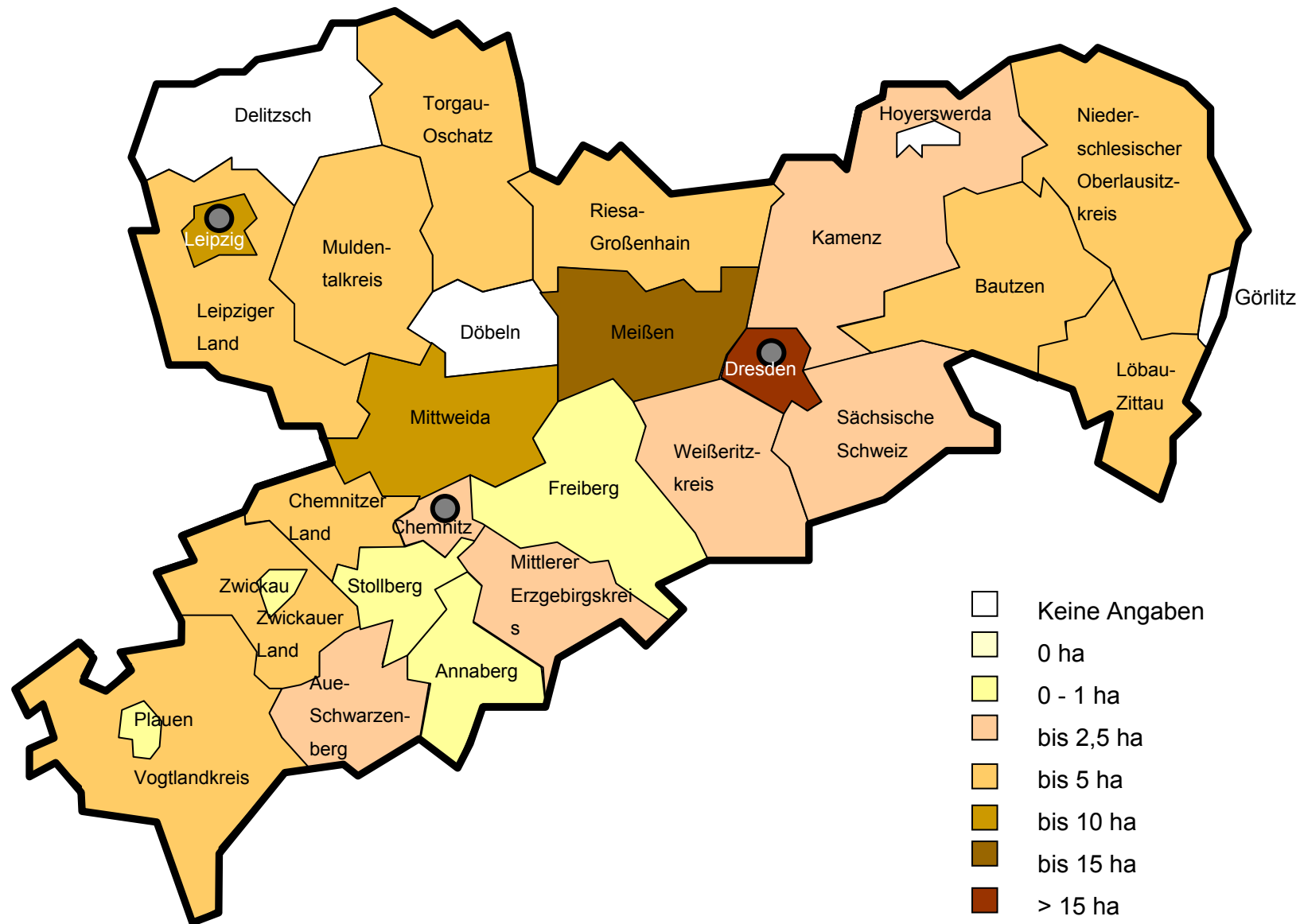


Abbildung 7: Flächen des Zierpflanzenanbaus unter Glas in Sachsen nach Landkreisen (Eigene Darstellung nach Angaben Statist. Landesamt Sachsen 2006)

Wie die Karte verdeutlicht, konzentriert sich der Anbau in den Kreisen Dresden, Meißen, Mittweida und Leipzig. Nach der Flächenverteilung spielen im Unterglas-Zierpflanzenbau mit 59 Prozent Beet- und Balkonpflanzen die größte Rolle. Topfpflanzen haben einen Anteil von rund 29 Prozent und Schnittblumen im Unterglasanbau spielen mit rund 11 Prozent nur eine geringe Rolle.<sup>16</sup> Die Flächen und Betriebszahlen im Zierpflanzenbau (insgesamt) sind deutschlandweit rückläufig. Einen Überblick gibt folgende Tabelle:

**Tabelle 1: Anzahl und Veränderung zwischen 2004 und 2000 von Zierpflanzenbetrieben nach Bundesländern<sup>17</sup>**

| Bundesländer           | Anzahl Betriebe | Veränderung 2004 gegenüber 2000 |
|------------------------|-----------------|---------------------------------|
|                        |                 | in Prozent                      |
| Nordrhein-Westfalen    | 2116            | -15,2                           |
| Baden-Württemberg      | 1471            | -12,3                           |
| Bayern                 | 1470            | -16,7                           |
| Niedersachsen          | 1143            | -4,2                            |
| Sachsen                | 600             | -15,1                           |
| Stadtstaaten           | 568             | -17,8                           |
| Hessen                 | 493             | -27,7                           |
| Rheinland-Pfalz        | 437             | -12,9                           |
| Schleswig-Holstein     | 348             | -10,8                           |
| Brandenburg            | 305             | -10,8                           |
| Thüringen              | 244             | -19,7                           |
| Sachsen-Anhalt         | 170             | -11,9                           |
| Saarland               | 91              | -17,3                           |
| Mecklenburg-Vorpommern | 87              | -28,7                           |
| <b>Gesamt</b>          | <b>13189</b>    | <b>-14,6</b>                    |

Der Rückgang der Betriebszahlen zwischen 2000 und 2004 lag in Sachsen etwas über dem bundesweiten Durchschnitt. Bezüglich der Anbaufläche unter Glas steht Sachsen deutschlandweit an 5. Stelle, wie nachfolgende Tabelle zeigt:

<sup>16</sup> VGL. EIGENE BERECHNUNG AUF GRUNDLAGE VON DATEN DER SÄCHSISCHEN LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

<sup>17</sup> VGL. BMEVL 2005

**Tabelle 2: Anbauflächen unter Glas nach Bundesländern<sup>18</sup>**

| Bundesländer               | Anbauf. u.<br>Glas | davon:            |              |                    |                                    |
|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------|--------------------|------------------------------------|
|                            |                    | Beet u.<br>Balkon | Topfpflanzen | Schnitt-<br>blumen | Vermehr. U.<br>Anzucht-<br>flächen |
| Nordrhein-Westfalen        | 1253               | 615               | 375          | 151                | 112                                |
| Niedersachsen              | 530                | 256               | 212          | 25                 | 37                                 |
| Bayern                     | 474                | 280               | 135          | 36                 | 24                                 |
| Baden-Württemberg          | 448                | 225               | 115          | 72                 | 36                                 |
| Sachsen                    | 171                | 97                | 47           | 18                 | 9                                  |
| Rheinland-Pfalz            | 139                | 78                | 35           | 11                 | 15                                 |
| Schleswig-Holstein         | 125                | 67                | 42           | 8                  | 8                                  |
| Hessen                     | 104                | 60                | 24           | 13                 | 7                                  |
| Thüringen                  | 86                 | 57                | 20           | 2                  | 7                                  |
| Brandenburg                | 78                 | 51                | 21           | 3                  | 3                                  |
| Sachsen-Anhalt             | 41                 | 26                | 9            | 2                  | 4                                  |
| Saarland                   | 32                 | 18                | 9            | 2                  | 4                                  |
| Mecklenburg-<br>Vorpommern | 30                 | 21                | 5            | 2                  | 2                                  |
| Stadtstaaten               | 200                | 92                | 11           | 92                 | 4                                  |
| <b>Gesamt</b>              | <b>3.713</b>       | <b>1.943</b>      | <b>1.060</b> | <b>437</b>         | <b>273</b>                         |

Wichtige Kulturen im Zierpflanzenbau in Sachsen sind Pelargonien, Alpenveilchen, Stiefmütterchen, Primeln, Stauden und Sonnenblumen.<sup>19</sup> Die Preissituation im Zierpflanzenbau in Sachsen zeigt deutliche regionale Unterschiede und ist im Verhältnis zum Bundesdurchschnitt leicht unterdurchschnittlich einzuschätzen.<sup>20</sup>

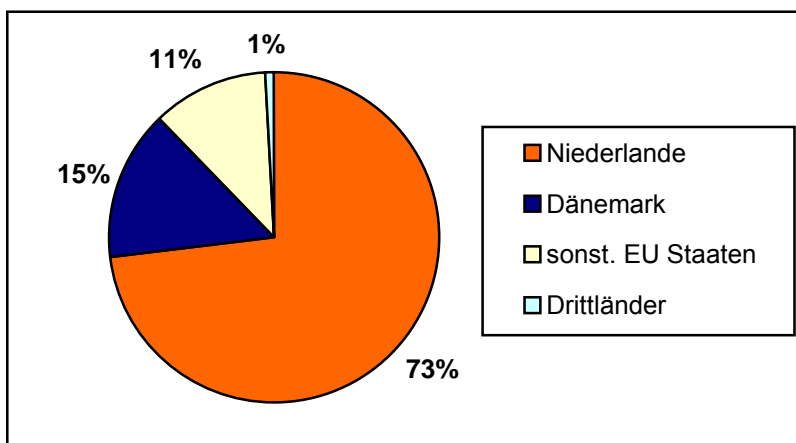
Der Einfuhrwert für Topfpflanzen nach Deutschland betrug 2004 insgesamt 447,7 Mill. €. <sup>21</sup> Als Haupteinfuhrländer sind vor allem die Niederlande und Dänemark zu nennen, wie folgende Abbildungen zeigen.

<sup>18</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH TABELLENABFRAGE STATISTISCHES JAHRBUCH: BMELV 2004

<sup>19</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

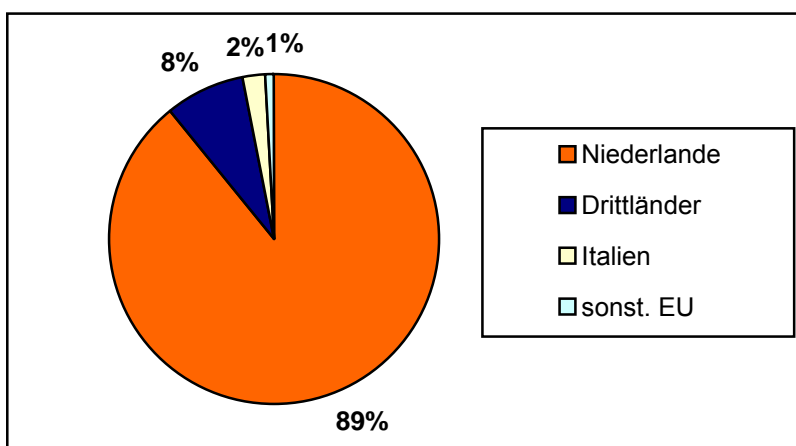
<sup>20</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

<sup>21</sup> BMELV 2005



**Abbildung 8: Haupteinfuhrländer nach Einfuhrwert für Topfpflanzen 2004<sup>22</sup>**

Schnittblumen wurden 2004 vor allem aus den Niederlanden in einem Gesamtwert von 765,1 Mill. € eingeführt.



**Abbildung 9: Haupteinfuhrländer nach Einfuhrwert für Schnittblumen 2004<sup>23</sup>**

Der Einfuhrwert für Beet- und Balkonpflanzen betrug 2004 rund 88,4 Mill. €. Davon wurden alleine aus den Niederlanden Waren im Wert von 68 Mill. € eingeführt.<sup>24</sup>

#### Gemüsebau unter Glas

Im Gemüsebau unter Glas zeigt sich die höchste Flächenkonzentration im Kreis Dresden und Meißen. Weitere Anbauschwerpunkte liegen im Niederschlesischen Oberlausitzkreis, in Löbau-Zittau und in Mittweida (s. Abbildung 10). Dabei hat die Anzahl der Unterglas-Gemüsebaubetriebe in Sachsen zwischen 2000 und 2005 um rund 34 Prozent abgenommen.<sup>25</sup> Die deutschlandweite Verteilung der Unterglasflächen für wichtige Gemüsekulturen zeigt Tabelle 3.

<sup>22</sup> VGL. BMELV 2005

<sup>23</sup> VGL. BMELV 2005

<sup>24</sup> VGL. BMELV 2005

<sup>25</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

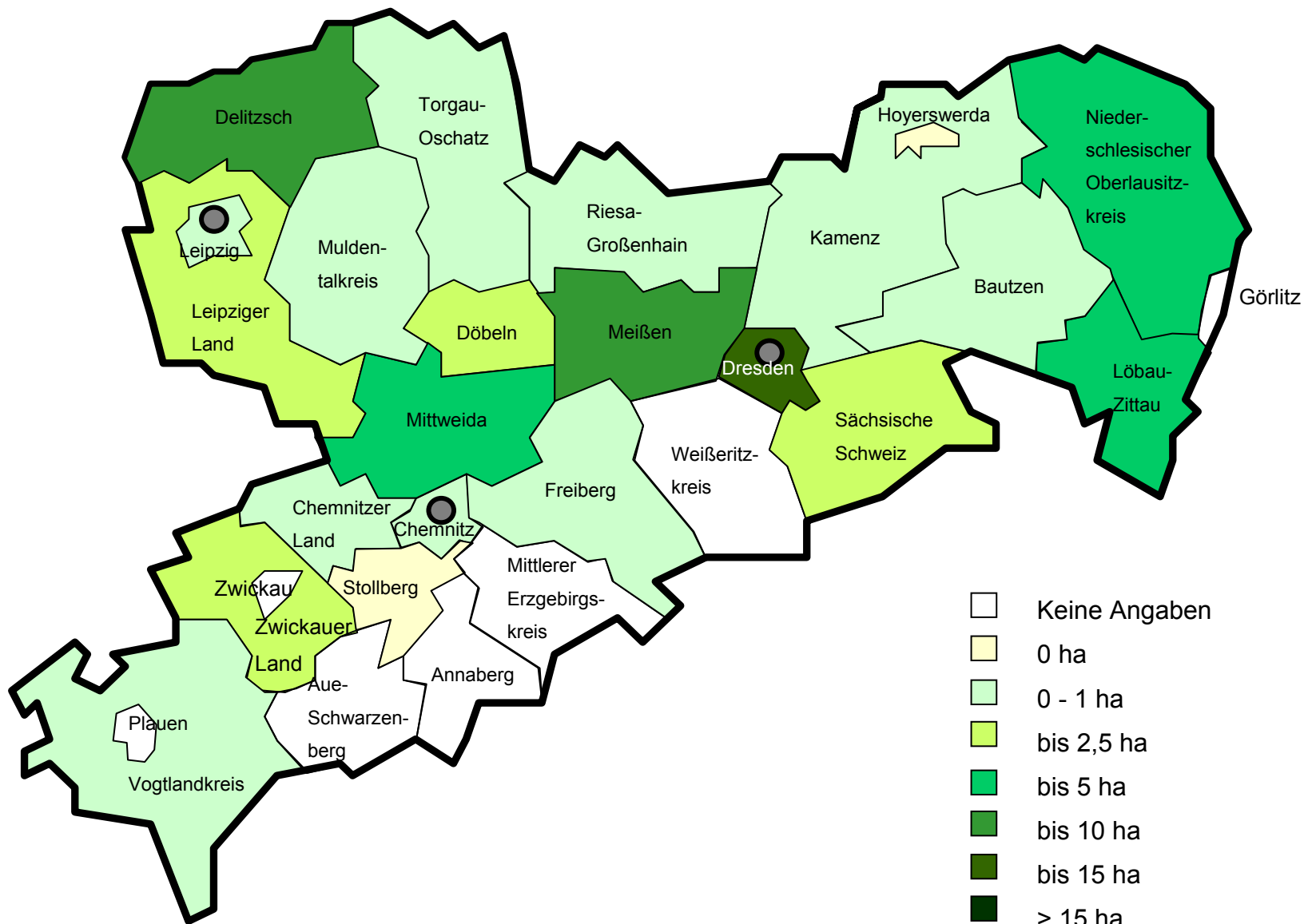


Abbildung 10: Flächen des Gemüseanbaus unter Glas in Sachsen nach Landkreisen (Eigene Darstellung nach Angaben Statist. Landesamt Sachsen 2006)

**Tabelle 3: Flächenverteilung des Unterglasanbaus wichtiger Gemüsearten nach Bundesländern<sup>26</sup>**

| Bundesländer           | Fläche wichtiges Gemüse in Unterglasanlagen (ha) 2004 |
|------------------------|---|
| Baden-Württemberg      | 459   |
| Bayern                 | 257   |
| Nordrhein-Westfalen    | 240   |
| Niedersachsen          | 95  |
| Sachsen                | 51  |
| Rheinland-Pfalz        | 47  |
| Hessen                 | 46  |
| Brandenburg            | 36  |
| Thüringen              | 35  |
| Mecklenburg-Vorpommern | 16  |
| Schleswig-Holstein     | 16  |
| Sachsen-Anhalt         | 7   |
| Saarland               | 3   |
| Stadtstaaten           | 65  |
| <b>Gesamt</b>          | <b>1.371</b>  |

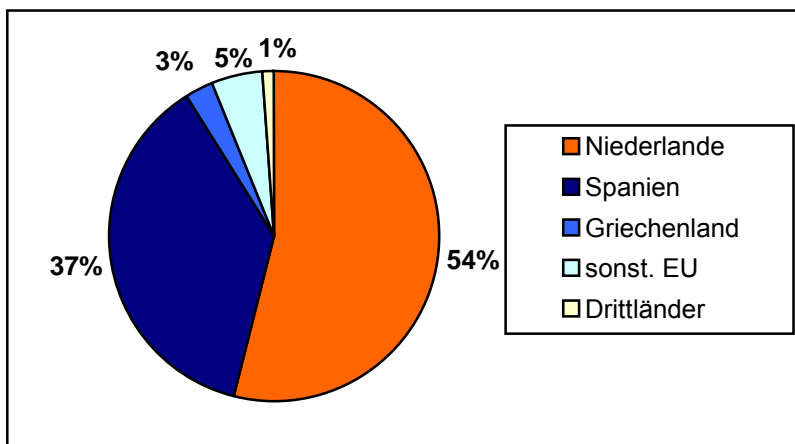
Die Hauptkulturen im geschützten Gemüsebau in Sachsen sind Gurken (163 200 m<sup>2</sup>), Tomaten (118 300 m<sup>2</sup>), Feldsalat (40 000 m<sup>2</sup>) und Kohlrabi (35 500 m<sup>2</sup>).<sup>27</sup> Deutschlandweit wurden 2004 unter Glas auf 263 ha Tomaten, auf 234 ha Gurken, auf 248 ha Feldsalat und auf 150 ha Kopfsalat angebaut.<sup>28</sup> Als Hauptkonkurrenten im Gurkenanbau sind vor allem jahreszeitlich gestaffelt Holland, Spanien und Griechenland zu sehen.<sup>29</sup> Die folgende Abbildung spiegelt die Verteilung der Einfuhrmengen frischer Gurken nach Ländern wider.

<sup>26</sup> Eigene Darstellung nach Tabellenabfrage Statistisches Jahrbuch: BMELV 2004

<sup>27</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

<sup>28</sup> VGL. STATISTISCHES BUNDESAMT 2004

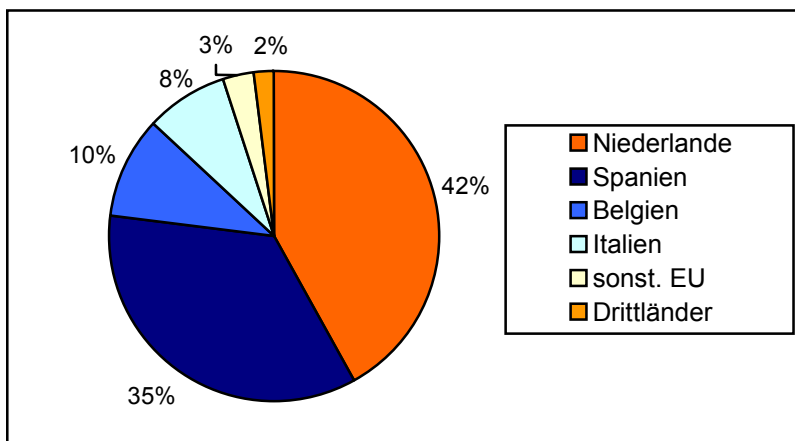
<sup>29</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006B



**Abbildung 11: Haupteinfuhrländer nach Einfuhrmengen für frische Gurken 2005<sup>30</sup>**

Der Selbstversorgungsgrad für frische Salatgurken lag 2005 nach ZMP-Angaben bei 13 Prozent.<sup>31</sup>

Der Tomatenanbau ist in den letzten Jahren durch eine starke Produktdiversifizierung geprägt. Neben einer zunehmenden Dominanz von Strauchtomaten haben verstärkt Sonderformen wie beispielsweise Cherrytomaten, Eiertomaten sowie gelbe Tomaten Verbreitung gefunden.<sup>32</sup> Als Hauptimportländer sind Holland, Spanien, Belgien und Italien sowie als nicht EU-Land Marokko zu nennen:



**Abbildung 12: Haupteinfuhrländer nach Einfuhrmengen für frische Tomaten 2005<sup>33</sup>**

Der Selbstversorgungsgrad für frische Tomaten lag 2005 nach ZMP-Angaben bei 7,5 Prozent.<sup>34</sup>

### 3.1.2 Wirtschaftliche Betriebssituation/Kostenstrukturen

Für eine Beurteilung möglicher Anpassungsstrategien ist die wirtschaftliche Ausgangslage der Betriebe zu beurteilen. Zunächst wird die Zierpflanzensparte dargestellt. Aufgrund unterschiedlicher Betriebsstrukturen werden die Betriebe im Folgenden nach der überwiegenden Absatzform betrachtet. Es ist anzumerken, dass aufgrund der Datenlage (siehe Kapitel Methodik) sich hier nur eine ungefähre Einschätzung zur tatsächlichen Betriebssituation in Sachsen ableiten lässt.

<sup>30</sup> VGL. ZENTRALE MARKT UND PREISBERICHTSTELLE 2006

<sup>31</sup> VGL. ZENTRALE MARKT UND PREISBERICHTSTELLE 2006

<sup>32</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006B

<sup>33</sup> VGL. ZENTRALE MARKT UND PREISBERICHTSTELLE 2006

<sup>34</sup> VGL. ZENTRALE MARKT UND PREISBERICHTSTELLE 2006



**Tabelle 4: Wirtschaftliche Situation indirekt und direkt vermarktender Betriebe des Zierpflanzenbaus in Sachsen 2004<sup>35</sup>**

|   |                | Indirekte Vermarktung > 75% |            |            | Direkte Vermarktung >75% |            |            |
|---|----------------|-----------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|
|   |                | Mittel                      | 1. Drittel | 3. Drittel | Mittel                   | 1. Drittel | 3. Drittel |
| <b>Allgemeine Strukturmerkmale</b>      |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Betriebsfläche GG                       | ha             | <b>1,50</b>                 | 2,18       | 0,66       | <b>0,61</b>              | 0,28       | 0,66       |
| Glasfläche                              | m <sup>2</sup> | <b>4.250</b>                | 4.676      | 4.352      | <b>2.104</b>             | 2.205      | 1.307      |
| GG in % der Betriebsfläche              | % BF           | <b>69,2</b>                 | 83,4       | 78,9       | <b>49,3</b>              | 40,6       | 45,9       |
| Heizbare Glasfläche in % der Glasfläche | % GF           | <b>82,7</b>                 | 73,5       | 94,7       | <b>86,9</b>              | 95,4       | 74,3       |
| <b>Vermögensstruktur</b>                |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Vermögen in Tausend € (V)               | T€             | <b>265</b>                  | 378        | 188        | <b>155</b>               | 142        | 90         |
| Fremdkapital in % des Vermögens         | %              | <b>83,7</b>                 | 67         | 99,6       | <b>61,7</b>              | 72,2       | 36,8       |
| <b>Arbeitswirtschaft</b>                |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Glasfläche / AK                         | m <sup>2</sup> | <b>1.119</b>                | 1.085      | 1.554      | <b>345</b>               | 306        | 326        |
| <b>Investitionstätigkeit</b>            |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Bruttoinvestitionen je AK               | €              | <b>16.839</b>               | 29.215     | 1.565      | <b>2.055</b>             | 3.224      | 228        |
| Nettoinvestitionen je AK                | €              | <b>8.371</b>                | 20.486     | -10.317    | <b>-1.493</b>            | -973       | -2.042     |
| <b>Erträge</b>                          |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Unternehmensertrag (UE)                 | €              | <b>229.604</b>              | 306.421    | 163.517    | <b>264.530</b>           | 366.434    | 130.507    |
| Betriebsertrag (BE)                     | €              | <b>225.836</b>              | 304.565    | 163.268    | <b>261.396</b>           | 362.249    | 130.434    |
| <b>Unternehmenserfolg</b>               |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Gewinn (betriebswirtschaftlich)         | % UE           | <b>3,8</b>                  | 10,1       | -8,7       | <b>9,2</b>               | 11,1       | 6,7        |
| Gewinn (betriebswirtschaftlich)         | €              | <b>8.704</b>                | 31.051     | -14.283    | <b>24.319</b>            | 40.718     | 8.722      |
| Gewinn / Familien-AK                    | €              | <b>7.174</b>                | 25.876     | -11.519    | <b>17.834</b>            | 35.628     | 5.088      |
| Cash Flow (Gewinn + AfA)                | €              | <b>39.537</b>               | 67.946     | 16.379     | <b>40.554</b>            | 58.496     | 17.492     |
| Eigenkapitalveränderung                 | €              | <b>-6.037</b>               | 20.213     | -26.615    | <b>-2.215</b>            | 5.891      | -10.305    |
| <b>Betriebserfolg</b>                   |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Betriebseinkommen                       | % BE           | <b>21,9</b>                 | 28,6       | 7,8        | <b>38,3</b>              | 40,9       | 30,3       |
| <b>Arbeitsproduktivität</b>             |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Betriebsertrag / AK                     | €              | <b>59.463</b>               | 70.683     | 58.279     | <b>42.813</b>            | 50.342     | 32.576     |
| Betriebseinkommen / AK                  | €              | <b>13.000</b>               | 20.231     | 4.570      | <b>16.415</b>            | 20.607     | 9.868      |
| <b>Kapitalproduktivität</b>             |                |                             |            |            |                          |            |            |
| Rentabilitätskoeffizient                |                | <b>0,53</b>                 | 0,77       | 0,17       | <b>0,8</b>               | 0,99       | 0,47       |
| Arbeitsertag / AK                       | €              | <b>10.641</b>               | 16.279     | 2.375      | <b>14.648</b>            | 18.673     | 7.891      |

Die indirekt absetzenden Betriebe verfügen im Durchschnitt dieser Betrachtung über eine in etwa doppelt so große Gewächshausfläche (GW) wie die direkt absetzenden und liegen deutlich über der Durchschnittsfläche GW in Sachsen (2400 m<sup>2</sup>). Im Vergleich zur deutschlandweiten Auswertung zeigt sich im Mittel eine um 48 Prozent geringere Glasfläche, während die direkt vermarktenden Betriebe über eine in etwa um 15 Prozent

<sup>35</sup> VGL. STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT FREISTAAT SACHSEN 2006

geringer GW Fläche verfügen. Eine Auswertung auf Grundlage von BMELV-Jahresabschlüssen<sup>36</sup> hat im Mittel der ausgewerteten Testbetriebe Unterglasflächen von 3 800 m<sup>2</sup> pro Betrieb ergeben.

Während der Fremdkapitalanteil am Vermögen bei den indirekt vermarktenden Betrieben deutlich über denen des bundesweiten Durchschnitts liegt, ist der Anteil bei den direkt vermarktenden Betrieben geringer. Bedenklich auch im Sinne weiterer Investitionsmöglichkeiten ist vor allem der nahezu 100 Prozent Fremdkapitalanteil des 3. Drittels der indirekt vermarktenden Betriebe.

Deutliche Unterschiede sind auch bei der Investitionstätigkeit der Unternehmen zu sehen. Diese liegt bei den (ausgewerteten) indirekt vermarktenden Betrieben in Sachsen (auch im Verhältnis zur deutschlandweiten Auswertung: Bruttoinvestition/AK: 8 175 €, Nettoinvestition/AK: 385 €) relativ hoch. Dabei ist aber festzustellen, dass insbesondere wirtschaftlich erfolgreichere (nach dem Betriebseinkommen/AK) Unternehmen stark investieren. Ein Vergleich identischer Betriebe der letzten drei Jahre zeigt eine deutliche Zunahme der Investitionstätigkeit. Es ist zu vermuten, dass die Betriebe verstärkt in Neuanlagen investieren, um auf steigende Energiekosten zu reagieren und durch eine Prozess- und Anlagenoptimierung die Arbeitsproduktivität insgesamt zu erhöhen.

Die direkt vermarktenden Betriebe zeigen eine negative Nettoinvestition, die langfristig eine Überalterung des Anlagevermögens zur Folge hat. Ein Vergleich identischer Betriebe verdeutlicht allerdings, dass im Wirtschaftsjahr 2002 und 2003 die Nettoinvestitionen bei rund 10 000 € bzw. 1 500 € lagen. Z. T. wurden also in den letzten Jahren auch bei diesen Betrieben Neuinvestitionen vorgenommen.

Die Kennzahlen zeigen, dass die wirtschaftliche Situation der Betriebe als unbefriedigend einzuschätzen ist und insbesondere die indirekt vermarktenden Betriebe deutlich hinter den deutschlandweiten Ergebnissen zurückbleiben. Die Situation der direkt vermarktenden Betriebe stellt sich positiver dar. Während der Unternehmensertrag bei den indirekt vermarktenden Betrieben in den letzten Wirtschaftsjahren im Gegensatz zum bundesweiten Durchschnitt sogar einen negativen Trend aufweist und von 2001/2002 um rund 8 Prozent gesunken ist, stagniert er bei den direkt vermarktenden Betrieben nahezu. Der Gewinn ist bei den indirekt vermarktenden Betrieben im gleichen Zeitraum um rund 80 Prozent zurückgegangen und lässt gestiegene Produktionskosten erwarten, worauf an späterer Stelle noch eingegangen wird. Bei den direkt vermarktenden Betrieben zeigt sich dagegen eine Steigerung von rund 28 Prozent in den letzten Jahren.

Der Gewinn (betriebswirtschaftlich), ausgewiesen als Anteil am Unternehmensertrag, liegt mit 3,8 Prozent (indirekte Vermarktung) bzw. 9,2 Prozent (direkte Vermarktung) sehr niedrig. Deutschlandweit liegt dieser Wert im Mittel bei 12,1 und 10,3 Prozent. Bezogen auf die Familien Ak liegt er bei den indirekt vermarktenden Betrieben bei nur rund 7 000 € und ermöglicht keine ausreichende Entlohnung. So veranschaulicht auch der Rentabilitätskoeffizient, der durchgehend unter 1 liegt, dass das erwirtschaftete Einkommen im Gegensatz zum bundesweiten Mittel der indirekt vermarktenden Betriebe (dort liegt der Wert bei 1,01) nicht ausreicht, um alle Aufwandspositionen, einschließlich kalkulatorischer Aufwandspositionen, abzudecken. Bei den direkt vermarktenden Betrieben liegt der Anteil der Handelsware am Betriebsertrag bei rund 33 Prozent. Die Analyse identischer Betriebe vermittelt hier einen leichten Anstieg über die letzten Jahre. Zwar stehen die direkt vermarktenden Betriebe insgesamt besser dar und erwirtschafteten im Mittel einen Gewinn/Familien Ak von rund 17 000 €, aber auch bei den Betrieben des ersten Drittels wird nur näherungsweise eine Deckung aller Aufwandspositionen erreicht. Allerdings stehen die Betriebe nur geringfügig schlechter da, als der bundesweite

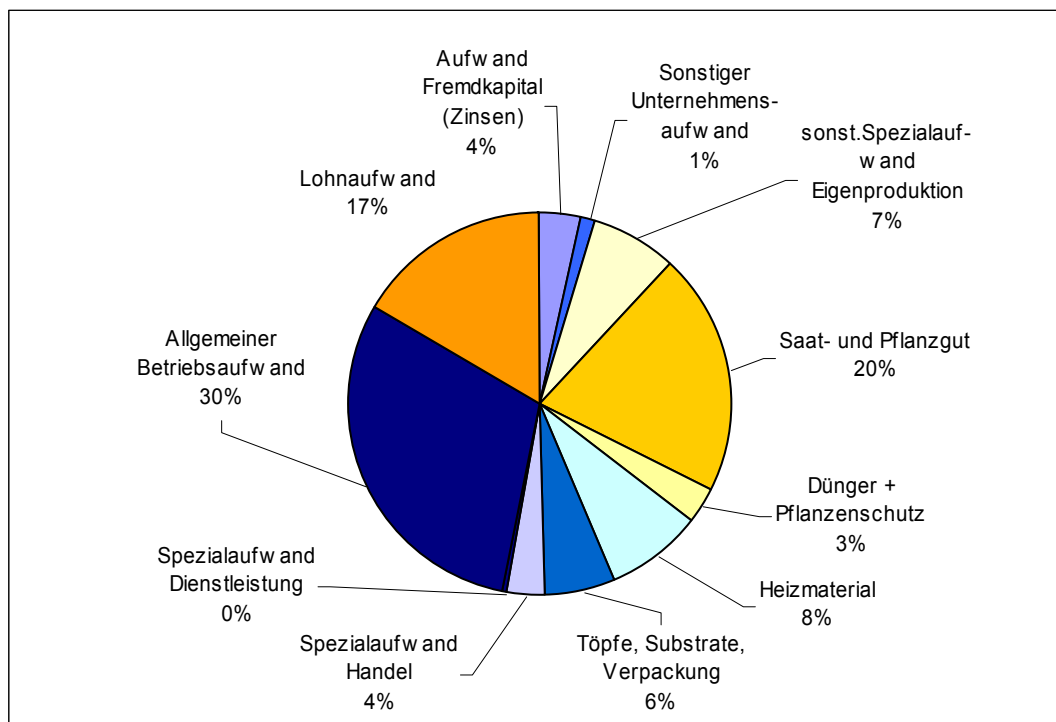
---

<sup>36</sup> Vgl. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

Durchschnitt. Insgesamt zeigt die aktuelle Auswertung des ZBG, dass gerade für die indirekt vermarktenden Betriebe eine deutliche Verschlechterung eingetreten ist und sich im Vergleich zum Vorjahr die wirtschaftliche Situation deutlich problematischer entwickelt hat, als bei den direkt vermarktenden Betrieben.

#### Aufwandsstrukturen

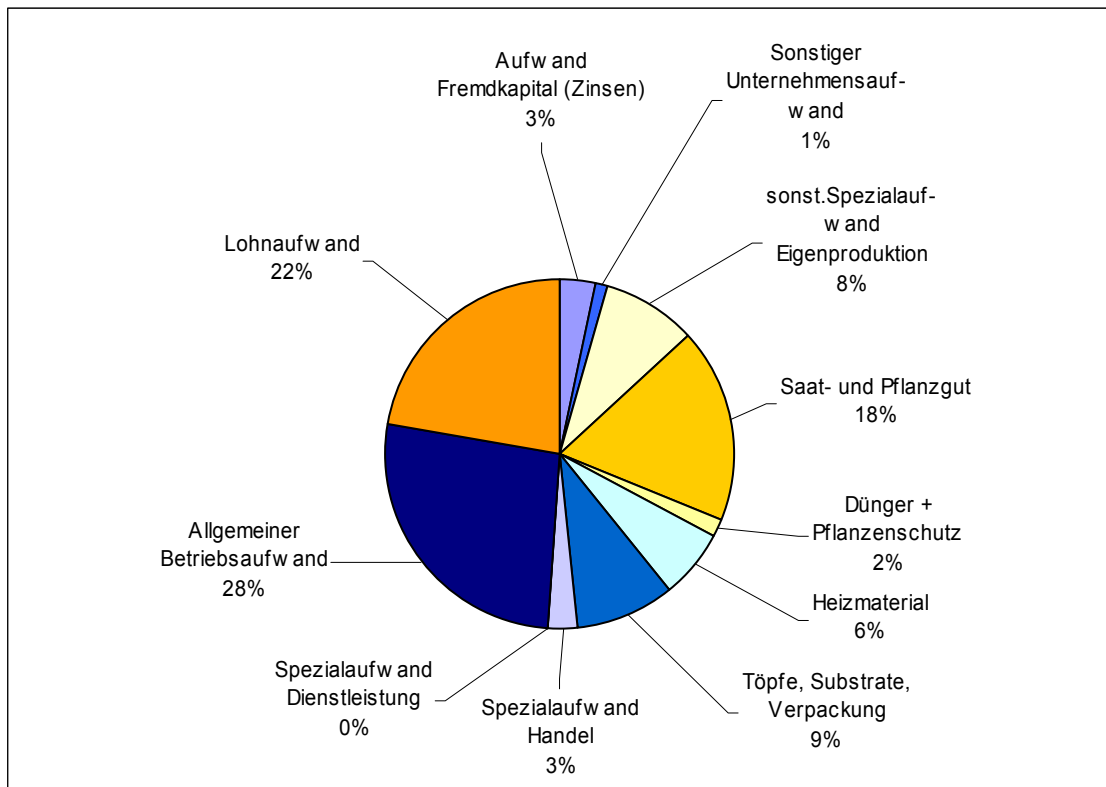
Eine Analyse der Aufwands-/Kostenstrukturen im nationalen Vergleich ermöglicht es, einige Ursachen für die schlechten Betriebsergebnisse, insbesondere der indirekt vermarktenden Betriebe, aufzuzeigen. Im nationalen Vergleich wurden insbesondere regionale Kennzahlenauswertungen des ZBG für 2004/2003 herangezogen. In den folgenden Abbildungen werden zunächst die Aufwandstrukturen (Anteile am Unternehmensaufwand) für die indirekt absetzenden Zierpflanzenbetriebe für Sachsen und Deutschland dargestellt.



**Abbildung 13: Aufwandspositionen in Prozent des Unternehmensaufwandes bei überwiegend indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetrieben (identische Betriebe 2004) in Sachsen<sup>37</sup>**

Ein deutlicher Unterschied ist zunächst beim Lohnaufwand festzustellen, der in Sachsen einen wesentlich geringeren Anteil am Unternehmensaufwand ausmacht. Dies erklärt sich vor allem durch einen höheren Anteil (rund 70 Prozent über dem deutschlandweiten Durchschnitt) an Familien AK, wodurch höhere kalkulatorische Kosten beim Lohnansatz für die Familien AK zu veranschlagen sind. Betrachtet man die Glasfläche/AK oder die Einheitsquadratmeter/AK, ergibt sich ein höherer AK-Besatz/Fläche in den sächsischen Betrieben, so dass hier insgesamt von einer niedrigen Arbeitsproduktivität auszugehen ist, wie sich auch im Betriebseinkommen/AK zeigt. Dieses liegt bei den abgebildeten Betrieben in Sachsen bei nur etwa 40 Prozent des bundesweiten Mittels.

<sup>37</sup> Eigene Darstellung aufgrund von Daten des Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Freistaat Sachsen 2006



**Abbildung 14: Aufwandspositionen in Prozent des Unternehmensaufwands bei überwiegend indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetrieben (ident. Betriebe 2004) deutschlandweit<sup>38</sup>**

Betrachtet man die Produktionsseite, so zeigt sich ein geringerer Anteil am Gesamtaufwand bei Töpfen, Substraten und Verpackung. Dagegen liegt der Anteil für Heizmaterial über dem deutschlandweiten Durchschnitt, was auf eine nicht optimale Anlagenausstattung hindeutet (siehe unten). Ebenso ergeben sich höhere Aufwandsanteile für Saat- und Pflanzgut und in geringem Umfang auch für Dünger und Pflanzenschutz.

Im Zeitverlauf ist der Anteil des Unternehmensaufwands am Unternehmensertrag deutlich gestiegen. Lag er im Wirtschaftsjahr 2000/01 bei rund 83 Prozent, so ist er 2004/03 auf rund 96 Prozent gestiegen. Der Anteil der Heizaufwendungen (am Betriebsertrag) ist im selben Zeitraum beispielsweise um rund 21 Prozent gewachsen. Die folgende Abbildung stellt den Anteil von Aufwandspositionen am Betriebsertrag<sup>39</sup> für indirekt absetzende Betriebe verschiedener Bundesländer dar. Dabei wurden die Ergebnisse aus Sachsen als Bezugsgröße gewählt, so dass die Prozentwerte anzeigen um wie viel höher oder niedriger der Anteil der Aufwendungen am Betriebsertrag in Sachsen gegenüber dem jeweiligen Bundesland ist.

Es zeigt sich, dass der Großteil der Aufwendungen im Verhältnis zum Betriebsertrag deutlich über denen der Vergleichsländer liegt. Stark ausgeprägt ist dies beim Dünger- und Pflanzenschutz, bei den Abschreibungen und beim Aufwand für den Fuhrpark. Auch die Aufwendungen für Heizmaterial liegen rund 25 bis über 50 Prozent über denen der Vergleichsländer. Lediglich gegenüber Thüringen ergibt sich ein geringerer Aufwand.

<sup>38</sup> Eigene Darstellung aufgrund von Daten des ZBG 2005

<sup>39</sup> Der Lohnaufwand/Fremd-AK und das Heizmaterial/m<sup>2</sup> heizbare Glasfläche wurden als absolute Werte ins Verhältnis gesetzt.

Weitere Aufwandssteigerungen, beispielsweise durch die anhaltende Verteuerung der Brennstoffe, können gerade bei den bisher schon schlechten Ergebnissen einiger Betriebe den Betriebserhalt gefährden. Für die direkt absetzenden Betriebe stellt sich die Situation wie folgt dar:

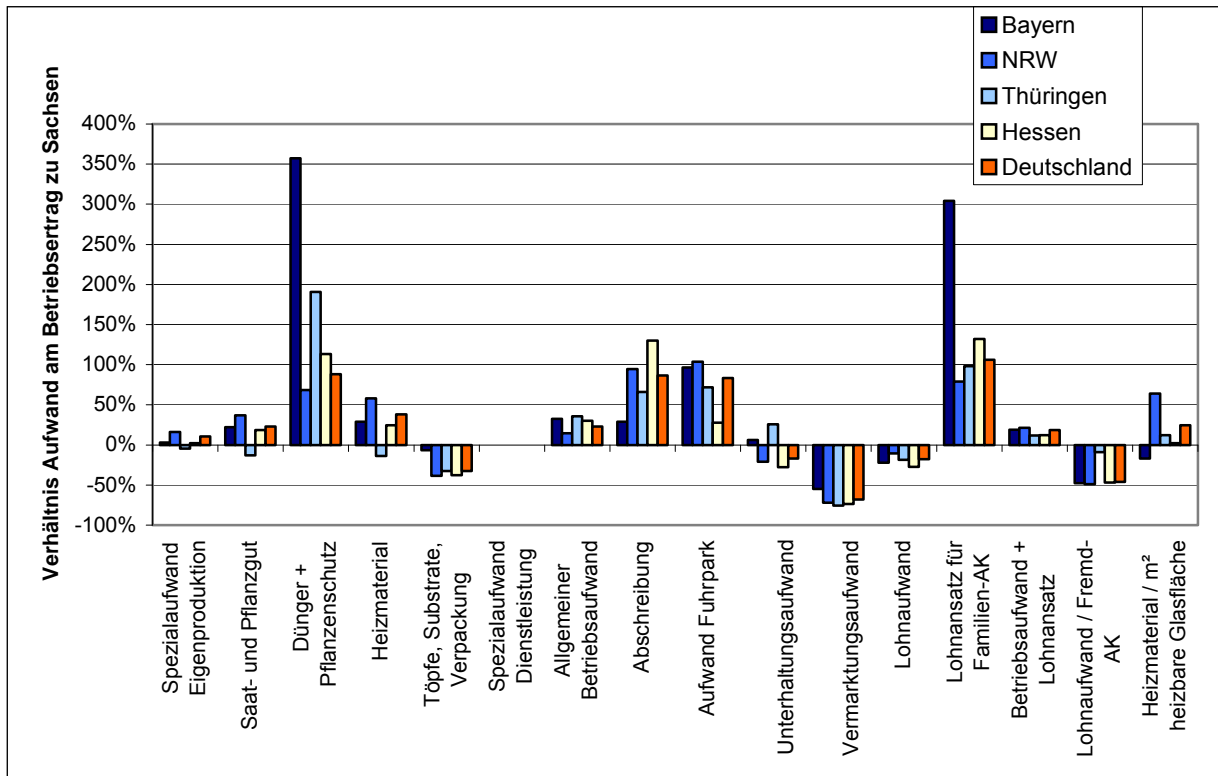
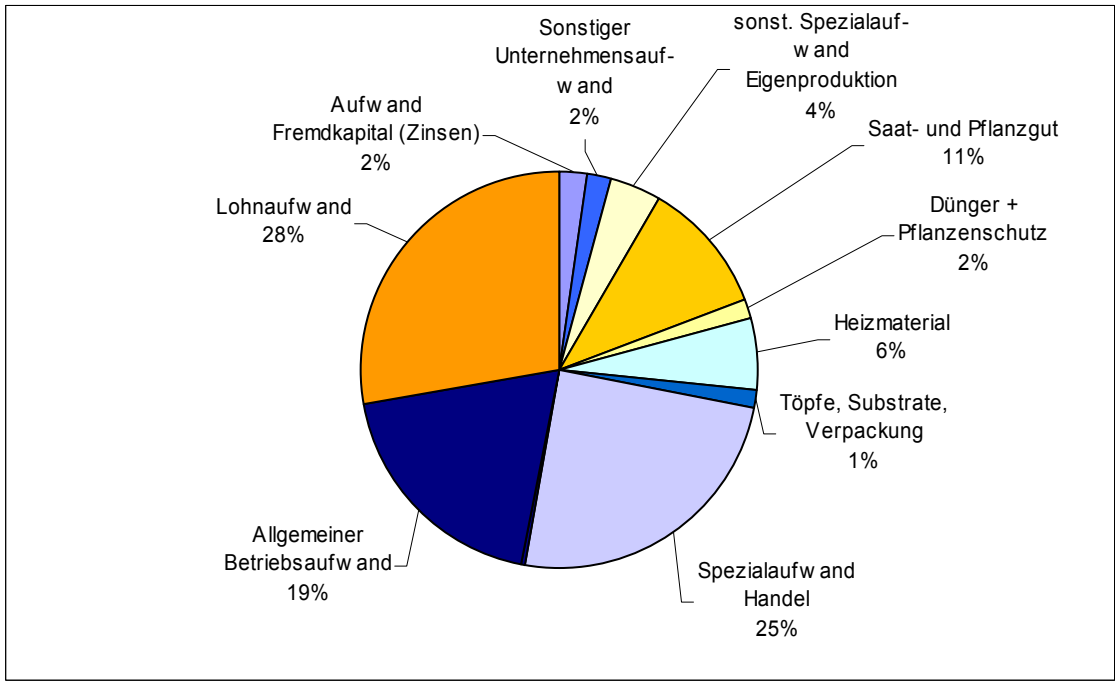
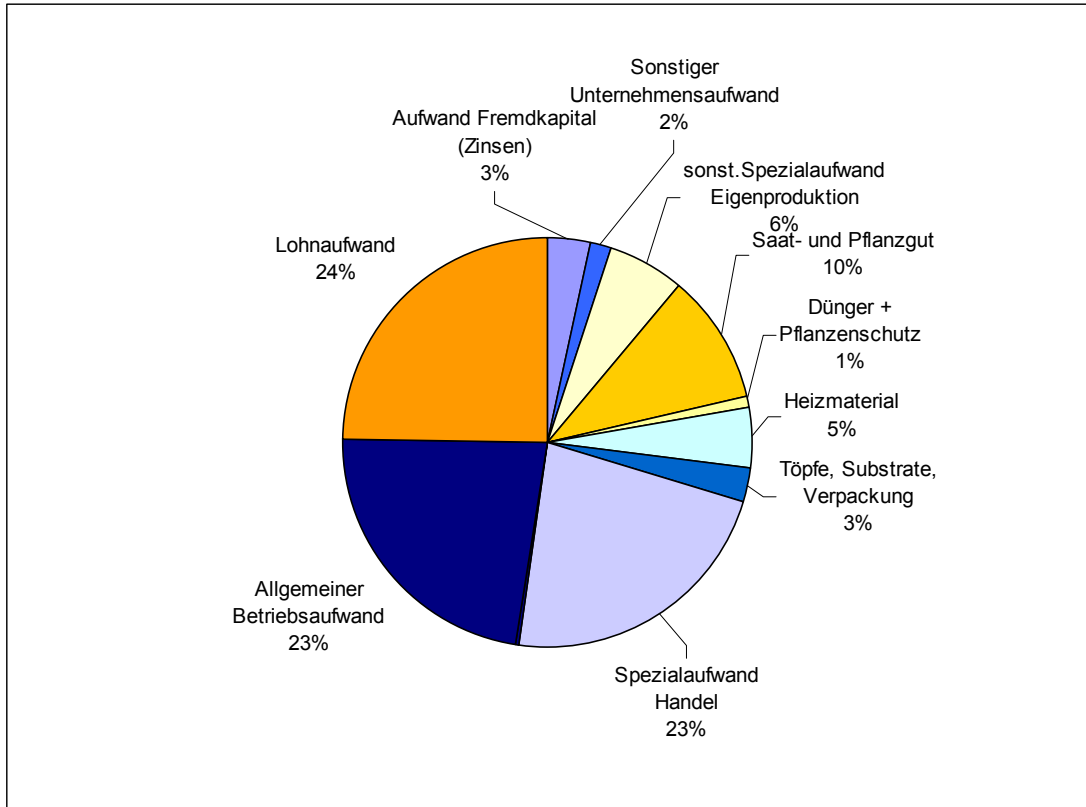


Abbildung 15: Anteil von Aufwandspositionen am Betriebsertrag für indirekt absetzende Zierpflanzenbetriebe verschiedener Bundesländer<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Eigene Darstellung aufgrund von durch das ZBG zur Verfügung gestellten regionalen Betriebsvergleichsdaten



**Abbildung 16: Anteil von Aufwandspositionen am Betriebsertrag für direkt absetzende Zierpflanzenbetriebe in Sachsen 2003/04<sup>41</sup>**

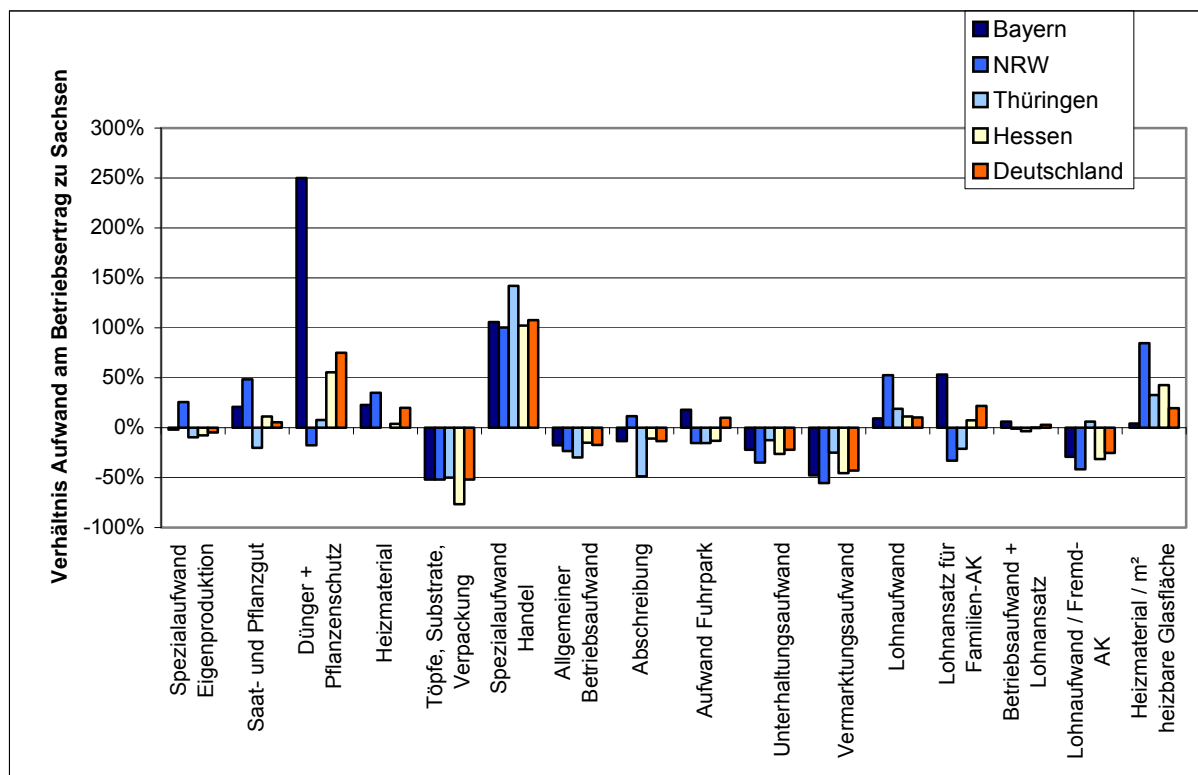


**Abbildung 17: Anteil von Aufwandspositionen am Betriebsertrag für indirekt absetzende Zierpflanzenbetriebe verschiedener Bundesländer 2003/04<sup>42</sup>**

<sup>41</sup> Eigene Darstellung aufgrund von Daten des Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Freistaat Sachsen 2006

<sup>42</sup> Eigene Darstellung aufgrund von Daten des ZBG 2005

Größere Unterschiede sind bei den direkt vermarktenden Betrieben insbesondere beim Allgemeinen Betriebsaufwand, der geringer ausfällt und beim Lohnaufwand, der um 4 Prozent über dem deutschlandweiten Mittel liegt, festzustellen. Weitere geringere Unterschiede bei den Aufwendungen zeigen sich auch beim Spezialaufwand Handel, der etwas höher liegt und bei Töpfen, Substraten, Verpackungen, die etwas niedriger liegen. Bei der Analyse der Aufwandspositionen (dargestellt nach Anteil am Betriebsertrag) für direkt absetzende Betriebe ergibt sich folgendes Bild:



**Abbildung 18: Anteil von Aufwandspositionen am Betriebsertrag für direkt absetzende Zierpflanzenbetriebe verschiedener Bundesländer 2003/04<sup>43</sup>**

Deutlich höhere Aufwendungen zeigen sich in Sachsen insbesondere beim Spezialaufwand Handel und gegenüber Bayern und Hessen beim Dünger und Pflanzenschutz. Auch der Lohnaufwand liegt insgesamt höher, obwohl der Lohnaufwand pro Fremd-AK deutlich unter dem der anderen Bundesländer liegt. Hier zeigt sich, dass der Arbeitskräftebesatz in Bezug zur Fläche deutlich über dem Durchschnitt in Deutschland liegt. Die Aufwendungen für Heizmaterial und damit korrespondierend die Aufwendungen für Heizmaterial/m<sup>2</sup> Glashaushfläche liegen im Mittel z. T. auch über denen anderer Bundesländer. Auch hier ist davon auszugehen, dass die technische Ausstattung der Betriebe zum Teil noch nicht optimal ist. Gleichzeitig zeigt der Vergleich für einige Aufwandspositionen teilweise deutlich geringere Belastungen im Verhältnis zu den Vergleichsländern.

### Gemüsebau

Aufgrund der unzureichenden Datengrundlage im Gemüsebau (es haben lediglich neun Betriebe am Betriebsvergleich in Sachsen teilgenommen), werden im Folgenden zwar einige Kennwerte aufgeführt, eine umfangreiche Analyse erscheint aber nicht sinnvoll.

<sup>43</sup> Eigene Darstellung aufgrund von durch das ZBG zur Verfügung gestellten regionalen Betriebsvergleichsdaten

**Tabelle 5: Wirtschaftliche Situation von Gemüsebaubetrieben in Sachsen 2004<sup>44</sup>**

| Allgemeine Strukturmerkmale          |                | Mittel  |
|--------------------------------------|----------------|---------|
| Betriebsfläche (GG)                  | ha             | 10,21   |
| Glasfläche                           | m <sup>2</sup> | 5.891   |
| GG in % der Betriebsfläche           | % BF           | 74,3    |
| Heizbare Glasfläche in % der Glasfl. | % GF           | 90,9    |
| <b>Vermögensstruktur</b>             |                |         |
| Vermögen in Tausend Euro (V)         | T€             | 550     |
| <b>Kapitalstruktur</b>               |                |         |
| Fremdkapital (FK)                    | €              | 300.556 |
| Fremdkapital in % des Vermögens      | %              | 54,7    |
| <b>Arbeitswirtschaft</b>             |                |         |
| Glasfläche / AK                      | m <sup>2</sup> | 799     |
| <b>Investitionstätigkeit</b>         |                |         |
| Bruttoinvestitionen je AK            | €              | 4.821   |
| Nettoinvestitionen je AK             | €              | -4.307  |
| <b>Erträge</b>                       |                |         |
| Unternehmensertrag (UE)              | €              | 477.187 |
| Betriebsertrag (BE)                  | €              | 475.752 |
| <b>Aufwand</b>                       |                |         |
| Unternehmensaufwand                  | €              | 409.389 |
| Betriebsaufwand                      | €              | 379.244 |
| Lohnansatz                           | €              | 52.397  |
| Betriebsaufwand + Lohnansatz         | €              | 431.641 |
| <b>Unternehmenserfolg</b>            |                |         |
| Gewinn (betriebswirtschaftlich)      | % UE           | 14,2    |
| Gewinn (betriebswirtschaftlich)      | €              | 67.798  |
| Gewinn/Familien-AK                   | €              | 50.221  |
| Cash Flow (Gewinn + AfA)             | €              | 127.174 |
| Eigenkapitalveränderung              | €              | -49.337 |
| <b>Arbeitsproduktivität</b>          |                |         |
| Betriebsertrag / AK                  | €              | 64.552  |
| Betriebseinkommen / AK               | €              | 23.859  |
| <b>Rentabilität</b>                  |                |         |
| Rentabilitätskoeffizient             |                | 1,07    |
| Arbeitsertrag / AK                   | €              | 17.936  |

Die hier betrachteten Betriebe verfügen im Mittel über deutlich größere Glasflächen als der sächsische Durchschnitt. Der Fremdkapitalanteil im Verhältnis zum Vermögen liegt in etwa in Höhe des bundesweiten Durchschnitts.

<sup>44</sup> VGL. STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT FREISTAAT SACHSEN 2006



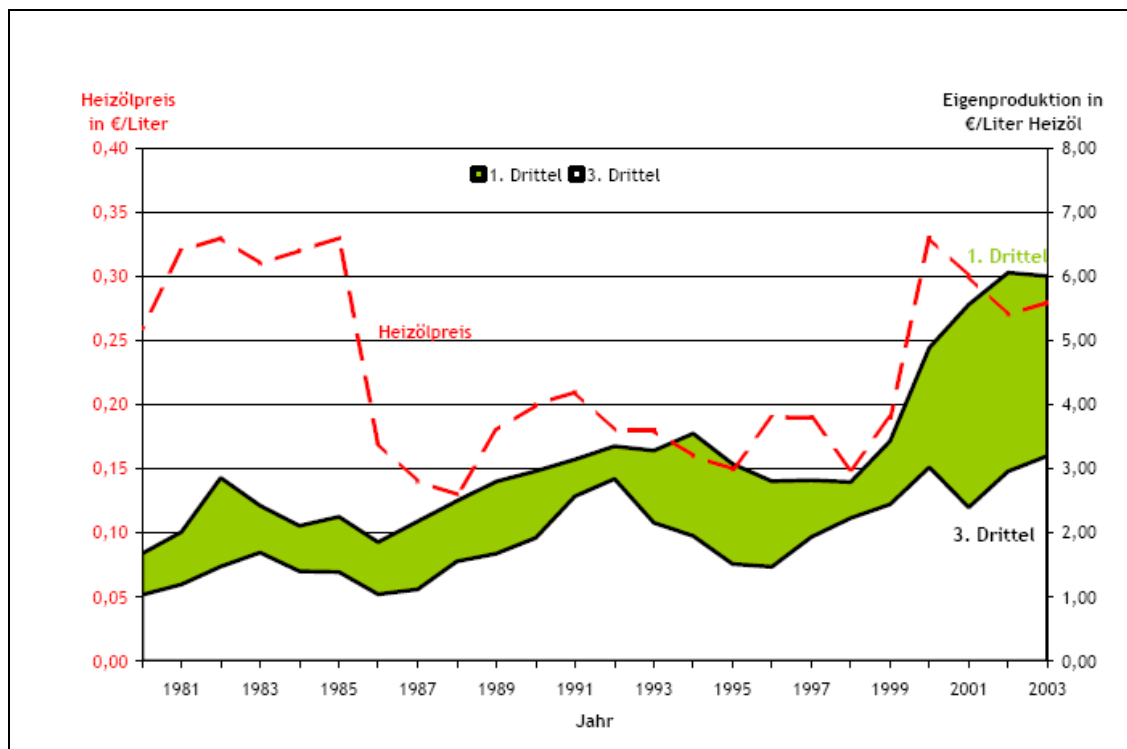
Die Nettoinvestitionen weisen sehr niedrige Werte aus und lassen auch hier bei einem anhaltenden Trend eine Überalterung der Anlagen erwarten. Der Aufwand für Heizmaterial liegt mit 4,3 Prozent am Betriebsertrag relativ niedrig, was sich aber auch durch die umfangreichen Freilandflächen der betrachteten Betriebe begründet. Der Gewinn in Prozent des Unternehmensertrages ist mit rund 14 Prozent und der Gewinn/Familien-Ak mit rund 50 000 € als zufriedenstellend einzuschätzen. Auch die Arbeitsproduktivität stellt sich mit rund 24 000 € Betriebseinkommen/Ak als ausreichend dar und liegt etwas über dem bundesweiten Durchschnitt.

Insgesamt ist die wirtschaftliche Situation der untersuchten Betriebe als gut einzuschätzen und die Einnahmen reichen aus, um alle Aufwandspositionen (inklusive kalkulatorischer Aufwendungen) abzudecken.

#### Internationaler Vergleich: *Energie*

Der Faktor Energie ist insbesondere im Unterglasanbau als ein wichtiger Wettbewerbsfaktor zu sehen. Obschon die weltweit steigenden Energiepreise Auswirkungen auf die Unterglasproduktion in allen EU-Ländern haben, ist anzunehmen, dass sich aufgrund verschiedener Rahmenbedingungen die Auswirkungen unterschiedlich stark ausprägen. Neben den eingesetzten Energieträgern, deren Preisen und den klimatischen Gegebenheiten, ist auch entscheidend, wie modern die Gewächshausanlagen sind, ob es Sonderkonditionen bei den Energielieferanten für den Gartenbau gibt und wie energieintensiv die angebauten Kulturen sind.

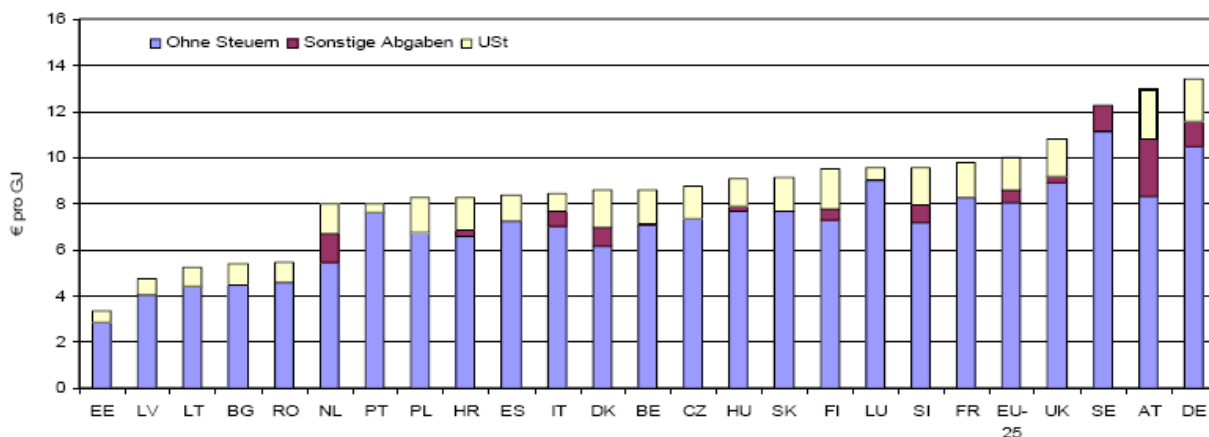
Die Preise für die klassischen Energieträger Gas und Öl haben sich in den letzten Jahren drastisch verändert. Allerdings zeigt die folgende Grafik auch, dass die Energieeffizienz im Unterglasanbau über einen längeren Zeitraum insgesamt deutlich zugenommen hat. Die Preissteigerungen wirken sich aber für Betriebe umso gravierender aus, umso niedriger die Energieeffizienz aufgrund schlechter technischer Ausstattung bzw. Produktionsanpassungen ist.



**Abbildung 19: Energieeffizienz im Gartenbau – Topfpflanzenbetriebe, indirekter Absatz >75 (Orientierungsdaten Baden-Württemberg)<sup>45</sup>**

Die Gaspreise für industrielle Abnehmer sind in Deutschland zwischen dem 1.1.2005 und dem 1.1.2006 um über 30 Prozent angestiegen. Deutschland bewegt sich damit bei der Teuerungsrate in etwa im europäischen Mittelfeld, aber zum Teil deutlich vor Ländern wie Frankreich, Niederlande, Italien und Dänemark.<sup>46</sup>

Bei den Gaspreisen zeigt sich (Abbildung 20), dass Deutschland derzeit europaweit im oberen Bereich der Gaspreise liegt



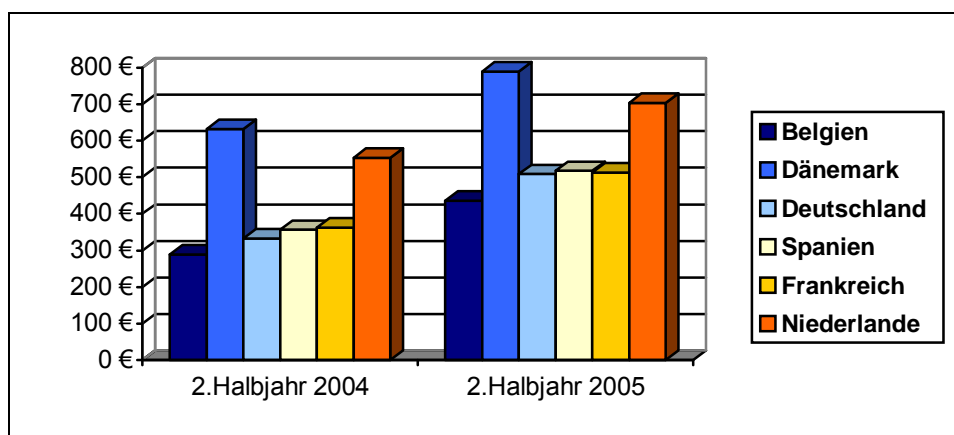
**Abbildung 20: Zusammenstellung der Gaspreise für industrielle Abnehmer am 1. Januar 2006 (in Euro pro GJ)<sup>47</sup>**

<sup>45</sup> HEISE STAND 2006

<sup>46</sup> EUROSTAT 2006

<sup>47</sup> EUROSTAT 2006

Länder wie beispielsweise Dänemark, die Niederlande und Belgien profitieren zudem von reduzierten Energiesteuersätzen. Beim Heizölpreis liegt Deutschland derzeit etwas unter dem europaweiten Durchschnitt, wobei ein Großteil der Mitgliedsstaaten ein ähnliches Preisniveau aufwies.<sup>48</sup> Dabei sind die Preise europaweit deutlich gestiegen, wie folgende Abbildung zeigt:



**Abbildung 21: Zusammenstellung der Preise (ohne MWST.) für leichtes Heizöl für das 2. Halbjahr 2004/2005 (in Euro pro 1 000 l)<sup>49</sup>**

Die Teuerungsraten lagen 2004/2005 zwischen 30 Prozent (Niederlande) und 50 Prozent (Deutschland).

Der Gartenbausektor verfügt in verschiedenen EU-Ländern (z. B. Niederlande, Dänemark, Belgien) teilweise über Einkaufsorganisationen, die Sonderverträge beim Energieeinkauf ermöglichten. Im Rahmen der Öffnung der Energiemärkte tritt aber auch die direkte Aushandlung von Verträgen mit den Energiekonzernen in den Vordergrund.<sup>50</sup>

In den Niederlanden wird als Energieträger fast ausschließlich Erdgas eingesetzt. In französischen, belgischen, dänischen sowie ungarischen Betrieben wird Erdgas zwischen 30 und 70 Prozent zum Heizen genutzt. Insbesondere dänische Betriebe verwenden verstärkt Thermal- oder Fernwärme.<sup>51</sup> Der Energieverbrauch hängt neben den Bedürfnissen der angebauten Kulturen auch von den klimatischen Gegebenheiten und der technischen Ausstattung ab. Die Tabelle gibt einen Überblick über den durchschnittlichen Energieverbrauch im Gewächshausanbau in verschiedenen europäischen Ländern:

**Tabelle 6: Durchschnittlicher Energieverbrauch (kWh/m<sup>2</sup>) verschiedener Länder nach Betriebsausrichtung<sup>52</sup>**

|                                 | Energieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|--|
| Topfpflanzenbetrieb (Dänemark)  | 486 - 619                              |
| Gemüsebetrieb (Nord-Frankreich) | 500                                    |
| Topfpflanzenbetrieb (Belgien)   | 400                                    |
| Gemüsebetrieb (Niederlande)     | 389                                    |

<sup>48</sup> VGL. BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN 2006

<sup>49</sup> Eigene Darstellung aufgrund einer Datenabfrage bei Eurostat

<sup>50</sup> VGL. JACOBSEN 2004

<sup>51</sup> VGL. JACOBSEN 2004

<sup>52</sup> VGL. JACOBSEN 2004

Der Energieverbrauch in Sachsen im geschützten Gemüsebau (z. B. Tomaten und Gurken) kann bei einem modernen Gewächshaus auf etwa 320 - 400 kWh/m<sup>2</sup> geschätzt werden.<sup>53</sup> Insbesondere für Dänemark zeigt sich aufgrund der klimatischen Bedingungen ein relativ hoher Energiebedarf. In den Niederlanden ist davon auszugehen, dass sie in der Regel von den sehr modernen Gewächshauskonstruktionen und der guten technischen Ausstattung profitieren und sich die etwas schlechteren klimatischen Verhältnisse nicht so stark auswirken.

Im Schnitt ergibt sich für die dänischen Betriebe (in Abhängigkeit von der Betriebsausrichtung) auch ein relativ hoher Anteil der Energieaufwendungen am Gesamtaufwand. In den Niederlanden und Deutschland liegt dieser Anteil auf ungefähr gleichem Niveau. Allerdings spielt hier auch die Energieintensität der angebauten Kulturen eine Rolle. Spanien profitiert von den sehr günstigen klimatischen Bedingungen.

Insgesamt besitzen beispielsweise Spanien, Belgien und Frankreich gegenüber Deutschland Wettbewerbsvorteile beim Faktor Energie. Die Niederlande wurden hier 2004 in etwa gleichauf mit Deutschland eingeschätzt. Die in der letzten Zeit aufgetretenen Preissteigerungen bei Gas und Öl und die günstigeren Konditionen in den Niederlanden lassen vermuten, dass sich mittlerweile Vorteile für die Niederlande abzeichnen. So würde bei der vereinfachten Annahme gleichen Energiebedarfs und gleicher Energieträger in einem deutschen und niederländischen Unterglasbetrieb beispielsweise aufgrund der Gaspreise ein Kostenvorteil von ca. 40 Prozent für den niederländischen Betrieb vorliegen.

Gegenüber Dänemark sind aufgrund der hohen Energiepreise und der mittleren Ausstattung die deutschen Betriebe als leicht im Vorteil einzuschätzen.<sup>54</sup>

Die Auswertung der indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetriebe in Sachsen hat höhere Aufwendungen für den Faktor Energie im Verhältnis zum bundesweiten Durchschnitt gezeigt. Die Wettbewerbssituation zahlreicher Betriebe gegenüber der internationalen Konkurrenz beispielsweise aus Holland ist als sehr ungünstig einzuschätzen.

#### Arbeit

Der Lohnaufwand hat einen hohen Anteil am Gesamtaufwand im deutschen Gartenbau. Neben der Höhe des Bruttolohnes und der Personalzusatzkosten sind im internationalen Vergleich insbesondere die Arbeitsproduktivität und die Lohnstückkosten interessant. Von Bedeutung ist aber auch die Verfügbarkeit von qualifizierten und Saisonarbeitskräften. Bei den Personalkosten für qualifizierte Arbeitskräfte liegt Deutschland im Mittelfeld. Insbesondere Spanien rangiert hier deutlich unter den Vergleichsländern.

---

<sup>53</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006B

<sup>54</sup> VGL. JACOBSEN 2004

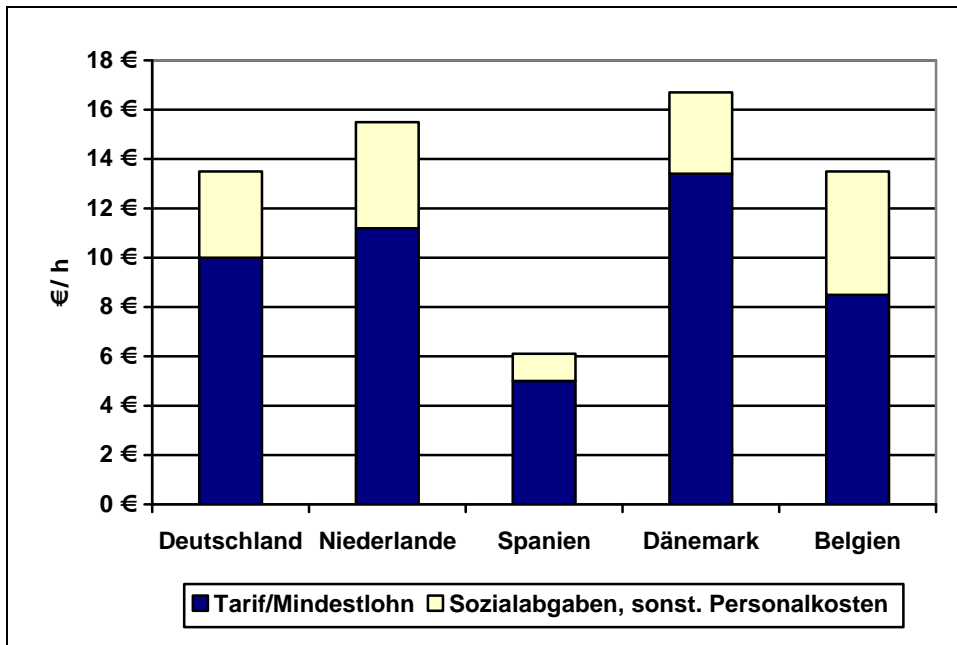


Abbildung 22: Tarif/Mindestlohn, Sozialabgaben u. sonst. Personalkosten/h für qualifizierte, ständig beschäftigte Arbeitskräfte in verschiedenen Ländern im Jahr 2001<sup>55</sup>

Bei den Personalkosten für Saisonarbeitskräfte lag Deutschland 2001 im unteren Bereich. Speziell in Dänemark sind die Belastungen in diesem Bereich deutlich höher. Allerdings ist derzeit durch die Sozialabgabenpflicht für polnische Saisonarbeitskräfte in Deutschland von z. T. erheblich gestiegenen Personalaufwendungen auszugehen.

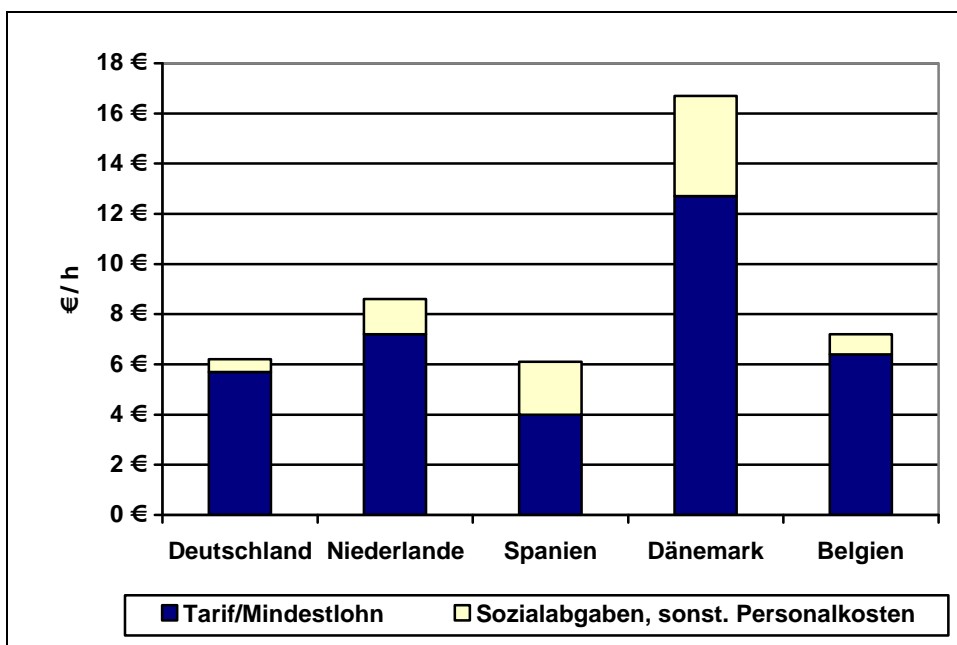


Abbildung 23: Tarif/Mindestlohn, Sozialabgaben u. sonst. Personalkosten für Saisonarbeitskräfte in verschiedenen Ländern im Jahr 2000/2001<sup>56</sup>

<sup>55</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH ROTHENBURGER; JACOBSEN 2004

<sup>56</sup> EIGENE DARSTELLUNG NACH JACOBSEN 2004

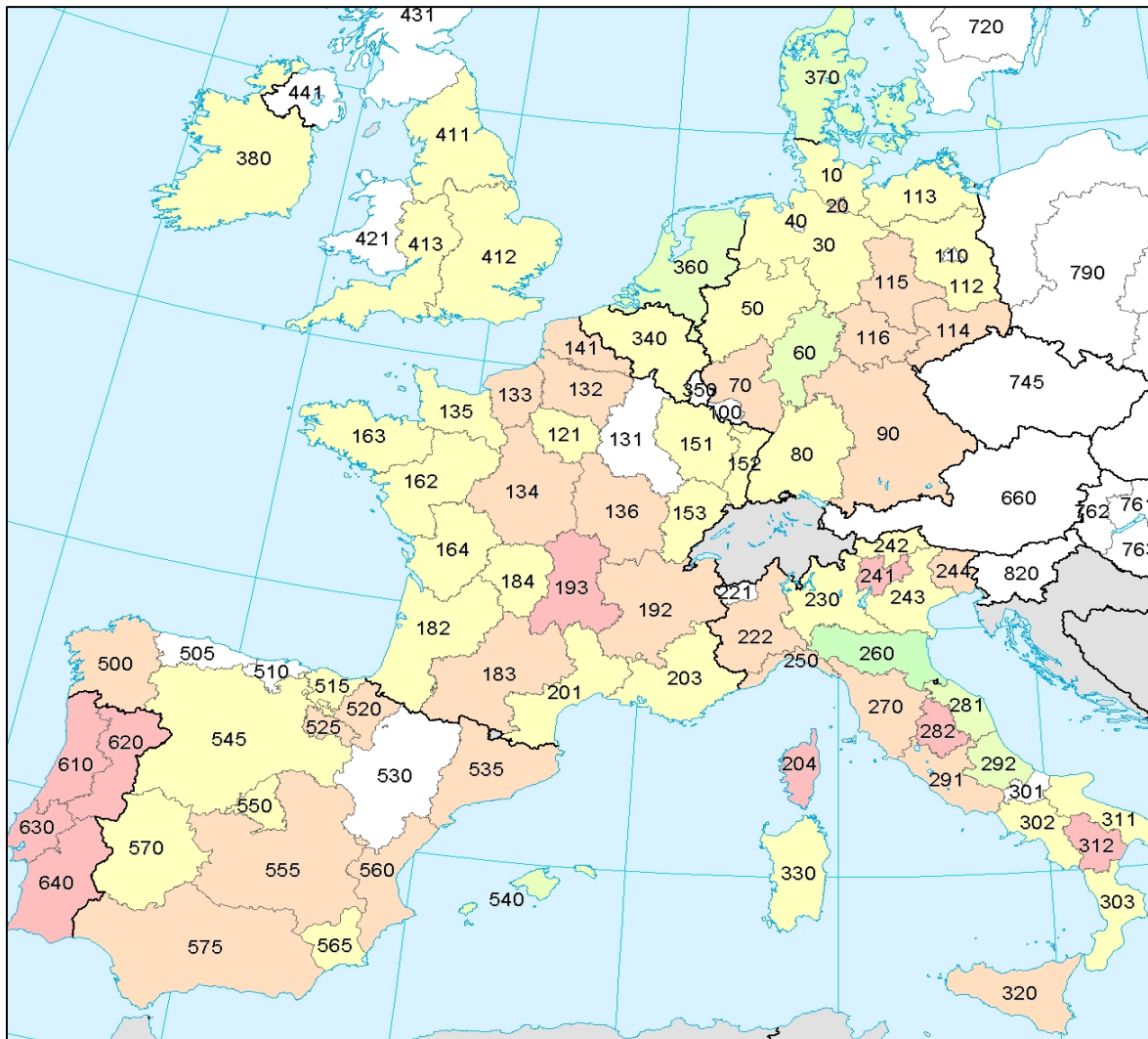
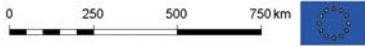
Obwohl die Personalaufwendungen z. T. in Abhängigkeit von der Betriebsausrichtung in Sachsen höher liegen als im bundesweiten Durchschnitt, ist von deutlich geringeren Personalkosten/h für qualifizierte Arbeitskräfte auszugehen.<sup>57</sup> Einer der Schwachpunkte in zahlreichen sächsischen Betrieben ist jedoch in der geringen Arbeitsproduktivität zu sehen. Die folgende Abbildung zeigt das Betriebseinkommen/Ak für verschiedene Regionen Europas für das Jahr 2002.

---

<sup>57</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006



Source: EUROSTAT (Geographic Data)  
 DG Agri G.03 (Thematic Data)  
 Cartography: DG Agri GIS-Team 06/2005  
 © EuroGeographics for the administrative boundaries

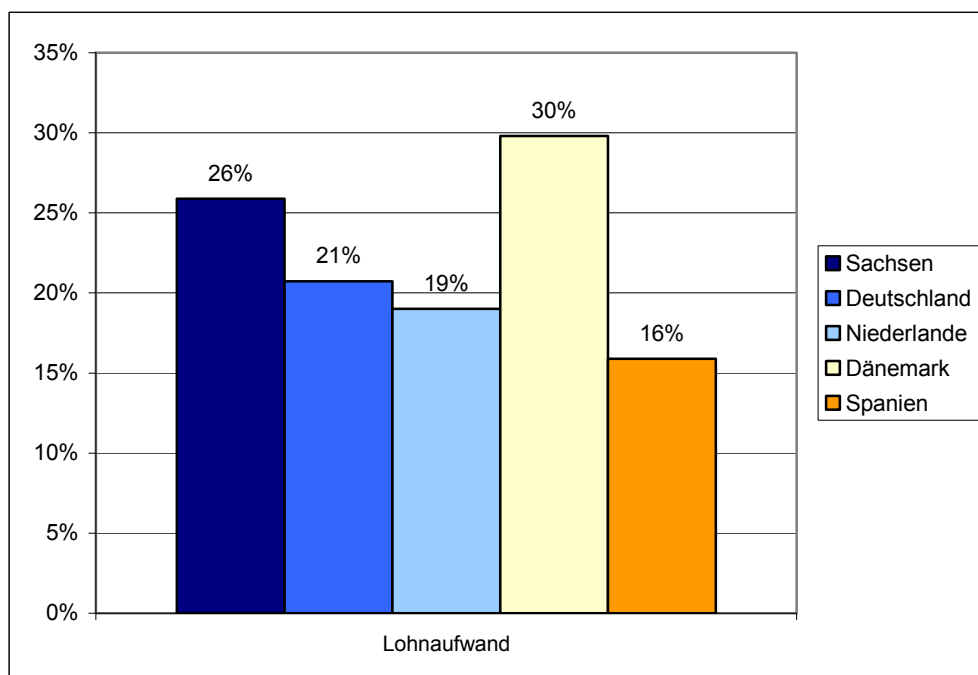


**Abbildung 24: Betriebseinkommen/Ak im Gartenbau 2002<sup>58</sup>**

Wie sich zeigt, gehört Sachsen zu den Regionen mit einem niedrigen Betriebseinkommen/Ak. Allerdings erreichen in Europa eine ganze Reihe von Regionen ein Betriebseinkommen/Ak im Gartenbau, das unter 20 000 € liegt. Auch zeigen sich ähnlich wie in Deutschland sehr unterschiedliche Ausprägungen in den einzelnen Ländern.

<sup>58</sup> VERÄNDERT NACH FARM ACCOUNTANCY DATA NETWORK 2006

Dementsprechend fällt nach FADN-Daten der Anteil des Lohnaufwandes am Ertrag für die sächsischen Gartenbaubetriebe sehr hoch aus.



**Abbildung 25: Anteil Lohnaufwand am Ertrag im Gartenbau für verschiedene Länder und Sachsen 2003<sup>59</sup>**

Insbesondere für Spanien liegt hier eine deutlich geringere Belastung vor. Auch bei einer beispielhaften Betrachtung der Lohnstückkosten im Tomatenanbau hat sich gezeigt, dass Deutschland Nachteile gegenüber Spanien und den Niederlanden aufweist.<sup>60</sup>

Die Verfügbarkeit von Arbeitskräften ist in allen Ländern als problematisch einzustufen. Neben Problemen bei Saisonarbeitskräften zeigen sich auch immer wieder Schwierigkeiten, qualifizierte feste Arbeitskräfte zu finden. Die Möglichkeit, außereuropäische Saisonarbeitskräfte zu beschäftigen, ist insbesondere in den Niederlanden und Frankreich sehr begrenzt.

Insgesamt sind nach der Wettbewerbsstudie von JACOBSEN (2004) beim Faktor Arbeit deutliche Vorteile für Spanien gegenüber Deutschland zu sehen. Dagegen wurden ausgeprägte Nachteile für Dänemark und leichte Nachteile der Niederlande gegenüber Deutschland gesehen. Anzumerken ist allerdings, dass gerade aufgrund der sehr schlechten Arbeitsproduktivität zahlreicher sächsischer Zierpflanzenbetriebe hier eher ein Wettbewerbsnachteil gegenüber den Niederlanden vorhanden ist.

#### Weitere Wettbewerbsfaktoren

Im Bereich Pflanzenschutz und Düngung wurden 2004 Wettbewerbsvorteile für Spanien, Frankreich und Italien notiert. Dänemark und die Niederlande wurden dagegen als benachteiligt gegenüber Deutschland eingeschätzt. Diese Einschätzung begründet sich neben den Preisen für Dünge- und Pflanzenschutzmittel vor allem auf unterschiedliche Zulassungen in der Verfügbarkeit von Wirkstoffen bzw. der Indikation.<sup>61</sup>

<sup>59</sup> VGL. JACOBSEN 2004

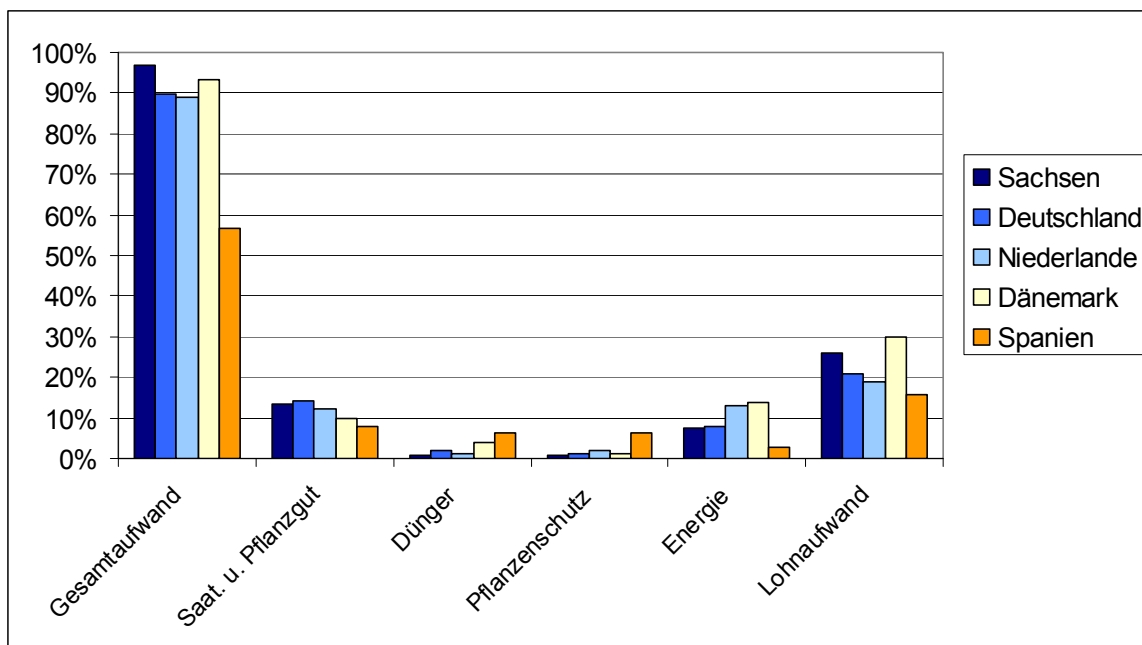
<sup>60</sup> EIGENE DARSTELLUNG AUFGRUND VON FARM ACCOUNTANCY DATA NETWORK 2006

<sup>61</sup> VGL. JACOBSEN 2004



Aus der unterschiedlichen Produktionsintensität bzw. einem hohen Befallsdruck aufgrund des warmen Klimas in südlichen Regionen, resultieren allerdings unterschiedliche hohe Aufwendungsanteile (siehe Abbildung 26) in den einzelnen Ländern.

Die folgende Abbildung verdeutlicht zusammenfassend anhand von FADN-Daten Anteile verschiedener Aufwandspositionen und des Gesamtaufwandes am Ertrag. Für Sachsen lassen sich hier die im Verhältnis sehr hohen Gesamtaufwendungen ablesen.



**Abbildung 26: Aufwandsanteile am Ertrag im Gartenbau für verschiedene Länder und Sachsen 2003<sup>62</sup>**

Als relevanter Wettbewerbsfaktor sind auch die einzelbetrieblichen Strukturen in den verschiedenen Ländern zu sehen. Dabei sind Faktoren wie die durchschnittliche Betriebsgröße, die technische Ausstattung der Betriebe, die Betriebsspezialisierung sowie die Ausstattung mit Produktionsfaktoren von Bedeutung.

Bei der Betriebsgröße spezialisierter Gartenbaubetriebe zeigen sich hier zum Teil deutliche Vorteile für Dänemark, Frankreich und die Niederlande. Die Anlagenausstattung im Unterglasanbau ist vor allem in den Niederlanden als sehr modern einzuschätzen. Und auch die Durchschnittserträge, beispielsweise im Tomatenanbau, liegen in den Niederlanden deutlich über denen deutscher Betriebe. Somit ist aus Sicht der Betriebsstrukturen im Mittel für die Niederlande, Belgien, Frankreich und Dänemark von deutlichen Vorteilen gegenüber Deutschland auszugehen. Für Spanien und Italien sind eher Nachteile zu sehen.

#### Zusammenfassung

Aus Sicht sächsischer Unterglasbetriebe, die größtenteils Zierpflanzen anbauen, zeichnet sich ein gemischtes Bild. Insbesondere bei den indirekt vermarktenden Betrieben, die ausgewertet wurden, stellt sich die wirtschaftliche Situation als sehr problematisch dar und auch die erfolgreicherer Betriebe erzielen keine befriedigenden Ergebnisse. Zwar konnte in der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft<sup>63</sup> kein Zusammenhang zwischen der Betriebsgröße und der wirtschaftlichen Situation innerhalb Sachsens festgestellt werden. Im nationalen Vergleich erscheinen aber insbesondere die indirekt vermarktenden Betriebe im Schnitt

<sup>62</sup> VGL. JACOBSEN 2004

<sup>63</sup> VGL. SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006

deutlich kleiner (siehe unten) als das bundesweite Mittel, so dass dort u. a. auch Skaleneffekte (Economies of Scale) anzunehmen sind und somit beispielsweise geringere Aufwendungen für Pflanzgut und Düngung vorliegen. Neben höheren Energieaufwendungen, die im Zusammenhang mit der technischen Ausstattung zu sehen sind (siehe nächstes Kapitel), ist in weiten Teilen die sehr schlechte Arbeitsproduktivität als problematisch einzustufen. Obschon z. T. von geringeren Personalkosten/h für Sachsen im Vergleich zu den alten Bundesländern auszugehen ist, kann dieser Vorteil von den Betrieben nicht genutzt werden. Hier ist zu vermuten, dass aufgrund der Größe, aber insbesondere auch aufgrund der technischen Ausstattung nur wenige Rationalisierungsmöglichkeiten genutzt werden können bzw. Möglichkeiten beispielsweise einer Veränderung der Arbeitsorganisation noch nicht genutzt wurden. Inwieweit eventuell auch ein unterdurchschnittliches Lohnniveau Motivationsprobleme mit sich bringt bzw. gut qualifizierte Arbeitskräfte in andere Regionen übersiedeln, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden.

Neben den internen Problemen hoher Aufwendungen lässt der bei den indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetrieben rückläufige Unternehmensertrag bei einem insgesamt noch leicht wachsenden Gesamt-Absatzmarkt auch vermuten, dass die Betriebe an Konkurrenzfähigkeit gegenüber nationalen und internationalen Wettbewerbern eingebüßt haben. Dabei spielt auch der zunehmende Preisdruck durch eine Verkaufsverlagerung weg vom Fachhandel hin zum Lebensmitteleinzelhandel und Baumärkten eine Rolle.

Es ist davon auszugehen, dass niederländische Betriebe im Durchschnitt Vorteile beim Faktor Energie gegenüber zahlreichen sächsischen Betrieben haben und diese bei einer anhaltenden Verteuerung und weiterhin nachteiliger technischer Ausstattung in Sachsen an Bedeutung gewinnen. Auch die deutlich größeren Betriebsstrukturen gegenüber den sächsischen Betrieben sind als Wettbewerbsvorteil einzuschätzen und lassen insgesamt eine rentablere Produktion erwarten.

Anhaltende Preissteigerungen im Energiebereich werden vermutlich zu einer Beschleunigung des Strukturwandels führen. Betriebsaufgaben kleinerer leistungsschwächerer Betriebe, die aufwändige Neuinvestitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Steigerung der Arbeitsproduktivität nicht leisten können oder wollen, werden die Folge sein bzw. sich fortsetzen.

Gerade als Ausgangssituation für Anpassungsmaßnahmen ist die wirtschaftliche Situation zahlreicher Betriebe schwierig. Einerseits werden umfangreiche und kapitalintensive Modernisierungen von vielen Betrieben ohne eine intensive Förderung nicht leistbar sein, andererseits können somit nicht abzufedernde Preissteigerungen im Energiebereich die Konkurrenzfähigkeit weiter verschlechtern und insgesamt den Betriebserhalt gefährden.

### **3.2 Übersicht über die aktuelle Ausstattung sächsischer Unterglasbetriebe im Vergleich zu deutschen Betrieben (Zierpflanzen und Gemüsebau)**

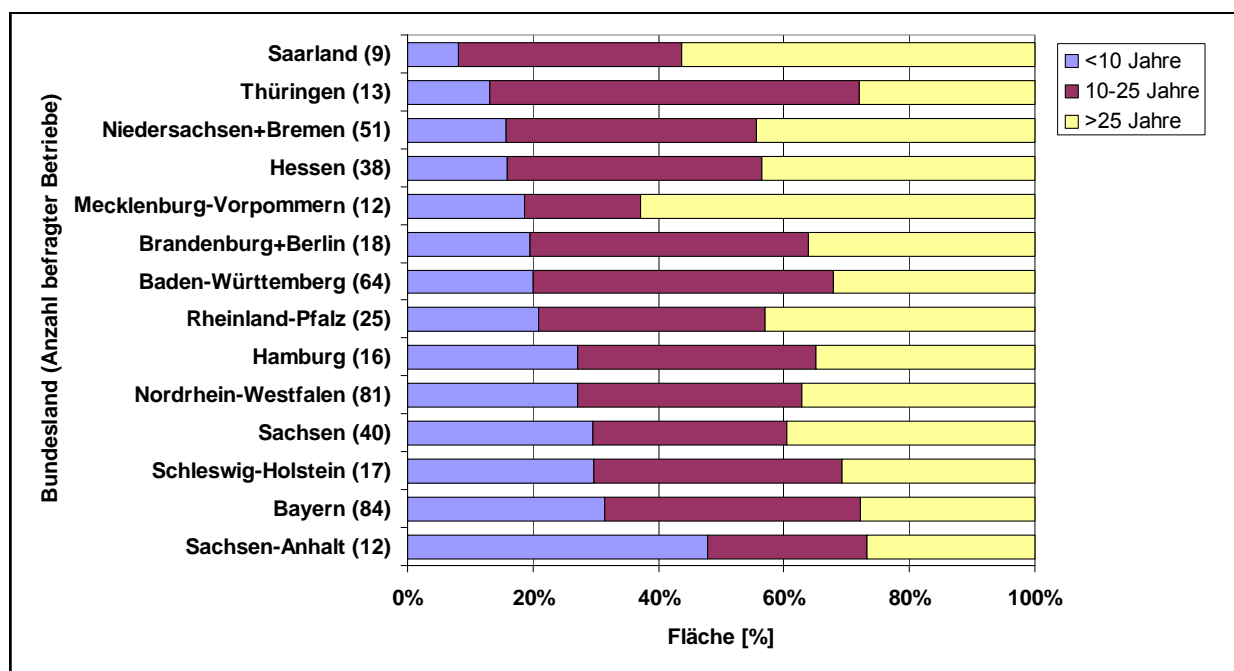
Im Folgenden wird eine Übersicht über die aktuelle Ausstattung der Betriebe in Sachsen wiedergegeben. Dazu zählen u. a. Grundfläche, Bedachungsmaterial, Alter und Nutzung der Gewächshäuser, Heizsysteme, Bewässerungssysteme, Einrichtung der Gewächshäuser, Kulturführung, vorhandene energiesparende Maßnahmen wie z. B. Energieschirme, Noppenfolie, Assimilationsbelichtung oder CO<sub>2</sub>-Düngung.

#### **3.2.1 Gewächshausalter und Betriebsgröße**

##### Gewächshausalter

Nach der letzten Umfrage zur energetischen Situation sind in Sachsen ca. 40 Prozent der Gewächshausflächen älter als 25 Jahre (Abbildung 27).

Mit diesem Anteil liegt Sachsen im Vergleich zu anderen Bundesländern ungefähr im Durchschnitt. Besonders gering ist der Anteil der Gewächshäuser mit einem Alter von 10 - 25 Jahren, hier liegt Sachsen an drittlezter Stelle vor Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt, wo zu dieser Zeit noch weniger neu gebaut wurde. Etwa 25 Prozent der Häuser sind jünger als 10 Jahre, wobei Sachsen damit im bundesweiten Vergleich an dritter Stelle liegt. Lediglich in Schleswig-Holstein, Bayern und Sachsen-Anhalt ist mehr als ein Viertel aller Gewächshäuser während der letzten 10 Jahre erstellt worden. Im bundesweiten Vergleich liegt Sachsen damit insgesamt im Mittelfeld. Es ist jedoch abzusehen, dass in ganz Deutschland Neuinvestitionen in alte Gewächshausanlagen nötig sind, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.



**Abbildung 27: Alter der Gewächshauskonstruktion (prozentuale Verteilung in den Bundesländern).<sup>64</sup>**

Bezogen auf die Gewächshausfläche sind im Freistaat etwa 60 Prozent der Gewächshäuser vor 1990 gebaut worden (Tabelle 7).

Bei der Verteilung nach der Gewächshausfläche sind vornehmlich die Betriebe mit Klein- und Kleinstgewächshäusern mit einem Baujahr vor 1982 vertreten. Knapp die Hälfte (46,6 Prozent) der vor 1982 gebauten Häuser haben eine gärtnerische Nutzfläche von weniger als 2 ha Größe (Tabelle 7). Diese kleinen Grundflächen sind energiebezogen besonders ungünstig und es ist vorauszusehen, dass hier der Strukturwandel zu einer Aufgabe von Produktionseinheiten oder einem Ersatz durch großräumigere Gewächshäuser führen wird.

Die Jahre zwischen 1982 und 1991 verzeichneten eine geringe Investitionsrate in Sachsen. Die Neubautätigkeit von Gewächshäusern stieg in den Jahren kurz nach der Wiedervereinigung wieder etwas an. Für die letzten vier Jahre ist aufgrund des kurzen Zeitraums noch keine klare Prognose zu geben, in geringem Maße haben jedoch Betriebe aus allen Größenkategorien in Gewächshausflächen investiert.

<sup>64</sup> VGL. MENK 2005

**Tabelle 7: Nutzung von Gewächshäusern in Sachsen nach Baujahr und Größenklassen der gärtnerischen Nutzfläche <sup>65</sup>**

| Gärtnerische Nutzfläche von ... bis unter ... ha | Gewächshäuser insgesamt |              | vor 1982   |             | 1982 – 1990 |             | 1991 – 2000 |             | 2001 u. später |             |
|--|-------------------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
|  | Betriebe                | Fläche       | Betriebe   | Fläche      | Betriebe    | Fläche      | Betriebe    | Fläche      | Betriebe       | Fläche      |
|  | Anzahl                  | ha           | Anzahl     | ha          | Anzahl      | ha          | Anzahl      | ha          | Anzahl         | ha          |
| unter 0,5  | 392                     | 49,0         | 282        | 22,5        | 139         | 9,2         | 186         | 13,9        | 82             | 3,3         |
| 0,5 - 1  | 118                     | 31,9         | 82         | 14,1        | 45          | 6,6         | 62          | 8,1         | 33             | 3,1         |
| 1 - 2  | 60                      | 25,8         | 36         | 10,0        | 26          | 4,8         | 30          | 7,3         | 23             | 3,7         |
| 2 - 3  | 25                      | 15,9         | 12         | 4,0         | 11          | 8,5         | 14          | 2,9         | 8              | 0,5         |
| 3 - 5  | 24                      | 12,4         | 7          | 4,8         | 6           | 0,9         | 15          | 5,5         | 10             | 1,2         |
| 5 - 10   | 17                      | 9,7          | 5          | 1,4         | 9           | 4,9         | 11          | 3,2         | 3              | 0,2         |
| 10 - 20  | 10                      | 7,4          | 6          | 2,7         | 1           | .           | 5           | .           | 7              | 1,5         |
| 20 u. mehr                                       | 12                      | 8,4          | 5          | 1,0         | 4           | .           | 8           | .           | 3              | 0,3         |
| <b>Gesamt</b>                                    | <b>658</b>              | <b>160,5</b> | <b>435</b> | <b>60,5</b> | <b>241</b>  | <b>35,4</b> | <b>331</b>  | <b>50,8</b> | <b>169</b>     | <b>13,8</b> |

Bei einem derartig alten Gebäudebestand ist, abhängig von der geplanten weiteren Nutzungsdauer, zu analysieren, inwiefern sich kostenintensive bautechnische Maßnahmen (z. B. Einbau neuer Energieschirme) noch lohnen oder ein Neubau vorzuziehen ist. Allgemeingültige Aussagen sind hier schwierig, weil der energetische und somit auch ökonomische Nutzen stark vom Bautyp des Gewächshauses, den bereits vorhandenen Inneneinrichtungen, der übrigen Anlagenstruktur und der angebauten Kulturen abhängt. Hier sind detaillierte einzelbetriebliche Analysen notwendig, die auf Expertenwissen und Erfahrungen basieren.

### 3.2.2 Gewächshauskonstruktion

Rund 82 Prozent der Gewächshausflächen bundesweit sind mit Glas eingedeckt, der Rest mit Folie bzw. Kunststoffplatten (Abbildung 28). Bei einem Großteil der Gewächshäuser wird Einfachglas verwendet. In Sachsen liegt der Glasanteil mit 85,5 Prozent etwas höher als der bundesweite Durchschnitt. In den anderen Angaben zu Bedachungsvarianten haben sich nur geringe Unterschiede gezeigt (Abbildung 29).

<sup>65</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2006

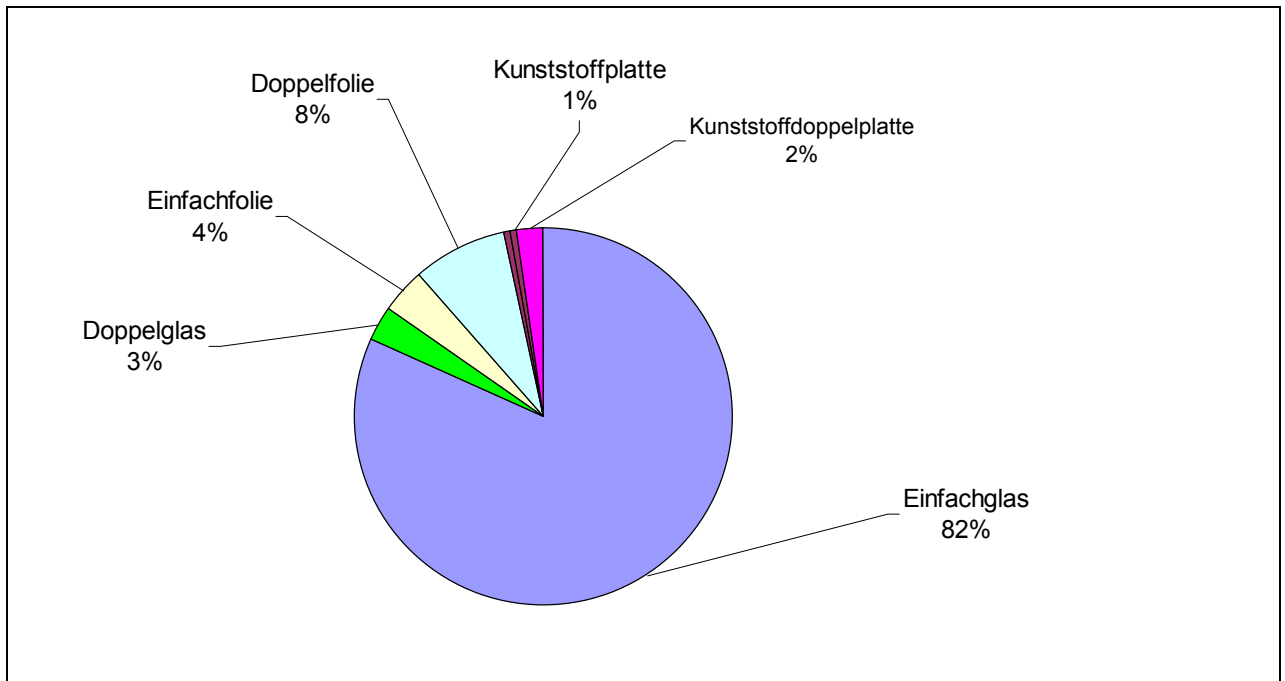


Abbildung 28: Prozentuale Verteilung bundesweit eingesetzter Bedachungsmaterialien <sup>66</sup>

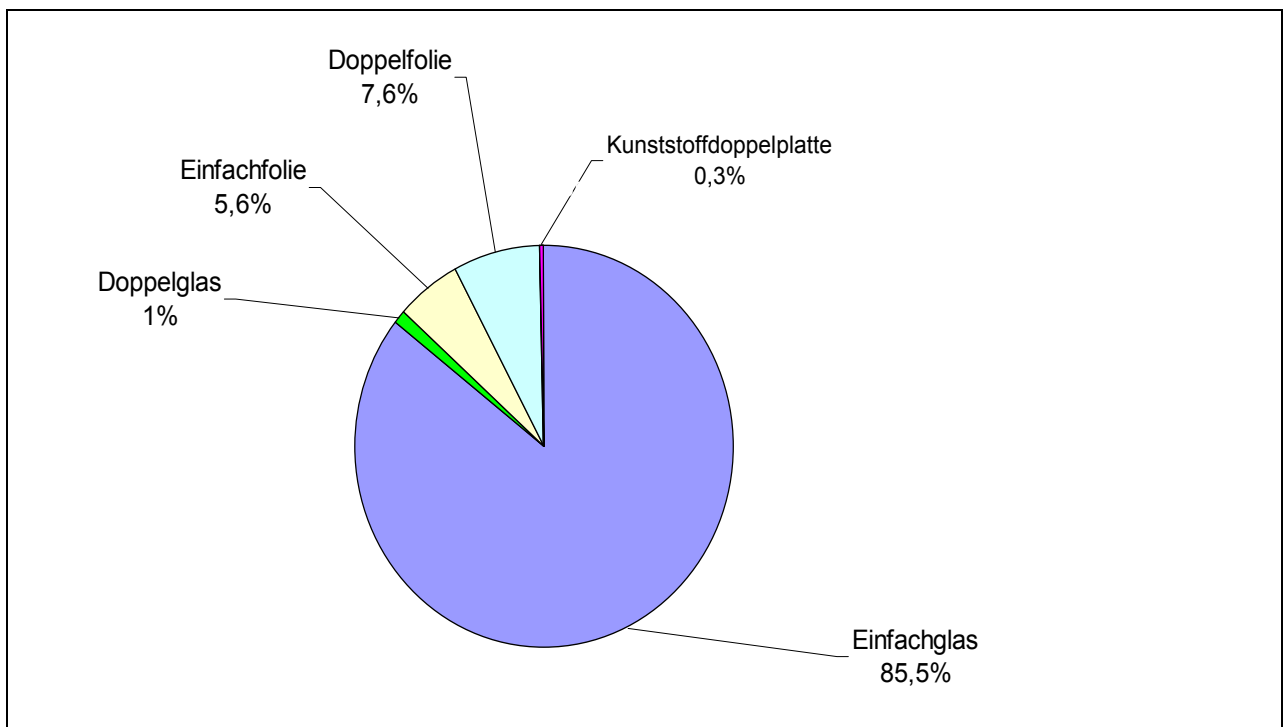


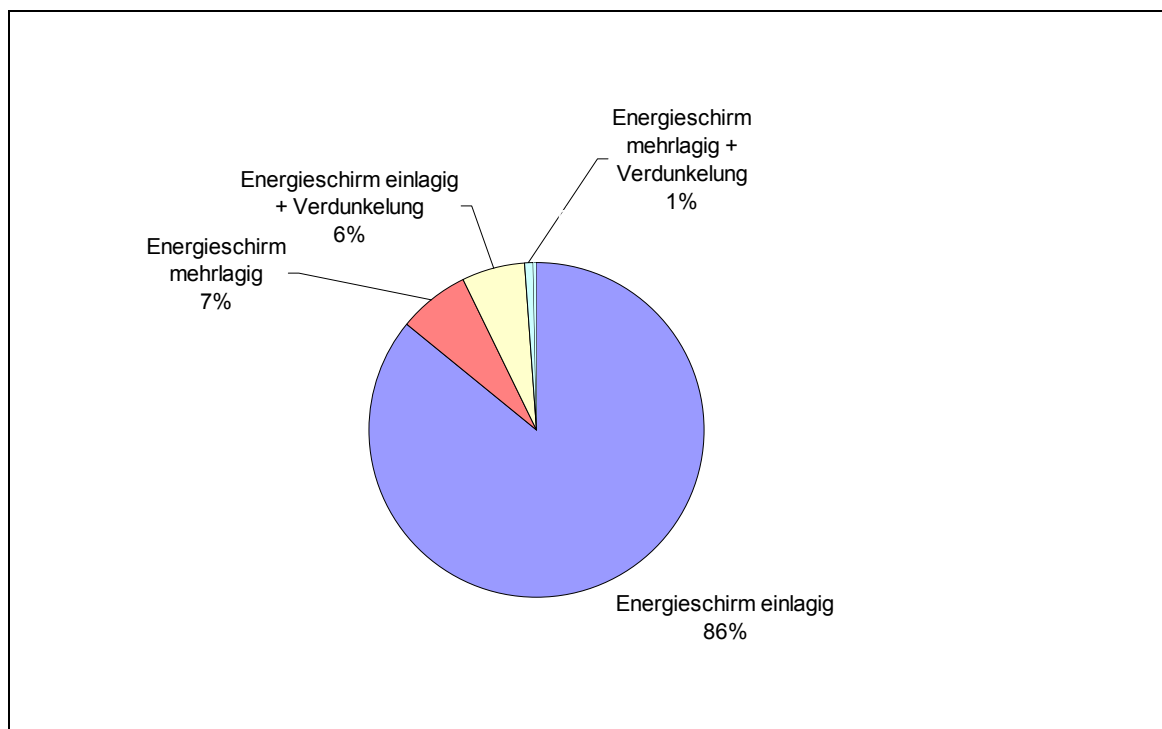
Abbildung 29: Prozentuale Verteilung eingesetzter Bedachungsmaterialien in Sachsen

Grundsätzlich ist die Eindeckung so alt wie die Konstruktion. Lediglich bei Folienhäusern wird die Eindeckung regelmäßig erneuert und das Eindeckungsmaterial entspricht somit materialbedingt nicht immer dem Alter der Konstruktion. Auch in diesem Bereich besteht ebenfalls die Möglichkeit, durch das Nachrüsten der älteren Häuser den Energieverbrauch zu reduzieren.

<sup>66</sup> VGL. PHILIPP 2005A

## Energieschirme

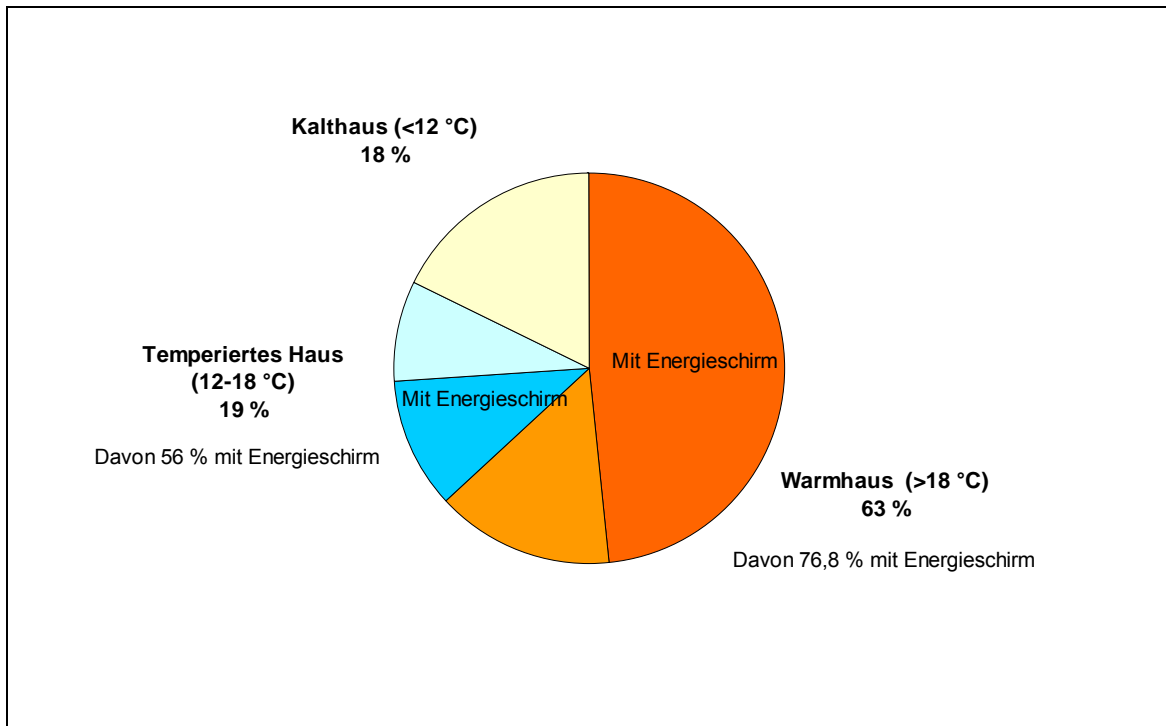
Bundesweit sind laut der letzten Umfrage 74 Prozent der Gewächshausfläche mit Energieschirmen ausgestattet. Dabei kommen hauptsächlich (77 Prozent) einlagige Energieschirme zum Einsatz. Speziell in den Häusern ohne Energieschirme könnte jedoch aufgrund des hohen Wärmebedarfs der Einsatz von Energieschirmen deutliche Energieeinsparungen bringen.<sup>67</sup> Nur 55 Prozent der Gewächshausfläche in Sachsen ist mit Energieschirmen ausgestattet. Zu 86 Prozent kommen hauptsächlich einlagige Energieschirme zum Einsatz. Unter die restlichen 14 Prozent fallen mehrlagige Energieschirme, Verdunkelung sowie Kombinationen aus Energieschirm und Verdunkelung. Auch hier besteht Potenzial, den Energieverbrauch weiter zu verringern (Abbildung 30).



**Abbildung 30: Verwendung von Energieschirmen bezogen auf die Fläche in Sachsen**

Wird zusätzlich die Nutzung der Gewächshäuser betrachtet (Warmhaus über 18 °C, temperiertes Haus 12 - 18 °C, Kalthaus weniger als 12 °C), zeigt sich, dass mehr als 23 Prozent der als Warmhaus genutzten Gewächshäuser und 44 Prozent der als temperierten Häuser genutzten Fläche noch keinen Energieschirm haben (Abbildung 31).

<sup>67</sup> VGL. HUBER 2005



**Abbildung 31: Prozentuale Verteilung der Gewächshausnutzung in Sachsen. Bedachungsmaterial: Einfachglas**

### 3.2.3 Inneneinrichtung

Bezüglich der Inneneinrichtung wurden Kulturfleichen-, Bewässerungs- und Heizungssysteme erfasst. Die Verteilung der Inneneinrichtung der Gewächshäuser in Deutschland ist Abbildung 32 zu entnehmen. Während sich für Zierpflanzenbaubetriebe eine weite Streuung zeigt, wird in Gemüsebaubetrieben verstärkt auf Boden und auf Substratkultur angebaut. Wie aus Abbildung 33 hervorgeht, sind in Sachsen Boden und Rolltische mit 38 bzw. 36 Prozent der Fläche die häufigsten Kulturfleichensystemen in Zierpflanzenbetrieben. Durch das Ersetzen vorhandener fester Tische durch Rolltische wird eine Erhöhung der Nettokulturfleiche erzielt und stellt damit ein weiteres Optimierungspotenzial dar.

Bundesweit wird im Zierpflanzenbau hauptsächlich die Anstaubewässerung auf Tischen eingesetzt (Abbildung 32, Abbildung 33). Bei den deutschen Gemüsebetrieben dominiert mit 44 Prozent die Tropfbewässerung vor der Düsenrohrbewässerung (41 Prozent).<sup>68</sup>

<sup>68</sup> VGL. HUBER 2005

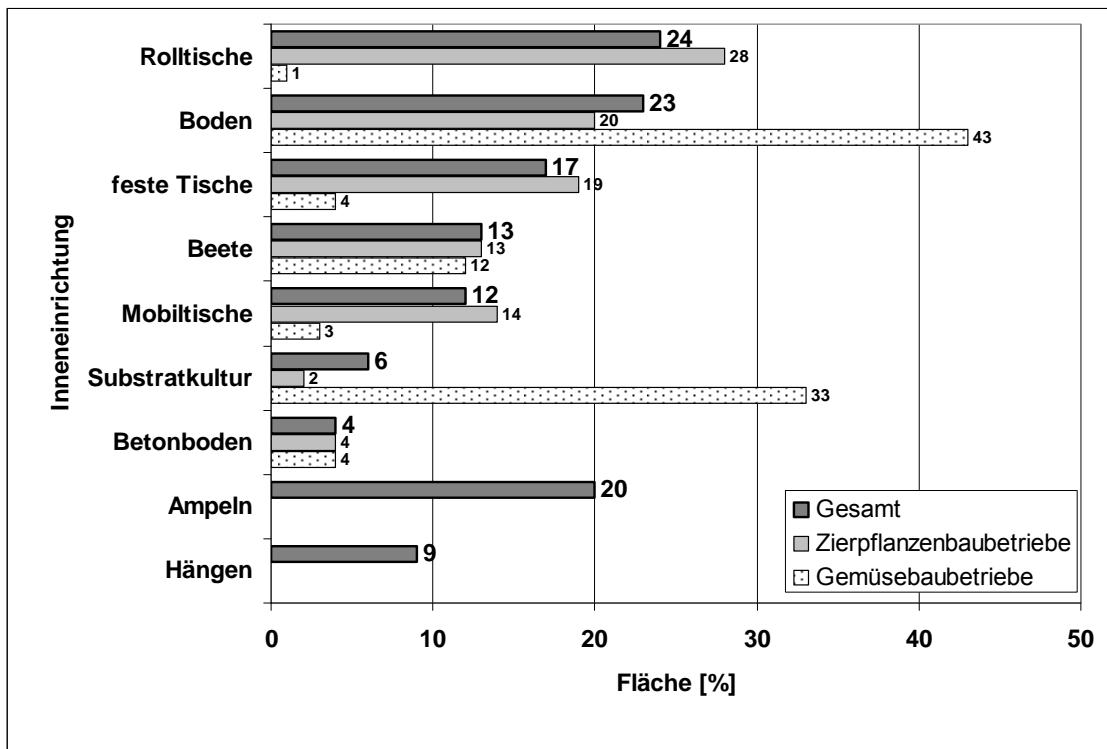


Abbildung 32: Prozentuale Verteilung der Inneneinrichtung von Gewächshäusern (Deutschland) <sup>69</sup>

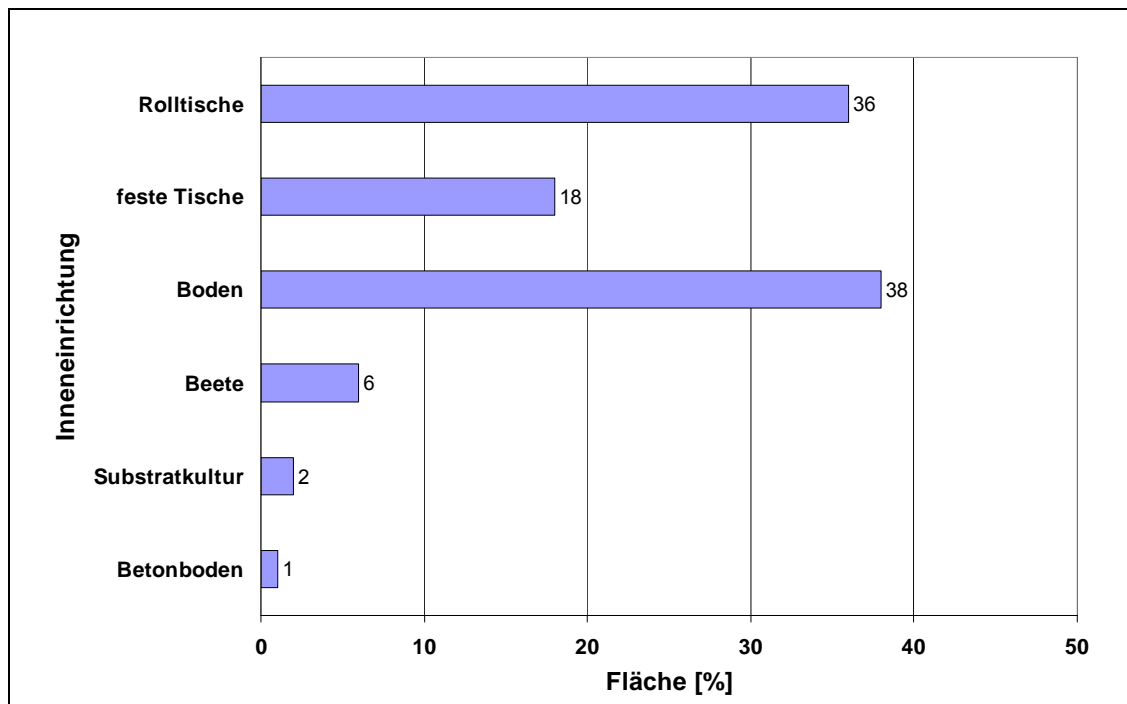


Abbildung 33: Prozentuale Verteilung der Inneneinrichtung von Gewächshäusern (Zierpflanzenbau, Sachsen)

Insgesamt werden 8,3 Prozent der Flächen der befragten Betriebe in Sachsen mit CO<sub>2</sub> gedüngt, welches sich zu 23 Prozent aus dem CO<sub>2</sub> aus Abgasen und 77 Prozent aus technischem CO<sub>2</sub> zusammensetzt. Bundesweit

<sup>69</sup> VGL. TANTAU ET AL. 2006



werden 13 Prozent der Flächen mit CO<sub>2</sub> gedüngt, welches sich zu gleichen Teilen aus dem CO<sub>2</sub> aus Abgasen und aus technischem CO<sub>2</sub> zusammensetzt.<sup>70</sup>

### 3.2.4 Energetische Ist-Situation: Energieträger/Heizungssysteme

Nach einer Umfrage zur Energie-Ist-Situation sind in Deutschland Gas, Öl und Kohle mit über 90 Prozent immer noch die wichtigsten Energieträger. Hauptsächlich werden Heizöl EL (extra leicht) und Erdgas zur Gewächshausbeheizung eingesetzt (Abbildung 34). Die Daten verdeutlichen bei den befragten Betrieben mit 50 Prozent die große Abhängigkeit von Heizöl als Energieträger.<sup>71</sup>

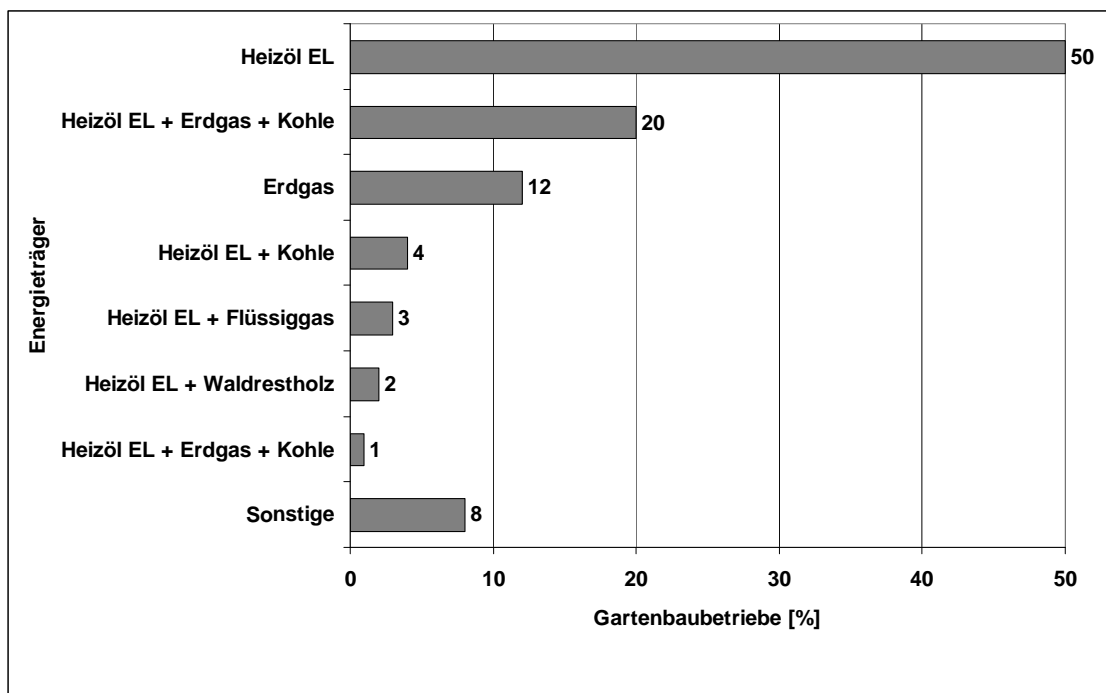


Abbildung 34: Prozentuale Verteilung eingesetzter Energieträger (Deutschland)<sup>72</sup>

Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen als Heizmaterial im Gartenbau ist bundesweit noch sehr gering: Gerade fünf Prozent der befragten Betriebe heizen mit Holz. Diese lassen sich aufteilen in Betriebe, die ausschließlich mit Holz heizen (1 Prozent) und Betriebe, die Holz in Kombination mit anderen Energieträgern zur Gewächshausbeheizung einsetzen (4 Prozent). Dieser sehr geringe Anteil zeigt, dass die Umstellung des deutschen Gartenbaus auf nachwachsende Rohstoffe gerade erst am Anfang steht.<sup>73</sup>

Dies trifft auch für Sachsen zu. Der für die Beheizung am häufigsten eingesetzte Energieträger in Sachsen bleibt Heizöl, gefolgt von Erdgas und Kohle/ Koks (Tabelle 8). Auch in dieser Tabelle wird durch Mehrfachnennung deutlich, dass viele Betriebe auf mehrere Möglichkeiten der Energiegewinnung setzen.

Insgesamt 23 von 601 Betrieben in Sachsen haben bereits die Möglichkeit, erneuerbare Energien einzusetzen, genutzt. Damit sind alle alternativen Energieformen zusammengenommen aber immer noch die seltenste Heizanlagenform.

<sup>70</sup> VGL. HUBER 2005

<sup>71</sup> VGL. PHILIPP 2005A, 2005B

<sup>72</sup> VGL. PHILIPP 2005A, 2005B

<sup>73</sup> VGL. PHILIPP 2005A, 2005B

Sie werden besonders bei kleinen Grundflächen eingesetzt, was auf die Erprobung der alternativen Heizmöglichkeiten hinweist. Biomasse zur Heizwärmegewinnung wird in 11 Betrieben eingesetzt und ist die häufigste eingesetzte erneuerbare Energieform in Sachsen.

**Tabelle 8: Nutzung von Gewächshäusern nach Ausstattung mit Heizanlagen und Größenklassen der gärtnerischen Nutzfläche<sup>74</sup>**

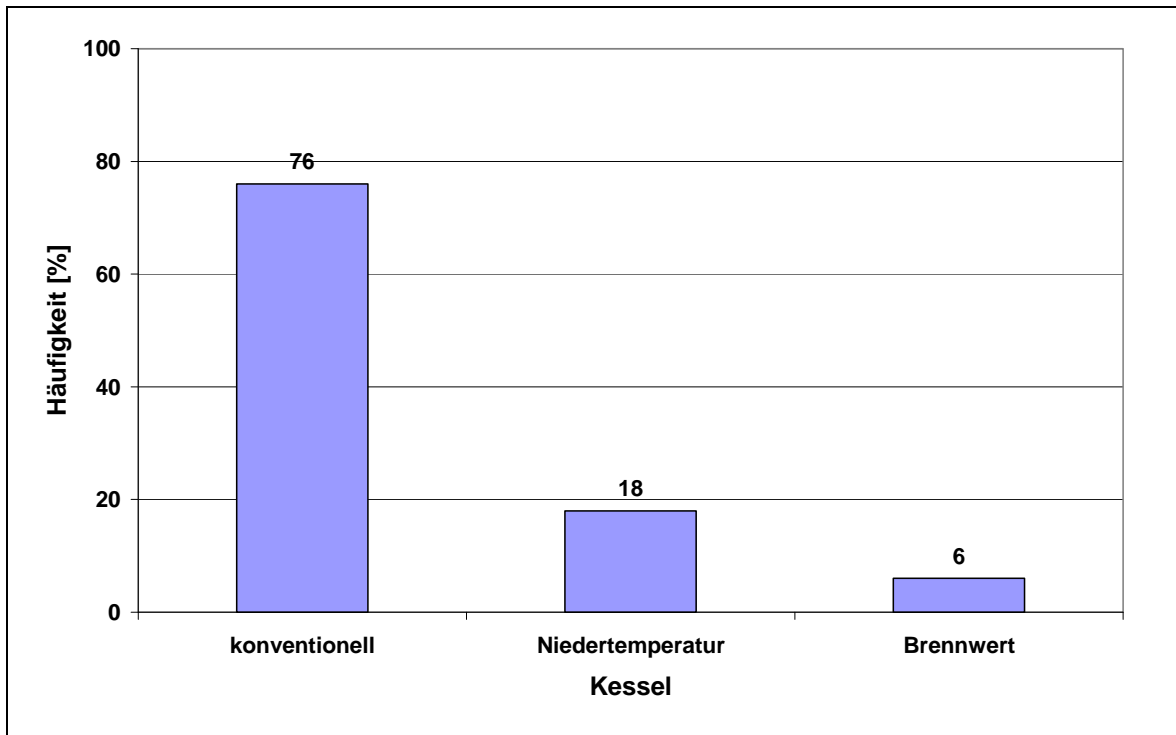
| Gärtnerische Nutzfläche von ... bis unter ... ha | Anzahl Betriebe, deren Gewächshäuser mit Heizanlagen ausgestattet sind | Anlagen für |            |            |            |                      |           |              |                             |
|--|--|-------------|------------|------------|------------|----------------------|-----------|--------------|-----------------------------|
|  |  | Kohle, Koks | Heizöl     | Erdgas     | Flüssiggas | erneuerbare Energien |           |              |                             |
|  |  |             |            |            |            | zusammen             | Biomasse  | Solaranlagen | sonst. erneuerbare Energien |
| Anzahl - Betriebe                                |  |             |            |            |            |                      |           |              |                             |
| unter 0,5  | 378  | 48          | 298        | 64         | 21         | 18                   | 11        | 1            | 7                           |
| 0,5 - 1  | 107  | 19          | 86         | 15         | 10         | 3                    | 2         | -            | 1                           |
| 1 - 2  | 51   | 10          | 48         | 6          | 2          | 1                    | -         | -            | 1                           |
| 2 - 3  | 21   | 3           | 17         | 4          | -          | 1                    | -         | 1            | -                           |
| 3 - 5  | 18   | 2           | 15         | 3          | 3          | -                    | -         | -            | -                           |
| 5 - 10   | 13   | -           | 10         | 4          | 2          | -                    | -         | -            | -                           |
| 10 - 20  | 8  | 1           | 7          | 2          | 1          | -                    | -         | -            | -                           |
| 20 u. mehr                                       | 5  | -           | 4          | 2          | -          | -                    | -         | -            | -                           |
| <b>Gesamt</b>                                    | <b>601</b>   | <b>83</b>   | <b>485</b> | <b>100</b> | <b>39</b>  | <b>23</b>            | <b>13</b> | <b>2</b>     | <b>9</b>                    |

#### Kessel

Zur Beheizung der Gewächshäuser in Deutschland ist vorwiegend eine Kombination aus hoher Rohrheizung mit anderen Heizungssystemen im Einsatz. Neben den Heizungssystemen wurde die Anzahl vorhandener Kessel in der Umfrage erfasst. Bundesweit sind hauptsächlich sowohl für Öl- als auch für Gas- und Zweistoffbrenner konventionelle Kessel vorhanden. Die Häufigkeitsverteilung der verwendeten Kesselarten in Deutschland für Öl-Brenner ist Abbildung 35 zu entnehmen. Ca. 76 Prozent der Betriebe verwenden konventionelle Kessel. Niedertemperatur- oder Brennwertkessel, die die produzierte Wärme effizienter nutzen können, werden noch zu einem relativ geringen Anteil eingesetzt (18 und 6 Prozent).<sup>75</sup>

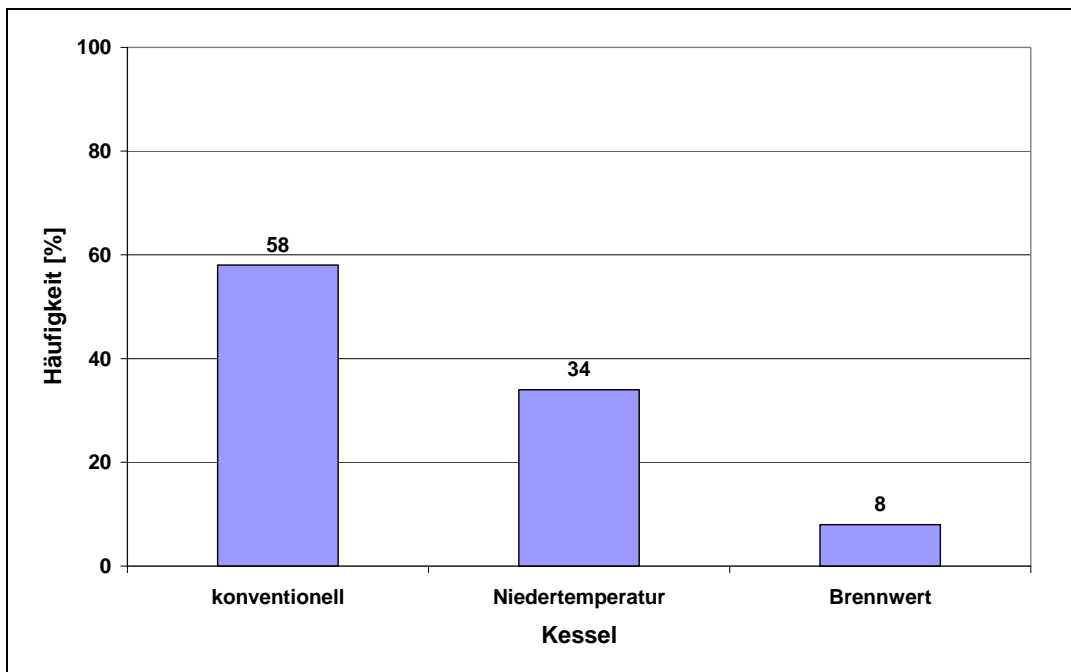
<sup>74</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2006

<sup>75</sup> VGL. PHILIPP 2005B



**Abbildung 35: Häufigkeitsverteilung der verwendeten Kesselarten für Öl-Brenner in Deutschland.**<sup>76</sup>

Auch in Sachsen sind hauptsächlich konventionelle Kessel vorhanden, aber dennoch in geringerem Umfang als im gesamten Bundesgebiet. Ca. 58 Prozent der Betriebe mit Öl-Brenner verwenden konventionelle Kessel. Niedertemperaturkessel werden zu 34 Prozent und Brennwertkessel zu ca. 8 Prozent eingesetzt.



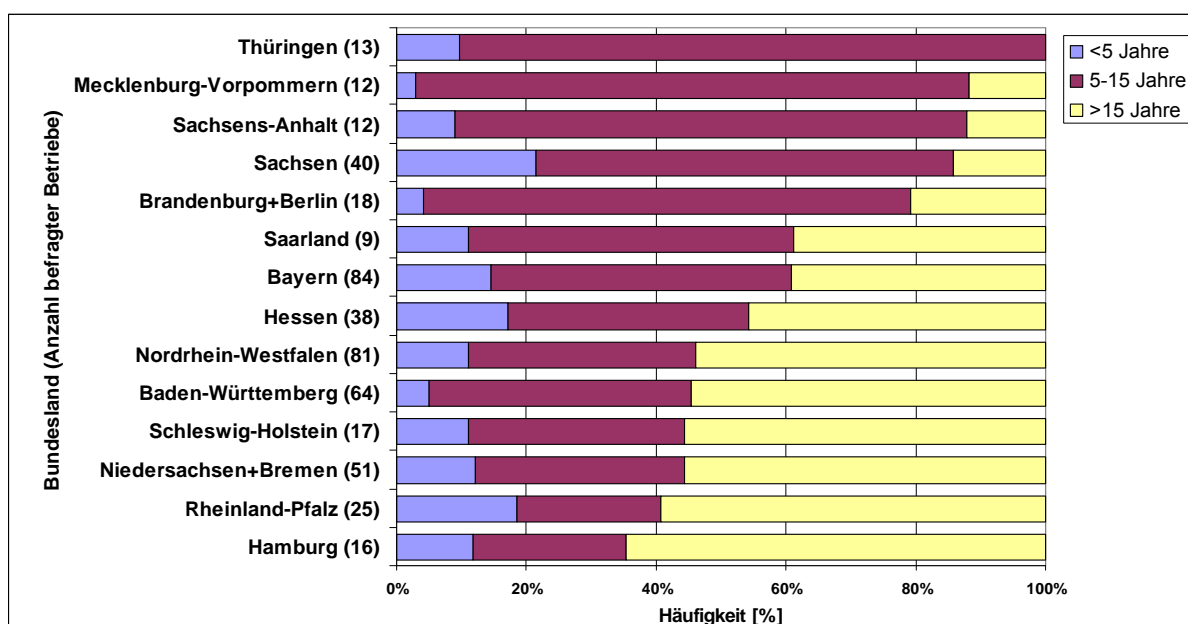
**Abbildung 36: Häufigkeitsverteilung der verwendeten Kesselarten für Öl-Brenner in Sachsen**

Bundesweit sind 45 Prozent der Kessel zwischen fünf und 15 Jahren alt. 42 Prozent der Kessel sind älter als 15 Jahre und 12 Prozent jünger als fünf Jahre.<sup>77</sup>

<sup>76</sup> VGL. PHILIPP 2005B

In den befragten Gartenbaubetrieben ist demnach eine große Zahl älterer Heizkessel ohne moderne Heizungstechnik im Einsatz. Nicht alle Kessel sind allerdings ständig in Betrieb. Sie dienen zum Teil lediglich der Bewältigung von Spitzenlasten sowie kurzfristig bei Ausfall des Hauptkessels.<sup>78</sup>

Die Abbildung 37 zeigt deutlich, dass in allen Bundesländern in den letzten fünf Jahren wenig in neue Kessel investiert wurde. In vielen Bundesländern wurden sogar seit mehr als 15 Jahren nur in sehr geringem Umfang neue Kessel in Betrieb genommen.<sup>79</sup> Sachsen positioniert sich in diesem Segment im mittleren Bereich. Trotzdem besteht bei den Gartenbaubetrieben im Freistaat ein hoher Erneuerungsbedarf in den nächsten Jahren. Weil neue Kessel über eine effizientere Technik verfügen, ist hier ein großes Potenzial zur Energieeinsparung zu sehen.<sup>80</sup>



**Abbildung 37: Altersstruktur der vorhandenen Kessel bezogen auf die Bundesländer<sup>81</sup>**

Durch einen Wechsel des Energieträgers z. B. zur preisgünstigeren Biomasse können so zusätzlich die Kosten für den Energieträger gesenkt und ein Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>Emissionen geleistet werden.<sup>82</sup>

Weil die Heizanlage für einen optimalen Betrieb speziell auf den Brennstoff abgestimmt sein muss, ist ein Brennstoffwechsel nicht ohne weiteres möglich. Ein Wechsel zu einem anderen Brennstoff ist meist durch Aufwendungen für einen Spezialkessel sowie brennstoffspezifische Lager und Fördereinrichtungen sehr teuer. Daher ist ein Wechsel nur dann interessant, wenn langfristig von einem Preisvorteil auszugehen ist und ein Wechsel zur individuellen Betriebssituation passt; auf kurzfristige Brennstoffpreisschwankungen sollte man nicht unbedingt reagieren<sup>83</sup>.

<sup>77</sup> VGL. MENK 2005

<sup>78</sup> VGL. MENK 2005

<sup>79</sup> VGL. MENK 2005

<sup>80</sup> VGL. MENK 2005, PHILIPP 2005B

<sup>81</sup> VGL. MENK, 2005

<sup>82</sup> VGL. PHILIPP 2005B

<sup>83</sup> VGL. HEISE 2000

## Klimaregelung

Um die Klimaregelung in den Gewächshäusern optimal zu steuern, setzen bundesweit 42 Prozent der befragten Gartenbaubetriebe einen Klimacomputer ein. 10 Prozent nutzen eine Kombination aus Klimacomputer und einzelnen Regelgeräten, knapp die Hälfte (46 Prozent) nutzt ausschließlich einzelne Regelgeräte und nur sehr wenige (2 Prozent), vornehmlich ältere kleine Betriebe, setzen gar keine Regelung ein. Somit besteht auch in diesem Bereich die Möglichkeit, durch den Einsatz spezieller Regelstrategien den Energieverbrauch zu senken<sup>84</sup>.

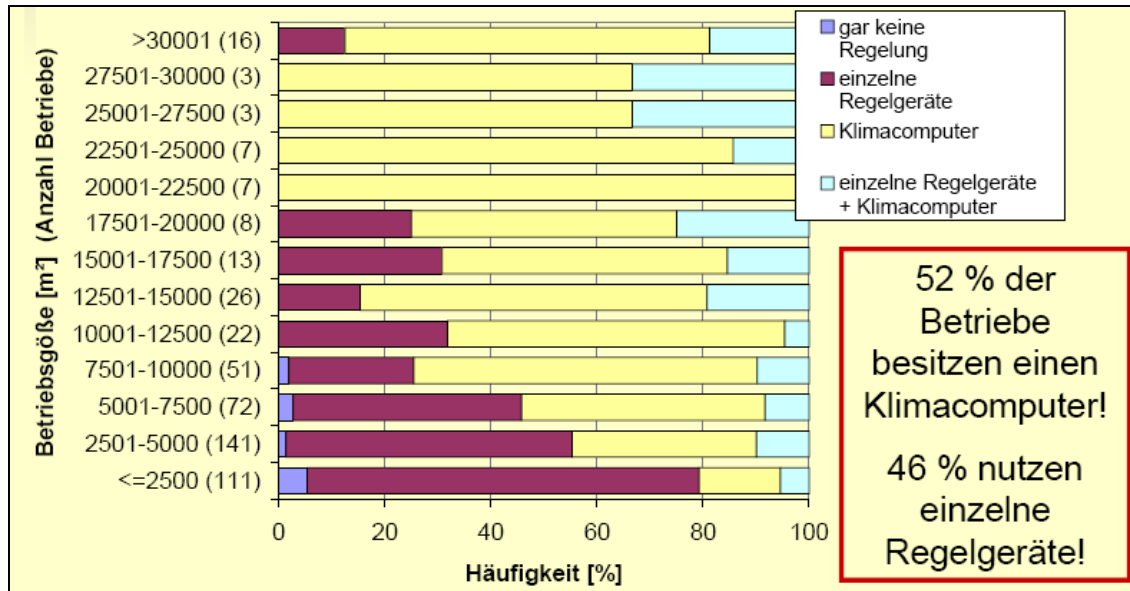
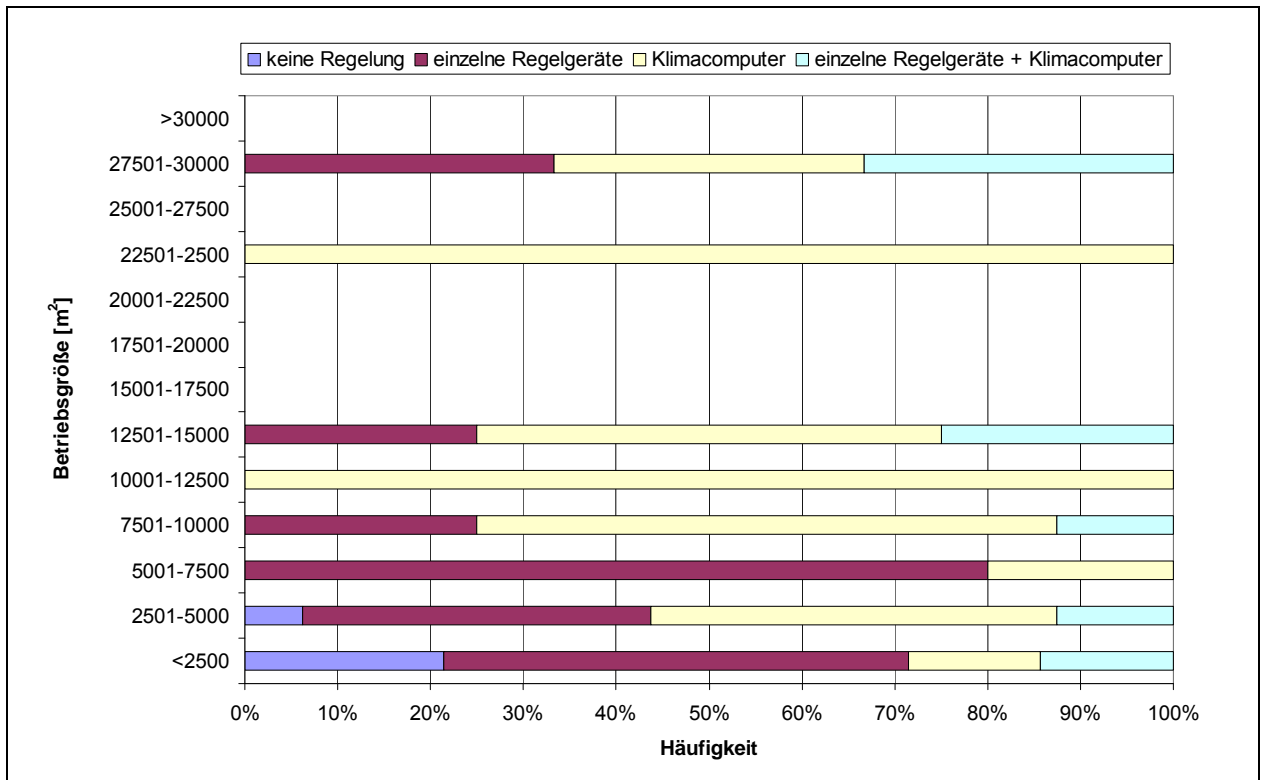


Abbildung 38: Häufigkeitsverteilung der Regelgeräte bezogen auf die Betriebsgröße in Deutschland<sup>85</sup>

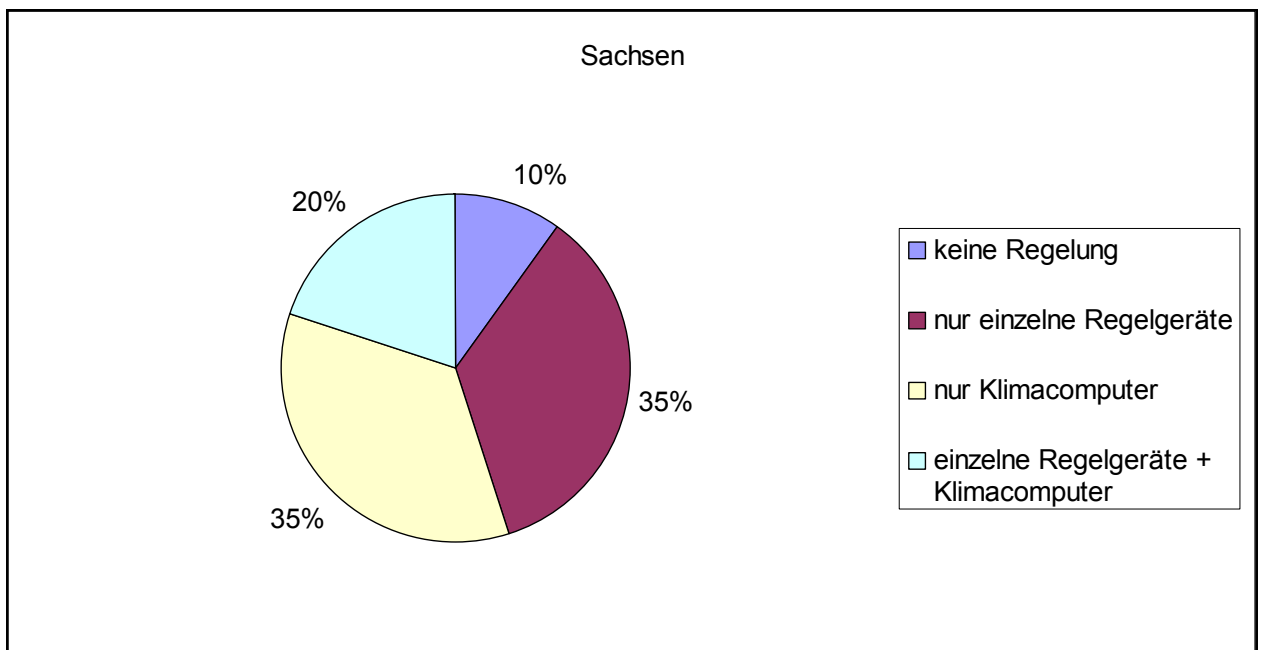
Die Ergebnisse der befragten 40 Betriebe im Bundesland haben gezeigt, dass Sachsen in Hinblick auf den Einsatz von Klimacomputern im bundesdeutschen Mittel liegt. 55 Prozent der befragten Unterglasanbauer nutzen einen Rechner zur optimalen Steuerung der Klimaregelung. 20 Prozent der Betriebe kombinieren den Einsatz moderner Technik noch mit Einzelgerätregelung – meist in kleineren oder abgelegenen Häusern. Mit 10 Prozent ist die Zahl der Firmen, die keine Regelung nutzen, jedoch überdurchschnittlich hoch (bundesweit: 2 Prozent) (Abbildung 39, Abbildung 40).

<sup>84</sup> VGL. PHILIPP 2005B

<sup>85</sup> VGL. PHILIPP 2005B



**Abbildung 39: Häufigkeitsverteilung der Regelgeräte bezogen auf die Betriebsgröße in Sachsen**



**Abbildung 40: Einsatz der Regelgeräte in Sachsen**

Wie zu erwarten war, werden bundesweit im Zierpflanzenbau mehr Klimaregelfunktionen genutzt als im Gemüsebau. Zu den am häufigsten verwendeten Regelfunktionen zählen Nachtabsenkung und strahlungsabhängige Schirmsteuerung (Abbildung 41).<sup>86</sup> Regelfunktionen helfen, das optimale Zusammenspiel von erfolgreichen Bedingungen für das Pflanzenwachstum und energiesparenden Maßnahmen zu sichern. Eine

<sup>86</sup> VGL. PHILIPP 2005B

genaue Regelfunktionseinstellung sichert somit pflanzenoptimale Bedingungen bei einem minimierten Energieverlust während der Regelmaßnahmen.

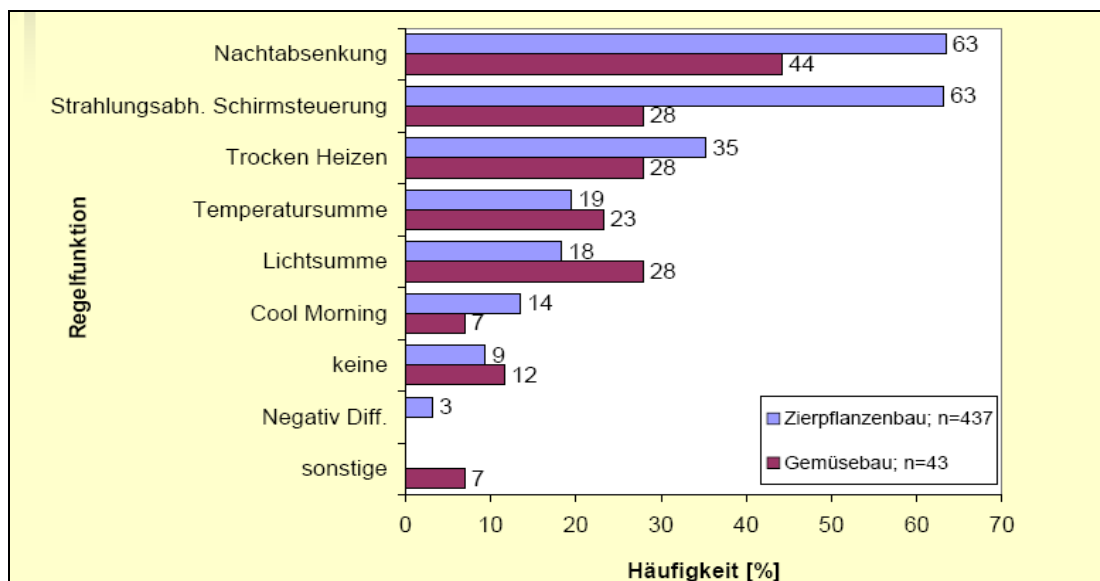


Abbildung 41: Häufigkeitsverteilung der Nutzung von Klimaregelfunktionen<sup>87</sup>

Wie auch im bundesdeutschen Vergleich sind die am häufigsten angewandten Funktionen der Klimagestaltung im Gewächshaus die Strahlungsabhängige Schirmsteuerung und die Nachtabsenkung. Auch die 10 Prozent der Unternehmen, die sich ausschließlich auf ihren „Grünen Daumen“ verlassen, bergen ein Einsparungspotenzial (Abbildung 41).

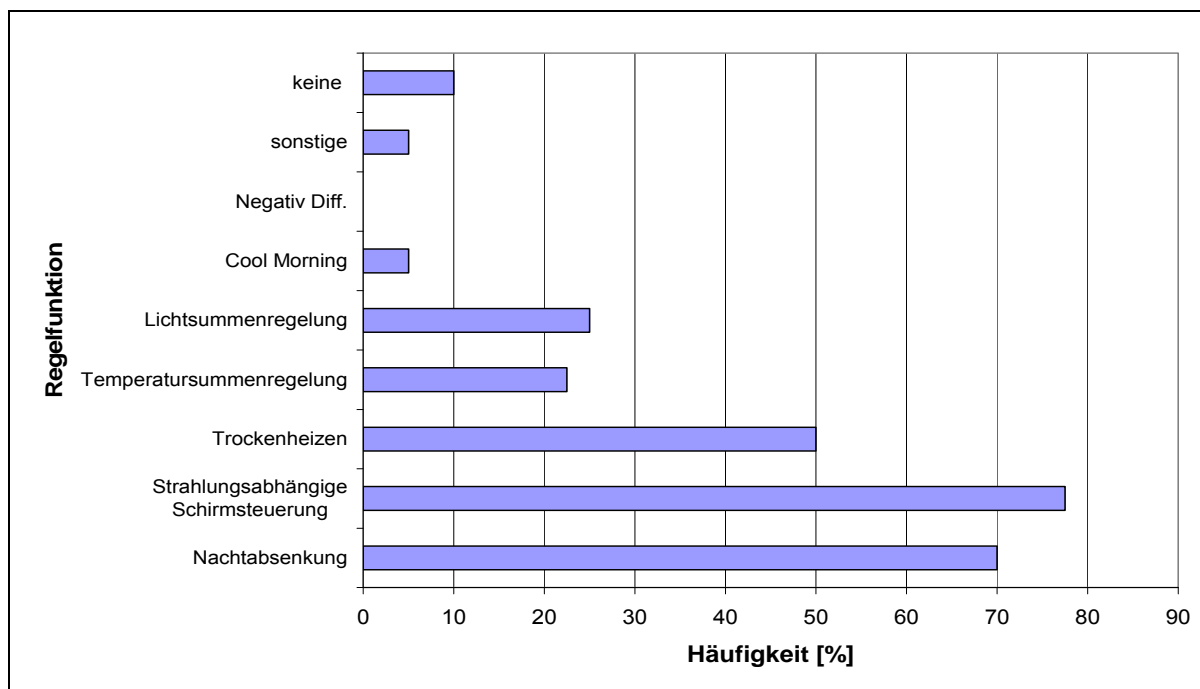


Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der Nutzung von Klimaregelfunktionen (Zierpflanzenbau, Sachsen)

<sup>87</sup> VGL. TANTAU ET AL. 2006

Bemerkenswert ist mit 50 Prozent der hohe Anteil derer, die das Trockenheizen als Variante der Regelung nutzen (Abbildung 41). Bundesweit sind es ca. 35 Prozent der Zierpflanzenbaubetriebe und 28 Prozent der Gemüsebaubetriebe, die ihre Gewächshäuser zum Teil trocken heizen. Auf den Energieverbrauch wirkt sich dies natürlich negativ aus, jedoch sind die Gärtner häufig gezwungen, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um Probleme mit zu hoher Luftfeuchtigkeit im Bestand zu vermindern und die Kultur vor Schäden und somit ihren Betrieb vor finanziellen Verlusten zu bewahren.<sup>88</sup>

Auch hier zeigt sich, dass erhebliche Reserven im Bereich der Präzisionssteuerung der Prozesse im Gewächshaus zu erwarten sind. Genaue Einschaltpunkte für das Trockenheizen sind in der Regel nicht vorhanden. Eine ungenaue Temperatureinschätzung im Pflanzenbestand und damit nicht ausreichende Erfassung des exakten Taupunktabstandes hat zur Folge, dass zu vielen Zeiten unnötigerweise das Trockenheizen durchgeführt wird.

#### **4 Maßnahmen zur Energiekosteneinsparung**

Aktuelle Studien zeigen, dass die zunehmende Verteuerung des Faktors Energie, insbesondere von Öl und Gas, bei vielen Unterglasbetrieben in Deutschland zu einem Gewinnrückgang führt. Eine Umfrage in Sachsen bei 60 Zierpflanzenbetrieben hat zwar Umsatzsteigerungen gezeigt. Diese Umsatzzuwächse der letzten Jahre, die nicht auf Preissteigerungen, sondern auf Flächenzuwächse und z. T. auf eine verbesserte Flächennutzung zurückzuführen sind, reichen aber nicht aus, um die gestiegenen Energiekosten zu decken. Dabei sind nach der Umfrage die Heizölkosten bei kleineren Betrieben (<3 000 m<sup>2</sup>) im Verhältnis zum Umsatz am stärksten gestiegen.<sup>89</sup>

Wie auch bereits in Kapitel 3.1 dargestellt, wird es, wenn es nicht gelingt, diese Entwicklung aufzuhalten, verstärkt zu Betriebsaufgaben kommen. Aufgrund der Betriebsstrukturen in Sachsen sind hier besondere Belastungen zu erwarten.

Bereits seit der Energiekrise Ende der 70er-Jahre, aber vor allem auch aufgrund jüngerer Entwicklungen wurde eine Reihe von Ansätzen entwickelt, um den Energiebedarf in Unterglasbetrieben zu senken bzw. die Auslastung der Flächen zu erhöhen. Zudem werden aktuell verstärkt Nutzungsmöglichkeiten biogener Brennstoffe, Contractinglösungen und der Einsatz von Biogasanlagen und Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken in der Gartenbaubranche diskutiert. Hier ist die Frage zu klären, welche Maßnahmen für bestehende Betriebe in Sachsen Energieeinsparungen und somit Kostenentlastungen ermöglichen. Die wirtschaftliche Situation zahlreicher Unterglasbetriebe in Sachsen ist so einzuschätzen, dass sehr umfangreiche Investitionen mit hohem Kapitalbedarf beispielsweise in Neuanlagen bzw. eine komplette Umstellung der Heizungssysteme von zahlreichen Betrieben nicht zu leisten sein werden oder bei der derzeitigen Betriebssituation umfangreiche Neuinvestitionen als sehr risikoreich einzuschätzen sind. Dennoch werden diese Betriebe mittelfristig zu Anpassungsstrategien gezwungen sein, um nicht weiter an Konkurrenzfähigkeit zu verlieren bzw. bei zunehmenden Preissteigerungen im Energiebereich weiter am Markt existieren zu können.

Daher wird im Folgenden zunächst auf Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz, insbesondere auf Optimierungsmöglichkeiten eingegangen, die nach den Umfrageergebnissen in Kapitel 3.2 in vielen Betrieben noch nicht ausgeschöpft sind. Im Weiteren wird dann ein Umstieg auf alternative Energieversorgungskonzepte betrachtet, der insbesondere für Betriebe, bei denen eine Erneuerung der Heizanlage ansteht, von Bedeutung

---

<sup>88</sup> VGL. TANTAU ET AL. 2006

<sup>89</sup> VGL. SARTOR 2005





**Tabelle 9: Einsparpotenzial im Gewächshaus** <sup>91</sup>

| Platz-Nr. | Art der Einsparung                    | Einsparpotenzial |
|-----------|---------------------------------------|------------------|
| 1         | Energieschirm                         | 20 - 40 %        |
| 2         | Abdichtung von Scheiben und Lüftungen | 10 - 20 %        |
| 3         | Heizungssystem                        | 10 - 18 %        |
| 4         | Optimierung der Kesselanlage          | 10 - 15 %        |
| 5         | Klimaregelung                         | 10 - 20 %        |
| 6         | Bessere Flächennutzung / Anbauplanung | 10 %             |
| 7         | Isolierung und Spezialverglasung      | 7 - 10 %         |
| 8         | Messfühler                            | 5 - 10 %         |
| 9         | Bewässerung                           | 5 - 10 %         |
| 10        | CO <sub>2</sub> -Düngung              | 5 %              |

Viele Ansätze zur Energieeinsparung bei Gewächshäusern sind konstruktiver Natur. Hierzu zählen z.B. Neubauten in Blockbauweise, Doppelverglasungen, Energieschirme oder zeitweilige Noppenfolie an den Stehwänden, Untertischheizung. Mögliche weitere Ansätze sind außer der Wahl des Heizmaterials (darüber in detaillierter Weise später) die Wahl der Anbaukulturen und nicht zuletzt die Mitarbeiterschulung sowie die Organisation.

#### **4.1.1 Gewächshauskonstruktion und der Zustand der Häuser**

Bei der Beurteilung der Häuser sollte stets das Alter als Grundlage für die Betrachtung dienen. Je älter ein Haus, umso wirtschaftlicher ist es, in die Isolierung zu investieren. Je neuer ein Haus, desto wichtiger wird die Regelungstechnik. Bei Neu- oder Umbauten ist zusätzlich auf die Wahl der Konstruktion selbst zu achten. Im Freistaat Sachsen sind 31 Prozent aller Häuser zwischen 10 und 25 Jahre alt, 40 Prozent sogar älter als 25 Jahre.<sup>92</sup> In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, zunächst alle vorhandenen bautechnischen Einrichtungen zu prüfen, mit dem Ziel, ein Maximum an Isolation zu erreichen.

Ein beträchtlicher Teil der Wärme wird über den Luftwechsel abgeführt. Abgerutschte oder gebrochene Scheiben, undicht gewordene Verkittungen, schlecht schließende Lüftungsklappen, Türen und Tore sind dafür verantwortlich.

<sup>91</sup> VGL. ENERGIEAGENTUR NRW 2006

<sup>92</sup> VGL. TANTAU 2006



**Abbildung 43: Beispiele der Wärmeabfuhr über den Luftwechsel (von links nach rechts: schlecht schließendes Tor, gebrochene/abgerutschte Scheiben)<sup>93</sup>**

Die Wirkung von solchen Öffnungen auf den Wärmeverbrauch wird in der Praxis immer unterschätzt. Bereits eine schlecht schließende Firstlüftung kann durchaus den Wärmeverbrauch um bis zu 20 Prozent erhöhen.<sup>94</sup> Sind alle vorhandenen bautechnischen Einrichtungen geprüft, ist zu überlegen, wie diese erneuert oder verbessert werden können. Das Einsparungspotenzial ist besonders hoch, wenn in der Vergangenheit nur wenige Maßnahmen zur Optimierung der Häuser unternommen wurden.

#### Optimierung des Bedachungsmaterials

Die Bedeutung des Lichtes wird immer wieder hervorgehoben. In diesem Zusammenhang sollen die Bedachungssysteme folgende Anforderungen erfüllen<sup>95</sup>:

- • möglichst hohe Transparenz im Spektralbereich der Photosynthese (PAR-Bereich)
- • Dauerhaftigkeit der Transparenz
- • hydrophobe Oberfläche außen (selbstreinigend)
- • hydrophile Oberfläche innen (Filmkondensation)
- • keine oder geringe Transparenz ab ca. 700 nm (Wärmestrahlung)
- • dauerhafte mechanische Eigenschaften
- • gute Wärmedämmung (Energieeffizienz)

Betrachtet man das Alter der Bedachungsmaterialien der Häuser in Sachsen, dann wird deutlich, dass diese nicht in der Lage sind, solche Anforderungen zu erfüllen. 58 Prozent der Bedachungsmaterialien der Häuser sind älter als 10 Jahre und zu 15 Prozent älter als 25 Jahre. Dabei ist zu bedenken, dass 15 Prozent der Häuser mit Folie oder Kunststoffplatten bedeckt sind, die im Allgemeinen nicht länger als fünf bis 10 Jahre genutzt werden. Bereinigt man dahingehend die Zahlen, ist sogar davon auszugehen, dass über 68 Prozent der Bedachungen älter als 10 Jahre sind.

Oft ist nicht die Art des Eindeckmaterials entscheidend für die Dichtheit der Bauhülle, sondern die Verbindung des Eindeckmaterials mit der Gewächshauskonstruktion. Der Werkstoff Glas behält über viele Jahre seine thermischen Eigenschaften, dagegen verschleißen Gummiprofile oder Kitt-Dichtungen durch die einwirkende UV-Strahlung über längere Zeitperioden. Dies sind Ursachen für verschleißbedingte Wärmebrücken. Um die Sonnenenergie maximal zu nutzen, sollte man den Lichteinfall in das Gewächshaus system optimieren, indem Scheiben regelmäßig gereinigt oder gewechselt werden.

<sup>93</sup> GRUDA OKTOBER 2006

<sup>94</sup> VGL. BREDENBECK 2001

<sup>95</sup> VGL. HÖLSCHER 2006

Zu empfehlen ist weiterhin sowohl eine temporäre (z.B. durch Noppenfolie) als auch eine ständige Wärmedämmung der Hüllfläche (z.B. durch Doppel- oder Mehrfachbedachung). An dieser Stelle ist jedoch zu bemerken, dass grundsätzlich jede Isoliermaßnahme an der Außenhülle die für das Pflanzenwachstum notwendige Lichtdurchlässigkeit des Gewächshauses beeinträchtigt.

Auch beim Thema Lichteinbuße durch Isolierungsmaterial ist der Ansatz der produktspezifischen Bewertung energetischer Maßnahmen anzusetzen, um die Frage zu beantworten, auf wie viel Licht im Sinne einer besseren Heizenergieverwertung verzichtet werden kann.

Durch den gezielt verringerten Luftaustausch erhöht sich häufig auch die relative Feuchte im Gewächshaus. Das kann zu einem erhöhten Infektionsdruck durch Pilzkrankungen, zu geringer Transpiration und sinkender Nährstoffaufnahme führen. Das Resultat ist schlechteres Wachstum, geringe Erntequalität und -quantität. Daher muss unter wirtschaftlichen Aspekten für jede Isoliermaßnahme und für jede Pflanzenkultur ein vertretbares Maß gefunden werden.<sup>96</sup>

#### Energieschirm

Als eine bei optimalem Einsatz sehr effektive Maßnahme zur Energieeinsparung ist der Einsatz von Energieschirmen zu sehen. Für den Dachbereich empfiehlt sich daher Einfachverglasung in Kombination mit einem dicht schließenden Energieschirm. Für die Erzielung einer hohen Energieeinsparung muss das Schirmmaterial bestimmte physikalische Eigenschaften haben:

- möglichst hoher Reflexionsgrad (geringer Emissionsgrad),
- möglichst geringer Transmissionsgrad für langwellige Wärmestrahlung (IRC)
- möglichst geringe Luftdurchlässigkeit<sup>97</sup>

Fehlt der Energieschirm, kann man bei Nachrüstung in Abhängigkeit der Kulturführung mit Einsparungen von bis zu 40 Prozent der Energiekosten rechnen. Allerdings haben Untersuchungen gezeigt, dass dieser Maximalwert nicht immer erreichbar ist.<sup>98</sup> Wichtig beim Einsatz von Energieschirmen ist eine sachgerechte Installation mit guter Giebel- und Stehwandabdichtung. Dies kann ohne großen Aufwand mit dem  $V_{\text{Luft}}$  - Verfahren nach folgender Berechnung ermittelt werden:

$$V_{\text{Luft}} = (\text{Temperatur über dem Schirm} - A_T) / (\text{Temperatur unter dem Schirm} - A_T)$$

$A_T$  = Außentemperatur

In einem Gewächshaus ohne Energieschirm ist der  $V_{\text{Luft}}$ -Wert gleich 1, mit einem gut isolierenden Schirm in einem dichten Gewächshaus liegt der  $V_{\text{Luft}}$ -Wert bei 0,3. Bei nachträglichem Einbau und bei kleinen Flächen entstehen Kosten von bis zu 20,- €/m<sup>2</sup>, bei Installation in einen Neubau je nach Material 5,- bis 10,- €/m<sup>2</sup>.<sup>99</sup> Bei einem Heizungssystem im Dachraum sind je nach Gewächshauskonstruktion dabei auch größere Umbauten notwendig.<sup>100</sup>

Auch sollte eine kontinuierliche Überwachung der  $V_{\text{Luft}}$ -Werte durch zusätzlichen Einbau eines Temperaturfühlers im Dachbereich erwogen werden. Schäden am Schirmsystem, mangelhaft eingestellte

---

<sup>96</sup> VGL. ARBEITSGRUPPE 2001

<sup>97</sup> VGL. BERTRAM, A., A. BETTIN, P. REHRMANN, D. WILMS 2005

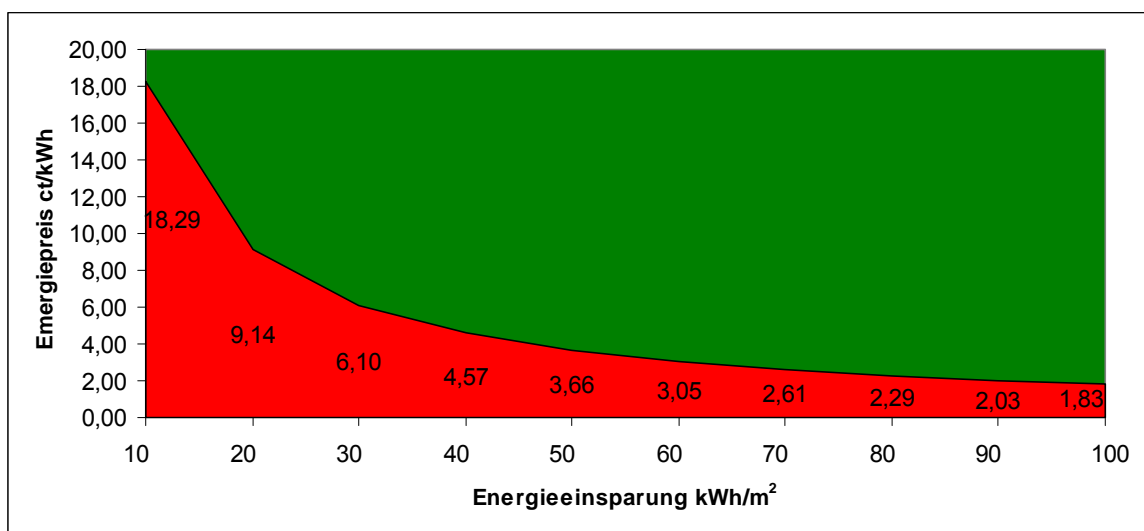
<sup>98</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006

<sup>99</sup> VGL. ENERGIEAGENTUR NRW 2006

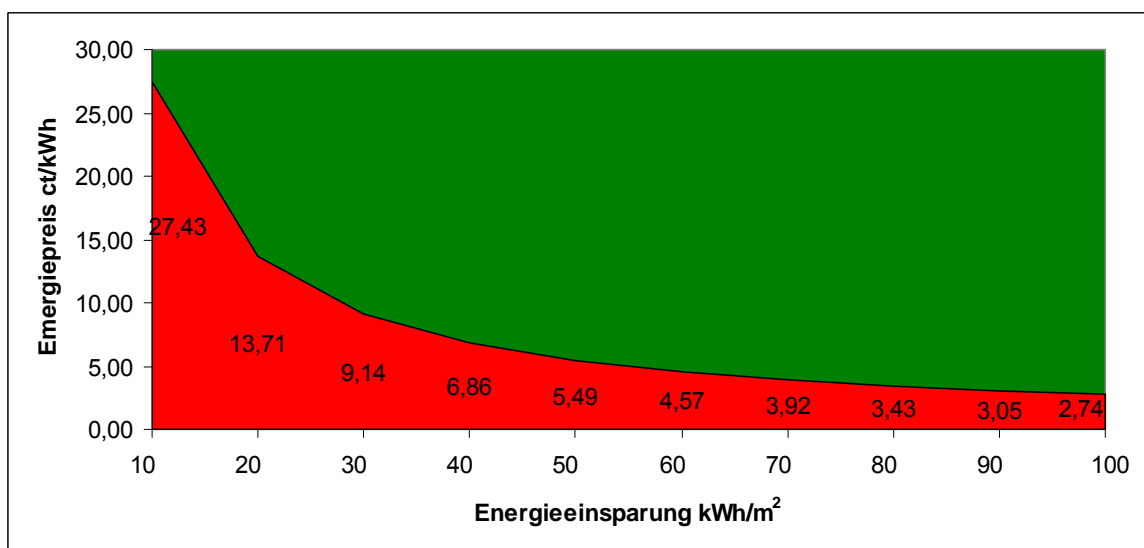
<sup>100</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2005

Endlangenschalter (Spaltbildung) oder altersbedingter Verschleiß des Tuchmaterials und der Aufhängung könnten somit über den Klimacomputer erkannt werden und es kann eine Alarmierung erfolgen.

Grundsätzlich müssen beim Einsatz von Energieschirmen auch die Auswirkungen auf das Gesamtklima beachtet werden. So kann es je nach Material beispielsweise zu einem Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit kommen. Angelehnt an eine aktuelle Untersuchung zum Energieschirmeinsatz<sup>101</sup> im geschützten Gemüsebau wurden überschlägig die Grenzkosten bei unterschiedlichen Investitionsannahmen errechnet. Unter der Annahme einer Nutzungsdauer von sieben Jahren, einem Zinsansatz von 6 Prozent und Reparatur/Unterhaltungsaufwand von 1 Prozent der Investitionssumme sowie Kosten/m<sup>2</sup> von 10 €/m<sup>2</sup> (jährliche Kostenbelastung von 1,83 €/m<sup>2</sup>) und von 15 €/m<sup>2</sup> (jährliche Kostenbelastung von 2,74 €/m<sup>2</sup>) ergeben sich folgende Gleichgewichtspreise bei unterschiedlichen Energieeinsparungen:



**Abbildung 44:** Gleichgewichtspreise bei einer jährlichen Kostenbelastung durch Energieschirme von 1,83 €/m<sup>2</sup>



**Abbildung 45:** Gleichgewichtspreise bei einer jährlichen Kostenbelastung durch Energieschirme von 2,74 €/m<sup>2</sup>

<sup>101</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006

Ein wirtschaftlicher Einsatz eines Energieschirms wird dabei in Abhängigkeit des Energiepreises und der Energieeinsparung durch die obere Fläche veranschaulicht. Bei derzeitigen Energiepreisen (Öl/Gas) von rund 5 ct/kWh, muss ein Energieschirm unter der Annahme (1) in etwa eine Energieeinsparung von 30 - 40 kWh/ m<sup>2</sup> und unter Annahme (2) von 50 - 60 kWh/m<sup>2</sup> erbringen. Bei einem angenommenen Energiebedarf von 430 kWh/m<sup>2</sup> einer Tomatenproduktion entspräche dies einer Energieeinsparung von 10 bzw. 13 Prozent. In einem vom BMELV durchgeführten Forschungsprojekt zum Einsatz von Energieschirmen in einem Tomatenproduktionsbetrieb waren im Rahmen der Kulturführung Einsparungen von rund 17 Prozent zu realisieren. Im Zierpflanzenbau sind zum Teil höhere Einsparungen zu erreichen.<sup>102</sup>

### Stehwand

Nur wenige Pflanzenkulturen kommen mit einer Isolierung der gesamten Außenfläche ohne nachteilige Wirkungen zurecht. Für viele Kulturen kommt nur eine Isolierung der Stehwände und Giebel in Frage. Das Dach bleibt zumindest tagsüber frei, um so den Pflanzen möglichst gute Lichtbedingungen zu ermöglichen.

Liegt die Temperatur im Gewächshaus durchschnittlich über 12 °C (temperierte Häuser und Warmhäuser) und ist zusätzlich ein Energieschirm als Abschirmung zum kalten Dachraum vorhanden, sorgt ein gut isolierendes Material an den Stehwänden dafür, dass hier nicht unnötig Energie an den Gewächshausseiten verloren geht.<sup>103</sup> Als Energiesparmaßnahme hat sich das Anbringen von Noppenfolie an Giebeln und Stehwänden seit langem bewährt. Die Kosten für diese Maßnahme belaufen sich auf rund 3 - 5 €/m<sup>2</sup>.<sup>104</sup>



**Abbildung 46: Anwendung von Noppenfolien auf Stehwänden<sup>105</sup>**

Bei sachgemäßer Installation kann der Energieaufwand um bis zu 30 Prozent vermindert werden. Dies gilt jedoch nur für die Flächen, an denen die Folie angebracht ist. Weil der Anteil von Giebeln und Stehwänden bei einzeln stehenden Gewächshäusern vergleichsweise hoch ist, kann durch Noppenfolie insgesamt eine gute Energieeinsparung erreicht werden<sup>106</sup>.

Bei insgesamt 91 Prozent der Gewächshausfläche in sächsischen Gewächshäusern ist der Stehwandbereich mit Materialien ausgestattet, die nicht optimal isolieren, wie z. B. Einfachglas oder einfache Folie. Die Anbringung von Noppenfolie auf Stehwänden und Giebel ist eine sinnvolle Maßnahme, um Wärmeverluste zu verringern. Somit wird auch an dieser Stelle ein weiteres Optimierungspotenzial erkennbar.

<sup>102</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006

<sup>103</sup> VGL. HUBER 2005

<sup>104</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006G

<sup>105</sup> GRUDA, OKTOBER/NOVEMBER, 2006

<sup>106</sup> VGL. BREDENBECK 2001

Über unisolierte Fundamente geht ebenfalls einige Wärme verloren. Auch hier ist es sinnvoll, Maßnahmen zu ergreifen.

#### Optimierung der Kesselanlage

Gute Isolierung von Kessel und Zuleitungen, regelmäßige Wartung und Reinigung von Kessel und Brenner, Verringerung von Stillstandverlusten durch Abstufung der Heizleistung, Einsatz eines Abgaskondensators und die Nutzung der Niedertemperatur- und Brennwerttechnik haben einen hohen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Kesselanlage. Nach LUDEWIG (2006) bedeutet 1 mm Ruß 50 K höhere Abgastemperatur. Mit dem Einsatz von modernen Kesselanlagen können Energieeinsparungen von bis zu 15 Prozent erzielt werden.<sup>107</sup>

#### Messfühler

Eine wichtige Komponente innerhalb des Automatisierungssystems sind die Messfühler. Von der Messgenauigkeit und dem Pflegezustand der Sensoren hängt oft unmittelbar ab, wie viel Energie für den Prozess genutzt werden kann.

Weil Klimasensoren ständig der Globalstrahlung ausgesetzt sind, sollten Temperatur- und Luftfeuchtefühler mit Strahlenschutz und Ventilierung versehen sein. Weiterhin sollen die Messgeräte regelmäßig gewartet und deren Funktion kontrolliert werden. Es ist darauf zu achten, die Temperatur- und Feuchtefühler möglichst in Pflanzennähe zu platzieren. Innerhalb der Konzepte der Automatisierungssoftware sind zukünftig verstärkt Plausibilitätsprüfungen, Kalibrierroutinen und Pflege- und Wartungsprotokolle zu integrieren, um den Nutzer der Anlagen zur Anwendung eines konsequenten Pflege- und Wartungsregime aufzufordern.

Auch bei der Auswahl von Messprinzipien sind durchaus energiesparende Möglichkeiten gegeben. So kann das Problem des versehentlichen Initiierens der Trockenheizroutine durch einen ausgetrockneten Feuchttemperaturfühler des Psychrometers dadurch beseitigt werden, dass durchgängig kapazitive Feuchtesensoren eingesetzt werden, deren Zuverlässigkeit und Preis sich inzwischen nicht mehr vom Psychrometer unterscheiden. Daneben sind neue Sensortechnologien einzuführen, mit deren Hilfe mehr Informationen über die Energieumsätze in den Kulturen bereitgestellt werden können. So steht mit dem Phytomonitoring inzwischen ein Verfahren zur Erfassung der thermischen Bilanzen an der Pflanze zur Verfügung. Damit können Gewebetemperaturen der Pflanzen berechnet werden, die wiederum zur Steuerung des Mikroklimas nutzbar sind.

Mehr Sensorik ist auch im Bereich der Überwachung der Wärmefreisetzung (Wärmemengenzähler) erforderlich.

#### Klimaregelung

Mit Hilfe von Klimacomputern ist es möglich, komplexe Klimaregelstrategien einzusetzen und Energieeinsparungen im Bereich von 10 Prozent zu erzielen. Bei Neubauten oder gut isolierten Häusern ist ein Klimacomputer zu empfehlen. Die Heizungssteuerungsprogramme können einerseits Schwankungen der Außentemperatur schneller und sensibler zur Einsparung von Energie nutzen, als dies von Hand möglich ist und andererseits durch eine laufende Überwachung der realen Klimabedingungen das Überstrapazieren der Wärmeintegrationsfähigkeit der Pflanzen vermeiden.<sup>108</sup>

---

<sup>107</sup> VGL. ENERGIEAGENTUR NRW 2006

<sup>108</sup> VGL. WARTENBERG 2004

Zusätzlich zu den vorgeschriebenen Wartungsmaßnahmen der vorhandenen Regelungstechnik ist eine regelmäßige manuelle Kontrolle aller Einstellungen und Sollwerte zu empfehlen. Heizung, Lüftung und Bewässerung sollten aufeinander abgestimmt und eingestellt sein.

Zeitliche Überlagerungen z.B. von Heizung und Lüftung können hier zu großen Verlusten führen. Oftmals wird eine solche Überlagerung gar beabsichtigt: Das so genannte und oft angewandte „Trockenheizen“.

Besonderes aussichtsreich bei der Entwicklung neuer Technologien zur Energieeinsparung scheinen dynamische Klimastrategien zu sein. Charakteristisch für diese Strategietypen ist, dass keine konstanten Temperaturen wie bei statistischen Regelstrategien auf die Pflanzen einwirken, sondern die Temperaturen in unterschiedlich langen Zeiträumen stark variieren können.<sup>109</sup> Zu den dynamischen Klimastrategien zählen zum Beispiel Temperatursummenregelung, strahlungs-, wind-, und außentemperaturabhängige Regelung. Weiterhin haben sich andere Strategien wie z.B. Cool Morning, Warm Evening für eine Senkung der Energiekosten bewährt. Außerdem ist zu empfehlen, Kaltkulturen in alten Gewächshäusern und Warmkulturen in neuen Gewächshäusern anzubauen.<sup>110</sup>

Eine Wärmeintegration kann auch über mehrtägige Witterungsschwankungen realisiert werden. Die Überwachung der Temperatursummen ist dabei ein besonders wichtiger Bestandteil. Das Programm zur Korrektur des Heizungssollwertes nach der Differenz zwischen den erwarteten (langjährigen Mitteln) und tatsächlichen Außentemperatur wird als „dynamische Außentemperaturkorrektur (dATKorrektur)“ bezeichnet. Versuche in Pillnitz haben bei Frühjahrs- und Herbstkulturen ein Einsparpotenzial von 15 bis 20 Prozent ergeben, ohne Kulturzeitverlängerung oder Qualitätsverluste zu erzielen.<sup>111</sup>

Dem Wachstumsfaktor „Licht“ wird der größte Einfluss auf die Pflanzenentwicklung zugeordnet. Diese Tatsache kann genutzt werden, indem der Pflanze Wärme und CO<sub>2</sub> dann angeboten wird, wenn sie diese auch verwerten kann. Bei ungünstigen Lichtverhältnissen wird nur eine pflanzenspezifische Temperaturuntergrenze gefahren. Das in Dänemark entwickelte Intelligrow®-Verfahren basiert auf einer Temperaturführung nach Licht und entsprechender Photosyntheseleistung der Pflanzen. In lichtschwacher Zeit werden die Temperaturen über das bisherige Maß hinaus abgesenkt, um Heizenergie zu sparen. Diese Heizungssollwertregelung ermöglicht im Winter und in den Übergangsjahreszeiten Energieeinsparungen von bis zu 40 Prozent. Die durchgeführten Versuche mit Pelargonien in Weihenstephan bestätigen die dänischen Ergebnisse.<sup>112</sup> Dies sind erste Schritte zu einer Prozesssteuerung mit mehrfaktorieller Optimierung der Wachstumsfaktoren einerseits und der energierelevanten Prozesseinstellungen andererseits.

Bei sinkenden Preisen für Hardware sollte abweichend von der bisherigen Meinung auch moderne Regelungstechnik für ältere Gewächshäuser vorgesehen werden. Mit entsprechenden Algorithmen könnten dadurch Maßnahmen der baulichen Wärmeisolierung bewertet und auf die Klimaführung ausgerichtet werden.

#### **4.1.2 Kulturmaßnahmen zur Energiekostensenkung**

Wie dargestellt, lässt sich durch Anpassungen bei der Ausstattung der Häuser der Energiebedarf deutlich reduzieren. Die Höhe der Heizkosten ist aber vor allen Dingen auch vom Produktionsprogramm des Betriebes abhängig. Die Auswahl einzelner Kulturen für das Produktionsprogramm beruht dabei auf zahlreichen betriebsspezifischen Faktoren, wie etwa den Absatzmärkten, den Preisen in Abhängigkeit des

---

<sup>109</sup> VGL. LUDOLPH 2006

<sup>110</sup> VGL. LUDEWIG 2006

<sup>111</sup> VGL. WARTENBERG 2004, 2006

<sup>112</sup> VGL. 41. WEIHENSTEPHANER ZIERPFLANZENTAG 2006



Vermarktungszeitraumes, der Betriebsausstattung, der Flächenauslastung und dem Know-how der Unternehmer/Mitarbeiter. Bei zahlreichen Kulturen werden in der Forschung Ansätze diskutiert, durch Anpassungen des Kulturverfahrens eine Senkung des Wärmebedarfs zu erreichen. Eine Energieeinsparung soll dabei im Wesentlichen durch verringerte Temperatursollwerte oder Kulturzeitverkürzungen in den Hauptheizperioden erzielt werden. So ergibt sich beispielsweise bei einem Absenken der Temperatur von 20° C auf 19° C eine Einsparung der Heizkosten von rund 10 Prozent.<sup>113</sup>

Auch durch Ertragssteigerungen lässt sich das Verhältnis von Energiekosten/Mengeneinheit produzierter Ware verbessern. Dennoch sind durch die Veränderung pflanzenbaulicher Maßnahmen hinsichtlich der Energieeinsparung keine außerordentlichen Ergebnisse zu erzielen, weil Pflanzen biologische Systeme sind, die für ihre Entwicklungsprozesse eine bestimmte Wärmemenge benötigen.<sup>114</sup> Im Folgenden werden verschiedene Ansätze dargestellt.

#### Kulturzeitverkürzung und Kaltkultur

Einer der intensiv diskutierten Punkte ist die Möglichkeit, den Kulturverlauf so zu verändern, dass die heizkostenintensiven Zeiten möglichst kurz sind. LUDOLPH (2005) zeigte beispielsweise die Auswirkungen auf die Heizkosten für verschiedene Pelargonienätze, die zu unterschiedlichen Zeiten (1. bis 11. KW) getopft wurden, aber alle Anfang Mai verkaufsbereit sein sollten. Die Ist-Temperaturen über den gesamten Kulturzeitraum bewegten sich zwischen 16 °C beim ersten Satz bis zu 21 °C beim letzten Satz. Obwohl die ersten Sätze relativ kühl kultiviert wurden, lagen die Heizenergiekosten höher als in den letzten Sätzen (Tabelle 10). Allerdings waren die Pflanzen der Sätze, die nach der 7. Kalenderwoche getopft wurden, auch deutlich kleiner als die zu einem früheren Zeitpunkt getopften Pflanzen.<sup>115</sup>

**Tabelle 10: Kalkulierte Heizkosten für verschiedene Pelargonienätze mittels Hortex<sup>116</sup>**

| Topftermin (KW) | Topfgröße (cm) | Pfl./Nm_Beginn/<br>Rücken/Endstand | Verkaufsbeginn<br>(KW) | Heizkosten pro<br>Pflanzen (g) <sup>117</sup> |
|-----------------|----------------|------------------------------------|------------------------|---|
| 1               | 12             | 64/36/18                           | 19                     | 0,38  |
| 4               | 12             | 64/36/18                           | 18                     | 0,34  |
| 5               | 11             | 81/40/22                           | 18                     | 0,28  |
| 7               | 11             | 81/42/28                           | 18                     | 0,22  |
| 9               | 10             | 100/50/30                          | 18                     | 0,15  |
| 11              | 10             | 100/50/32                          | 19                     | 0,11  |

Eine weitere Möglichkeit wird im Einsatz von Zusatzlicht gesehen. So hat beispielsweise LÜBCKE (2004) diese Möglichkeit vor dem Hintergrund einer Vorverlegung des Verkaufszeitpunktes für Beet- und Balkonpflanzen (Petunien und Fuchsien) von Ende April/Anfang Mai auf Mitte April untersucht.<sup>118</sup> Dabei wurden bei angenommen gleichem Verkaufszeitpunkt den Kosten für das Zusatzlicht Einsparungen der Heizkosten und der

<sup>113</sup> VGL. ARBEITSGRUPPE 2001

<sup>114</sup> VGL. LUDOLPH 2005

<sup>115</sup> VGL. LUDOLPH 2005

<sup>116</sup> LUDOLPH 2005

<sup>117</sup> Kalkulationsgrundlagen: Einfachglas, einlagiger Energieschirm, dt. Norm-GH, Norddeutschland, durchschnittliche Winter

<sup>118</sup> VGL. LÜBCKE 2004

anteiligen Kosten für die Flächenbelegung gegenüber gestellt. Als Ergebnis hat sich gezeigt, dass bei einer Verkürzung der Kulturzeit um 14 Tage das Verfahren mit Zusatzbelichtung wirtschaftlich vorteilhafter war. Allerdings sind Auswirkungen der Kulturzeitverkürzungen stark von der Sorte abhängig und die Maßnahmen müssen im gesamten Produktionskontext gesehen werden, weil mögliche Vorteile mit vielen Faktoren (Betriebsmittelpreise, Absatzmengenpreise, Produktpreise etc.) im Zusammenhang stehen. Tendenziell lassen sich durch die Zusatzbelichtungen bessere Qualitäten erzeugen. Der Einsatz von Zusatzlicht wurde vor allem bei größeren, technisch gut ausgestatteten Produktionsbetrieben als realistische Möglichkeit gesehen.

Ähnliche Ergebnisse haben sich auch in Untersuchungen im Raum Sachsen gezeigt.<sup>119</sup>

Für die Produktion von Beet- und Balkonpflanzen sind zwei Kulturverfahren praxisüblich, Kalt- und Warmkultur. Bei der Kaltkultur werden für bestimmte Wachstumsphasen niedrige Heiztemperaturen vorgegeben. Die Vorteile der Kaltkultur liegen in einem frühen Vermarktungstermin, einem kompakten Pflanzenaufbau mit zahlreichen Seitentrieben und erhöhter Blühwilligkeit. Die Normalkultur zeichnet sich durch eine kürzere Kulturzeit und bessere Anwachsrate durch bereits bewurzelte Jungpflanzen aus.<sup>120</sup> Allerdings ergeben sich durch eine Kaltkultur, und somit einem geringeren Temperaturniveau, nicht zwangsläufig Kostenvorteile. So haben Beispielberechnungen bei Pelargonien gezeigt, dass bedingt durch die relativ große Flächenbelegung die Kaltkultur in Bezug auf die Heizkosten aufwändiger ist als die Normalkultur. Jedoch sollen beide Kulturvarianten nicht isoliert von der weiteren Anbauplanung und vom übrigen Betriebsablauf verglichen werden.

Ein anderes Beispiel: Bei der ‚Normalkultur‘ von Poinsettien ergibt sich aufgrund der Kulturzeit ein hoher Heizbedarf in den Monaten Oktober und November. In den heizintensiven Monaten lassen sich die Sollwerte soweit absenken und die natürliche Wärme im Juli/August kann in dem Maße genutzt werden, dass die Poinsettien theoretisch nahezu auch ohne Heizung zu kultivieren wären. Dabei sind allerdings verschiedene Faktoren zu beachten:<sup>121</sup>

- frühzeitige Belegung der Gewächshausfläche, auf der grundsätzlich auch noch andere Produkte kultiviert werden könnten,
- Ausgleich der zu geringen Pflanzengröße in einstrahlungsarmen, kühlen Sommern eventuell durch ein späteres „teueres“ Heizen
- zum Ende der Kultur ist die Gefahr von Schäden durch Taupunktunterschreitungen und Botrytis sehr hoch,
- intensive Kontrolle der Luftfeuchtigkeit.

KRUSCHE (2004) untersuchte die betriebswirtschaftlichen Aspekte einer Kaltkultur von Poinsettien und kam zu dem Ergebnis, dass sich bei hohen Energiekosten und niedrigen Kosten für die Produktionsfläche Kostenvorteile ergeben können. In der Untersuchung wurde im besten Fall eine Kostensenkung um 0,15 € je Pflanze erreicht. Allerdings ergaben sich im schlechtesten Fall Mehrkosten durch die Kaltkultur pro Pflanze von 0,17 €. Bei steigenden Energiepreisen wird eine Kaltkultur in Abstimmung mit den betrieblichen Gegebenheiten an Bedeutung gewinnen.<sup>122</sup>

---

<sup>119</sup> VGL. DALLMANN 2006

<sup>120</sup> VGL. LANGE ET AL. 2002

<sup>121</sup> VGL. LUDOLPH 2005

<sup>122</sup> VGL. KRUSCHE 2004

### Stufenproduktion

Auch durch die Verwendung von Halbfertigware lässt sich eine deutliche Kulturzeitverkürzung erreichen. Jungpflanzenbetriebe bieten bei verschiedenen Kulturen für die Zierpflanzenproduktion schon seit Jahren neben Jungpflanzen auch Halbfertigware für die Produktion an. Durch die kürzeren Standzeiten ergibt sich eine Reduzierung der Heizkosten wie die folgende Abbildung für eine Pelargonienkultur verdeutlicht.

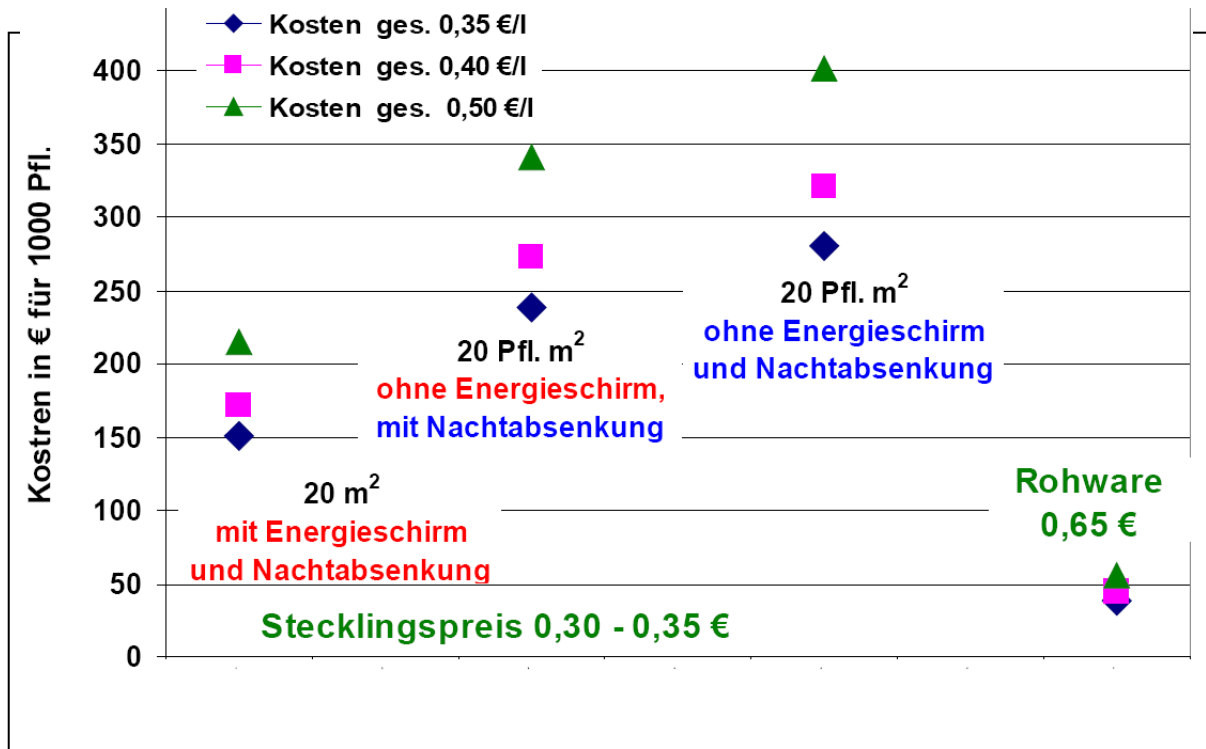


Abbildung 47: Energiekosten für 1 000 Pflanzen bei einer Normalkultur (6. – 17. Woche) und einer Kultur von Rohware (14. – 17. Woche) (20 Pflanzen je m<sup>2</sup>)<sup>123</sup>

Den Einsparungen bei Heizkosten, Arbeitszeitbedarf und beispielsweise Kulturgefäßen stehen die höheren Kosten für die Rohware entgegen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Preissituation (ohne Mehrwertsteuer, Transportkosten und Lizenzgebühr) für Jungpflanzen und Halbfertigware für Pelargonien- und Poinsettienkulturen. Die Angaben resultieren aus Anfragen bei verschiedenen Jungpflanzenunternehmen:

<sup>123</sup> HETZ 2005

**Tabelle 11: Preisspannen für Jungpflanzen und Halbfertigware, Pelargonien/Poinsettien**

|                             | Jungpflanzen / Rohware       | Preis in €/Stück           |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Pelargonien Zonale/Peltatum | Jungpfl. mit Topfballen      | 0,20 - 0,34 <sup>124</sup> |
|                             | 12 cm Topf                   | 0,55 - 0,68                |
|                             | Jungpfl. mit Topfballen      | 0,25 - 0,40                |
| Poinsettia                  | Mehrtrieber (12 cm Topf)     | 1,00 – 1,20                |
|                             | Midi Mehrtrieber (10,5 Topf) | 0,80 – 1,05                |
|                             | Eintrieber (10,5 Topf)       | 0,70 – 0,95                |

Mit steigender Abnahme bieten die Unternehmen in der Regel die Pflanzen zu geringeren Stückkosten an. Dies verdeutlicht an dieser Stelle auch Nachteile kleiner Betriebsstrukturen.

Zu den höheren Pflanzenkosten für die Rohware kommen auch, wenn nicht bei sehr großer Bestellmenge die Ware versandkostenfrei geliefert wird, höhere Preise für den Transport. Während diese bei Jungpflanzen (z. T. in Abhängigkeit von der Entfernung und der Stecklingsart) bei ca. 0,015 €/Stück liegen, muss für Rohware mit Kosten in einer Größenordnung von 0,05 - 0,15 €/Pflanze gerechnet werden.

Die folgenden Beispielrechnungen für Pelargonium zonale Hybriden und für Poinsettien verdeutlichen zunächst bei verschiedenen Heizölpreisen die Kosteneffekte auf Einzelkostenbasis einer „Normalkultur“ im Verhältnis zu einer Kultur mit Halbfertigware. Aufgrund des relativ hohen Wärmebedarfs wurde davon ausgegangen, dass ein Energieschirm vorhanden ist und eine Nachtabenkung der Temperatur stattfindet. Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms Com(putergestützte) Pro(duktionsplanung) 3.0 durchgeführt, wobei die Kulturdaten anhand verschiedener Literaturangaben<sup>125</sup> den klimatischen Bedingungen im Bundesland Sachsen und den oben angegebenen Preisen angepasst wurden.

<sup>124</sup> In Abhängigkeit von der Topfballengröße und der Abnahmemenge

<sup>125</sup> VGL. VAN WOERDEN 2005; KAISER 2005; BAHNMÜLLER 1999; DASING 1998

**Tabelle 12: Beispielkalkulation für eine Kulturführung mit Jungpflanzen und Halbfertigware bei Pelargonium Zonale Hybriden**

| Pelargonium Zonale Hybriden (Angaben bezogen auf 1 000 Pfl)            | Jungpflanzenkultur<br>12er-Topf |       |       | Halbfertigware<br>12er-Topf |       |       |
|--|---------------------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Kulturbeginn   | Woche 07                        |       |       | Woche 17                    |       |       |
| Kulturdauer  | 15 Woche                        |       |       | 5 Wochen                    |       |       |
| Kulturende   | Woche 21                        |       |       | Woche 21                    |       |       |
| Tagesbruttoquadratmeter  | 4.565                           |       |       | 2.067                       |       |       |
| Pflanzen / Nm <sup>2</sup> (Endstand)                                  | 20                              |       |       | 20                          |       |       |
| Kosten Jungpflanzen in €   | 320                             |       |       | 693                         |       |       |
| €/ l Heizöl  | 0,4                             | 0,5   | 0,6   | 0,4                         | 0,5   | 0,6   |
| Heizkosten in €  | 165                             | 206   | 248   | 50                          | 63    | 76    |
| Arbeitskosten (bei 20 €/h) in  | 225                             |       |       | 118                         |       |       |
| Weitere Einzelkosten in € (Düngung, Pflanzenschutz, Kulturgefäße etc.) | 294                             |       |       | 216                         |       |       |
| Summe Einzelkosten bei versch. Heizölkosten in €                       | 0,4                             | 0,5   | 0,6   | 0,4                         | 0,5   | 0,6   |
|  | 1.079                           | 1.120 | 1.162 | 1.117                       | 1.130 | 1.143 |

**Tabelle 13: Beispielkalkulation für eine Kulturführung mit Jungpflanzen und Halbfertigware bei Poinsettien**

| Poinsettien (Angaben bezogen auf 1 000 Pfl)                            | Jungpflanzenkultur<br>12er-Topf |       |       | Halbfertigware<br>12er-Topf |       |       |
|--|---------------------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Kulturbeginn   | Woche 27                        |       |       | Woche 38                    |       |       |
| Kulturdauer  | 18 Wochen                       |       |       | 7 Wochen                    |       |       |
| Kulturende   | Woche 44                        |       |       | Woche 44                    |       |       |
| Tagesbruttoquadratmeter  | 8.334                           |       |       | 4.898                       |       |       |
| Pflanzen / Nm <sup>2</sup> (Endstand)                                  | 12                              |       |       | 12                          |       |       |
| Kosten Jungpflanzen in €   | 336                             |       |       | 1.100                       |       |       |
| €/ l Heizöl  | 0,4                             | 0,5   | 0,6   | 0,4                         | 0,5   | 0,6   |
| Heizkosten in €  | 456                             | 570   | 684   | 349                         | 437   | 524   |
| Arbeitskosten (bei 20 €/h) in  | 326                             |       |       | 182                         |       |       |
| Weitere Einzelkosten in € (Düngung, Pflanzenschutz, Kulturgefäße etc.) | 238                             |       |       | 202                         |       |       |
| Summe Einzelkosten bei versch. Heizölkosten in €                       | 0,4                             | 0,5   | 0,4   | 0,5                         | 0,4   | 0,5   |
|  | 1.356                           | 1.470 | 1.584 | 1.833                       | 1.921 | 2.008 |

Für die Produktion von Pelargonium Zonale Hybriden zeigt sich, dass durch die höheren Preise für die Rohware zumindest bei der betrachteten Ausstattungsvariante des Gewächshauses auch bei höheren Brennstoffpreisen nur sehr geringe Kostenvorteile bei den Einzelkosten entstehen. Bei Poinsettien ergeben sich aufgrund der hohen Rohwarenpreise sogar Mehrkosten.

Weil sich bei Halbfertigware allerdings eine deutlich kürzere Standzeit zeigt, können Vorteile bei den den Kulturen zuzurechnenden anteiligen Gemeinkosten<sup>126</sup> vorliegen. Ausgehend von einem Gemeinkostenanteil von 0,09<sup>127</sup>/Bruttoquadratmeter ergibt sich für die dargestellte Pelargonienkultur mit Halbfertigware ein Kostenvorteil von rund 215 €, bei Poinsettien ergeben sich auch unter der Berücksichtigung der Gemeinkosten keine Kostenvorteile. Der Kostenvorteil bei Pelargonien ist abhängig von der Gesamtproduktionsplanung des Betriebes. Wird eine bestehende Kultur mit Jungpflanzen lediglich durch eine Kultur mit Halbfertigware ersetzt, so sind hier keine Kostenvorteile zu erwarten, weil die verbliebenen Kulturen auch bei kürzerer Standzeit weiterhin die Gemeinkosten tragen müssen. Vorteile treten vor allem dann auf, wenn Halbfertigware zur Optimierung der Flächennutzung eingesetzt wird.

Diese Ergebnisse decken sich auch mit Aussagen von Jungpflanzenbetrieben, die den Einsatz von Halbfertigware insbesondere bei den Betrieben als sinnvoll erachten, die durch ihren Einsatz eine hohe Flächenbelegung erreichen. Aus Sicht der Jungpflanzenbetriebe entsteht durch die Produktion von Rohware ein deutlich höherer Bedarf an Produktionsfläche. Z. T. sehen die Betriebe hier das Problem, dass auch Fertigware in gewissem Umfang produziert werden muss, um die Mehrkosten durch die zusätzliche Fläche zu erwirtschaften. Das entspricht zum einen aber nicht der eigentlichen Betriebsausrichtung und ist zum anderen nicht im Sinne der Jungpflanzen- und Rohwarenkunden.

#### Sortenwahl

Eine weitere Möglichkeit der Energieeinsparung besteht in der Auswahl temperaturtoleranter Arten und Sorten. Durch eine gezielte Auswahl ist ein Kultivierung ohne Kulturzeitverlängerung bei niedrigeren Tagesmitteltemperaturen möglich (Tabelle 14).<sup>128</sup> Die praktische Umsetzung ist jedoch bei vielen Pflanzenarten schwierig, weil oft nur einzelne Sorten einer Serie einen geringeren Wärmebedarf haben oder sonstige Eigenschaften die Sorte nicht sonderlich attraktiv machen.<sup>129</sup>

---

<sup>126</sup> Die Gemeinkosten können je nach Betriebsaustattung sehr stark variieren und hier nur beispielhaft bewertet werden.

<sup>127</sup> VGL. KAISER 2005

<sup>128</sup> VGL. LANGE ET AL. 2002

<sup>129</sup> VGL. LUDOLPH 2005

**Tabelle 14: Zeitraum in Tagen vom letzten Stutzen bis zur Blüte bei verschiedenen Beet- und Balkonpflanzen bei unterschiedlichen Tagesmitteltemperaturen (TMT) <sup>130</sup>**

| Pflanzenart/Sorte                         | TMT<br>18 °C | TMT<br>16 °C | TMT 18 °C<br>4 Wo. 8 °C |
|---|--------------|--------------|-------------------------|
| <i>Argyranthemum frutescens</i> ‚Ella‘    | 9            | 10           | 12                      |
| <i>A. frutescens</i> ‚Butterfly‘          | 12           | 12           | 13                      |
| <i>A. frutescens</i> ‚Vara‘               | 9            | 10           | 11                      |
| <i>Bidens ferulifolia</i> ‚Golden Star‘   | 10,5         | 10,5         | 11                      |
| <i>B. ferulifolia</i> ‚Peter Goldteppich‘ | 9            | 9,5          | 12                      |
| <i>Brachyscome multifida</i> ‚Ultra‘      | 11           | 11           | 11                      |
| <i>Lobelia erinus</i> ‚Azuro‘             | 7            | 7,5          | 9,5                     |
| <i>L. erinus</i> ‚Temptation Dark Blue‘   | 7            | 8            | 10,5                    |
| <i>Petunia-Hybriden</i> ‚Shihi Purple‘    | 6,5          | 7,5          | 9                       |
| <i>Scaevola aemula</i> ‚New Wonder‘       | 11           | 12           | 13                      |
| <i>S. aemula</i> ‚Blue Shamrock‘          | 11           | 12           | 13                      |

Auch der Zeitpunkt der Blüteninduktion, der entscheidend für die Kulturdauer ist, kann beim Gesamtenergieverbrauch der Kultur eine Rolle spielen. Aufgrund der nur sehr geringen Kulturzeitverkürzungen bzw. geringer Temperaturreduzierung im Vergleich zum übrigen Sortiment sind aber keine sehr hohen Energieeinsparpotenziale zu erwarten. Zudem müssen eine Gefährdung der Kultursicherheit in jedem Fall ausgeschlossen und Marktanforderungen berücksichtigt werden. <sup>131</sup>

Bei Poinsettien beispielsweise lässt sich durch die Weiterentwicklung von stärker wachsenden Sorten mit langer kritischer Tageslänge bzw. schneller Brakteen-Entwicklung, wie z.B. ‚Early Millennium‘ oder ‚Silent Night‘ die Zeiträume der heizintensiven Kurztagphase verkürzen. Dennoch scheint fraglich, ob diese Tendenz zu einer befriedigen Marktentwicklung führen wird. <sup>132</sup>

#### Ertragssteigerungen

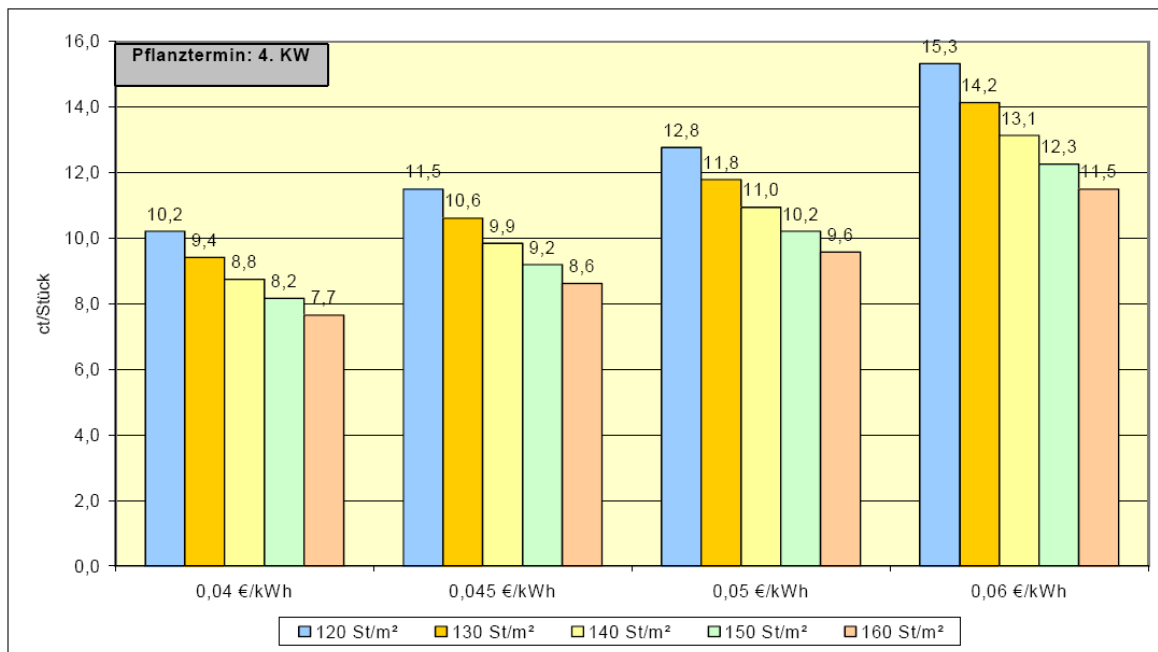
Durch Ertragssteigerungen ist es prinzipiell möglich, den Anteil der Heizkosten an den Stückkosten zu senken, wie exemplarisch auch in Untersuchungen zur Gurken- und Tomatenproduktion in Pillnitz (LATTASCHKE 2006) gezeigt wurde. <sup>133</sup> Wie aus Abbildung 48 zu entnehmen ist, hätte in den Versuchen eine Ertragssteigerung bei Gurken von 120 Stück/m<sup>2</sup> auf z.B. 140 Stück/m<sup>2</sup> bei Energiekosten von 0,04 €/kWh eine Kostenentlastung der anteiligen Energiekosten (pro Gurke) um 1,40 ct/Stück (von 10,20 ct/Gurke auf 8,80 ct/Gurke) bedeutet.

<sup>130</sup> WAWRA 2001

<sup>131</sup> VGL. LANGE ET AL. 2002

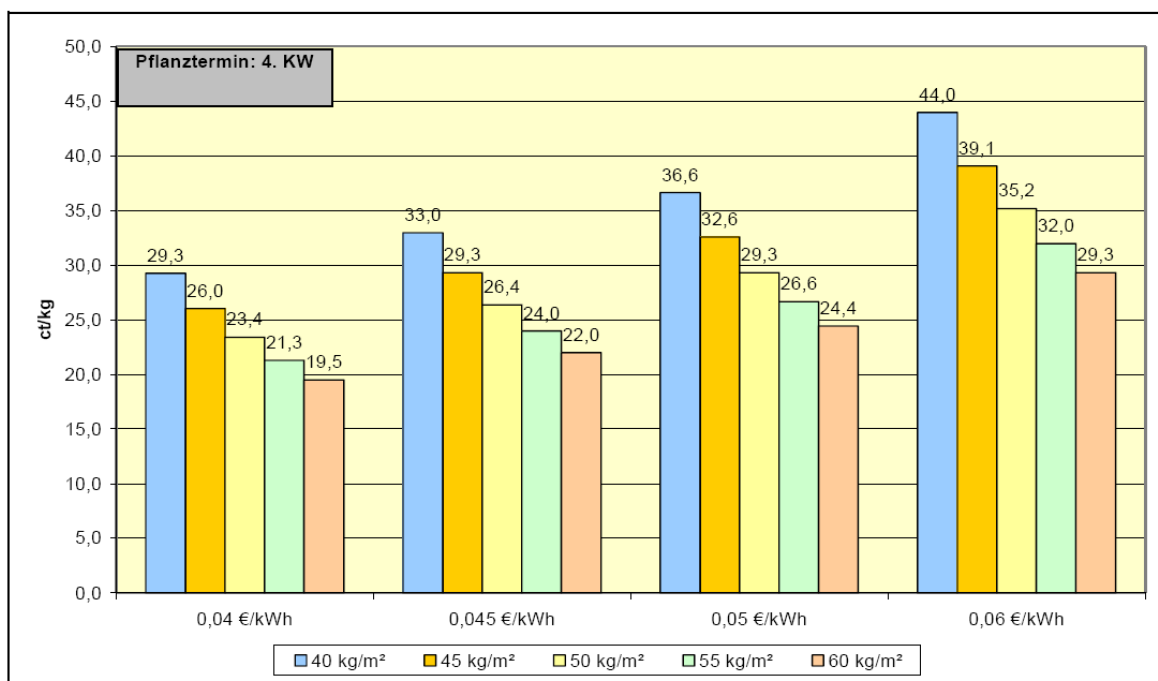
<sup>132</sup> VGL. LUDOLPH 2005

<sup>133</sup> VGL. LATTASCHKE 2006



**Abbildung 48: Beeinflussung der Heizkosten/Stück in der Gurkenproduktion bei unterschiedlichen Ertragsleistungen<sup>134</sup>**

Eine Ertragssteigerung bei Tomaten von 50 kg/m<sup>2</sup> auf z.B. 55 kg/m<sup>2</sup> hätte bei Energiekosten von 0,04 €/kWh eine anteilige Kostenentlastung von 23,4 ct/kg auf 21,3 ct/kg Tomaten ergeben. Das heißt, durch Ertragssteigerung um rund 5 kg/m<sup>2</sup> Tomaten kann der Heizkostenanteil an den Stückkosten bei Tomaten in einer Größenordnung von 15 Prozent gemindert werden (Abbildung 49).



**Abbildung 49: Beeinflussung der Heizkosten/Stück in der Gurkenproduktion bei unterschiedlichen Ertragsleistungen<sup>135</sup>**

<sup>134</sup> LATTAUSCHKE 2006



Die Rentabilität einer Kultur ist allerdings von vielen Faktoren abhängig und für jeden Betrieb individuell zu beantworten. Nur modellhaft können die Produktionskosten verschiedener Kulturmethoden verglichen werden. Eine weitere Möglichkeit der Ertragssteigerung wäre z.B. das Variieren der Topfgröße bei einigen Zierpflanzen. So stellte sich in einer Preiskalkulation der LWG Veitshöchheim die Produktion von Poinsettien in mittleren Topfgrößen (Midis) als interessante Variante gegenüber größeren Qualitäten heraus. KAISER (2005) betont jedoch, dass die Rentabilität der Weihnachtssternkultur von verschiedensten Faktoren abhängig ist. Neben den Energiekosten, der Standzeit und der Standweite der Pflanzen wirken sich auch der Absatzzeitpunkt und die Verderbrate direkt auf die Produktionskosten aus. Am wichtigsten sei es deshalb, die individuellen betrieblichen und absatzpolitischen Verhältnisse zu kennen und jede Entscheidung daran auszurichten.<sup>136</sup>

Zusätzlich zu den bisher genannten Kulturmaßnahmen kann auch durch die Wahl des Bewässerungsverfahrens die Energiesituation beeinflusst werden. So sind beispielsweise trockene Bewässerungsverfahren zu bevorzugen. Wassersparende Systeme und richtig positionierte Düsen können dabei viel bewirken. Auch der Zeitpunkt der Bewässerung ist von Bedeutung, abendliches oder gar nächtliches Bewässern in Kombination mit gleichzeitigem Heizen führt nur zur Verdunstung und erfordert aus Gründen der Pflanzengesundheit Lüften, welches wiederum Energieverluste nach sich zieht. Weiterhin sollte man eine Beheizung der Leerflächen vermeiden oder diese mit Folie abgrenzen sowie einen zügigen Abverkauf von Restbeständen organisieren.

Um zukünftig die Effizienz des Wärmeenergieeinsatzes und auch die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen besser beurteilen und vergleichen zu können, wäre es insgesamt sinnvoller, den Energieverbrauch auf das Produkt zu beziehen, beispielsweise pro Kilo Tomate oder pro Rosenstiel. Dann gingen in die Bewertung neben den aufgeführten technischen Maßnahmen auch eine bessere Flächenausnutzung, kulturtechnische und züchterische Maßnahmen mit ein.<sup>137</sup> Die produktspezifische Bewertung energetischer Maßnahmen sollte zukünftig zu einer Standardmethode im Sinne einer Produktivität des Energieeinsatzes entwickelt werden.

#### **4.1.3 Gemeinsamer Brennstoffeinkauf**

Eine weitere Möglichkeit Heizkosten zu reduzieren, ist der gemeinsame Einkauf von Brennstoffen, vor allem Heizöl. Neben einem Gemeinschaftstank mit hohem logistischem Aufwand wären auch Sammelbestellungen, wie sie für den Privatbereich schon länger empfohlen werden, interessant. Je größer die Gesamtabnahmemenge und je geringer die Anzahl der Lieferstellen ist, desto größer fällt dann der Mengenrabatt beim Preis aus. Bei Privatkunden wird von einer Mindestzahl von drei Teilnehmern ausgegangen. Die Höchstgrenze wird unterschiedlich beziffert. Jede neue Lieferstelle bringt einen geringen Mehraufwand mit sich (administrativ und vor Ort), der die Einsparungen wieder relativieren kann. Einsparungen von 2 ct pro Liter werden als realistisch angesehen.<sup>138</sup> Bei einem Heizenergiebedarf von 20 bis 40 Litern Heizöl je m<sup>2</sup> Glasfläche ergeben sich Einsparungen für eine 2 500 m<sup>2</sup> große Gewächshausfläche von 1 000 bis 2 000 Euro.

Partner werden für Privatkunden schon regional und überregional über Internetforen gefunden. Dies ist vor allem für Abnehmer von Kleinmengen günstig. Beachtet werden muss jedoch, dass eine separate Bezahlung der jeweiligen Unternehmen möglich ist und gefordert wird, damit die Gefahr der gesamtschuldnerischen Haftung für den Einzelnen nicht besteht.

---

<sup>135</sup> LATTAUSCHKE 2006

<sup>136</sup> VGL. KAISER 2005

<sup>137</sup> VGL. TANTAU 2005

<sup>138</sup> VGL. INTERAID LORBEER & KLAPSCHUS GbR 2007

Neben den regionalen Preisschwankungen variieren die Preise innerhalb eines Jahres um bis zu 50 Prozent<sup>139</sup>, der Einkaufszeitpunkt kann somit auch einen großen Einfluss auf die Brennstoffkosten haben.

#### **4.2 Verwendung anderer Energieträger zur Energieerzeugung**

Neben den vorher beschriebenen Optimierungsmöglichkeiten bestehender Gewächshäuser und weiteren Ansätzen zur Verbesserung der Energieeffizienz, kann auch die Entscheidung für ein neues Heizungssystem in Abhängigkeit der Betriebsstrukturen Kosteneinsparungen erbringen. Insbesondere für Betriebe, die bereits über relativ moderne Gewächshausanlagen verfügen, kapitalintensive Umrüstungen leisten können bzw. wenn eine Erneuerung der Heizanlage ansteht, ist bei steigenden Energiepreisen für Gas und Öl eine Umstellung der Heizungsanlage auf andere Energieträger als Alternative zu sehen.

Derzeit stellen vor allem Öl und Gas die hauptsächlich genutzten Energieträger im Unterglasanbau in Sachsen dar (vgl. Kapitel 3.2). In den letzten Jahren sind aber verstärkt biogene Brennstoffe in der Diskussion. Diese Entwicklung korrespondiert mit dem Ziel des Freistaates Sachsens, bis zum Jahr 2010 den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Bereichen Verkehr, Privathaushalt, Kleinverbraucher und Industrie (ohne Großfeuerungsanlagen) um 2,5 Mio. Tonnen gegenüber 1998 zu senken. Im Zeitraum von 2005 bis 2010 sollen 5 Prozent des Endenergieverbrauches aus erneuerbaren Energien gedeckt werden (SCHWARZE, IN GRUNERT ET AL. 2004).

Betriebe, die eine Erneuerung, bzw. Modernisierung der Heizungsanlage benötigen, befinden sich zunächst in einer „Make“ oder „Buy“ Entscheidungssituation. Soll ein Heizungssystem selber angeschafft und betrieben werden oder soll über ein Contractingmodell bzw. soweit möglich, über die Nutzung von Abwärme ein reiner Wärmeeinkauf erfolgen? Welche Lösung für einen Betrieb vorteilhaft ist, lässt sich letztlich nur in Abhängigkeit der spezifischen Betriebssituation beantworten.

Während in Kapitel 4.3 auf Contractingmodelle und Möglichkeiten des Wärmeeinkaufs sowie auf Vor- und Nachteile einer solchen Lösung eingegangen wird, sollen zunächst Alternativen zu einer Gas- und Ölheizung bei einer eigenen Anlagenplanung betrachtet werden. Aufgrund der steigenden politischen und gesellschaftlichen Erfordernisse zur Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emissionen, wird insbesondere eine Biomassenutzung zur Wärmeerzeugung betrachtet. Folgende Bioenergieträger wurden dabei berücksichtigt:

- Feste Biomasse zur Wärmeerzeugung
  - Holz, Stroh, Getreide
- Gasförmige Bioenergieträger zur Strom und Wärmeerzeugung
  - Biogas
- Flüssige Bioenergieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung
  - Pflanzenöl

Insbesondere bei einer Biomassenutzung ergeben sich verschiedene Fördermöglichkeiten, die einen weiteren Anreiz zur Nutzung bieten sollen. So werden beispielsweise auf Bundesebene Biogasanlagen zur Stromerzeugung oder zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung und Biomassefeuerungsanlagen nach dem Marktanreizprogramm 'zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien' gefördert. Im Rahmen des Programms zur Förderung erneuerbarer Energien können Biomasseanlagen zur Wärmeerzeugung, Biogasanlagen ebenso wie beispielsweise Tiefengeothermieanlagen (durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)) über zinsgünstige Darlehen gefördert werden. Zudem bestehen in den einzelnen

---

<sup>139</sup> VGL. ESYOIL GMBH 2007

Ländern Förderprogramme.<sup>140</sup> In Sachsen sind zunächst allerdings 2006 das Agrarinvestitionsförderprogramm (RL 21) und die Förderung der nachhaltigen Entwicklung der Landwirtschaft (RL 51) 2006 ausgelaufen. Über diese Programme wurden im Gartenbau zwischen 2000 und 2005 insgesamt 84 Maßnahmen mit einer Gesamtfördersumme von rund 900 000 € bewilligt. Derzeit sind neue Förderprogramme in Sachsen in Vorbereitung.

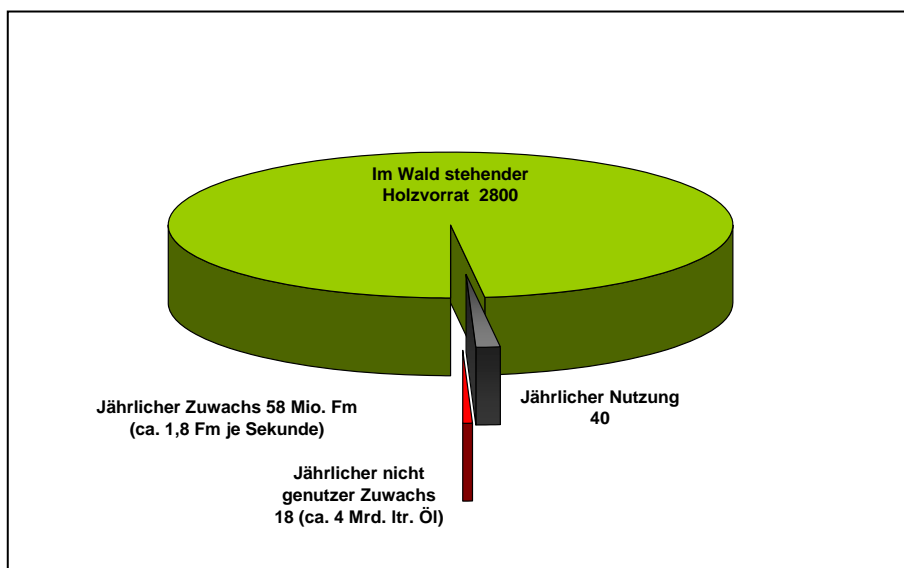
Neben einer Biomassenutzung zeigen sich in den letzten Jahren auch verstärkt Ansätze einer Erdwärmenutzung. In Holland sind bereits verschiedene Modellprojekte zur Gewächshausbeheizung über eine Erdwärmenutzung (beispielsweise über so genannte ‚geschlossene Gewächshäuser‘) in Betrieb bzw. in Planung.

Aufgrund der preislichen Situation hat zudem die Kohlenutzung in den letzten Jahren für den Unterglasanbau wieder an Attraktivität gewonnen. Während eine Wärmeherzeugung mit Holz bereits verstärkt durch Gewächshausbetriebe genutzt wird, stehen Entwicklungsmöglichkeiten wie etwa eine Stroh- oder Getreidenutzung zur Wärmeherzeugung im Gartenbau noch am Anfang.

Neben den jeweiligen technischen Anforderungen, rechtlichen Fragen und einer Potenzialabschätzung gilt es somit, Vor- und Nachteile sowie Entwicklungstendenzen aus gartenbaulicher Sicht aufzuzeigen und Einschätzungen zu einer Übernahme neuer Technologien in die Unternehmen zu ermöglichen. Um neben den technischen Anforderungen auch das Kosteneinsparpotenzial einzuschätzen, werden zudem in Kapitel 6 einige praxisnahe Ansätze für Szenariorechnungen genutzt.

#### 4.2.1 Holz als Energieträger

Der Einsatz von Holz als Energieträger ist nicht neu. Bis ins 18. Jahrhundert war Holz weltweit der wichtigste Brennstoff. In den deutschen Wäldern wächst seit Jahren mehr Holz nach, als eingeschlagen wird. Der Zuwachs abzüglich Einschlag variiert je nach Literaturquellen zwischen 14,6 und 18 Mio. m<sup>3</sup>/a. Der Abbildung 50 sind die Zahlen für den jährlichen Zuwachs und die Nutzung von Holz in Deutschland zu entnehmen.



<sup>140</sup> Vgl. Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2006

## **Abbildung 50: Jährlicher Zuwachs und Nutzung von Holz in Deutschland.** <sup>141</sup>

Nach MARUTZKY (2004) steht im Wald Holz zur Verfügung, das einer energetischen Nutzung zugeführt werden könnte, ohne das Prinzip der Nachhaltigkeit zu verletzen. Die verfügbaren Mengen an Waldholz und Sägenebenprodukten sind ausreichend, um den Rohstoffbedarf der stofflichen Verwertungsbetriebe zu decken.<sup>142</sup> Hier ist zuerst das Waldrestholz zu nennen, das als Schwachholz bei der Ernte und Durchforstung anfällt. Ein nicht zu unterschätzendes Potenzial an Biobrennstoffen stellen zudem die Sägeresthölzer dar. Eine weitere Quelle für Biobrennstoffe ist holziges Landschaftspflegematerial. Allerdings muss die Feuerungsanlage für dieses Material mit hohen Feuchtgehalten und hohen Rindenanteilen geeignet sein. Industrierestholz, das in der Holzverarbeitenden Industrie als stückiges Material anfällt, sowie Hackschnitzel, Späne und Schleifstäube können ebenfalls genutzt werden. Weil dieses Material aus vorgetrocknetem Holz entsteht, liegt der Heizwert höher als bei anderen Holzbrennstoffen.<sup>143</sup>

Als besonders günstig und preiswert im Brennstoffsortiment kann Altholz, das unbelastet z. B. aus Holzverpackungen zur Verfügung steht, eingesetzt werden. Auch im Gartenbau fallen im Erwerbsobstanbau jährlich beträchtliche Mengen Schnitt- und Rodungsholz an. Hier besteht vor allem das Problem, das häufig sehr schwache Schnittmaterial kostendeckend zu sammeln und zu transportieren. Bei der Rodung der Obstbäume können anhaftende Erde und Steine im Wurzelbereich Probleme bei der Verbrennung bzw. schon bei der Aufbereitung zu Hackschnitzeln bereiten.<sup>144</sup>

Das Bundesland Sachsen verfügt über knapp 516 600 Hektar Wald und ist damit zu rund 28 Prozent bewaldet. Im bundesweiten Vergleich zählt der Freistaat deswegen zu den waldarmen Ländern. Den Besitz an Wald teilen sich private Personen, Körperschaften (z. B. Kommunen) und der Staat (Bund, Land). Die flächenmäßig größten Betriebe gehören dem Staat.

In Sachsens Wäldern dominieren junge und mittelalte Fichten- und Kiefernbestände. Auf Grund deren hohen Anfälligkeit gegenüber Schneebruch, Sturm, Feuer und Emissionen, aber auch gegenüber Schädlingen, investiert der Freistaat Sachsen in einen langfristigen Waldumbau, dessen Ziel insbesondere die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung des Waldes ist.

---

<sup>141</sup> BOLLMANN 2005

<sup>142</sup> Vgl. Marutzky 2004

<sup>143</sup> Vgl. Brökeland 2001

<sup>144</sup> Vgl. Brökeland 2001

**Tabelle 15: Durch Schäden verursachter Holzeinschlag in Sachsen, 2005 (in m<sup>3</sup>)<sup>145</sup>**

| Jahr<br>Einschlagsursache         | Insgesamt      | Eiche,<br>Roteiche | Buche und<br>sonstiges<br>Laubholz | Fichte, Tanne,<br>Douglasie und<br>sonstiges<br>Nadelholz | Kiefer,<br>Lärche |
|-----------------------------------|----------------|--------------------|------------------------------------|---|-------------------|
| Wind, Sturm                       | 237 473        | 124                | 2 669                              | 232 609   | 2 071             |
| Schnee, Duft <sup>146</sup>       | 22 352         | 11                 | 397                                | 20 652  | 1 293             |
| Insekten                          | 12 415         | 73                 | 54                                 | 11 070  | 1 218             |
| Sonstige herkömmliche<br>Ursachen | 7 393          | 148                | 1 464                              | 5 273   | 509               |
| Neuartige Waldschäden             | 673            | 75                 | 167                                | 51  | 380               |
| <b>Insgesamt</b>                  | <b>280 307</b> | <b>431</b>         | <b>4 751</b>                       | <b>269 655</b>  | <b>5 471</b>      |

Betrachtet man die Daten für Einschlag und dessen Verkauf in Sachsen, dann wird ersichtlich, dass noch ein deutliches Nutzungspotenzial besteht (Tabelle 16). Hinzu kommen die vorher erwähnten Quellen für Schwachholz, Sägerestholzer, Industrierestholz und Landschaftspflegeholz. Zu berücksichtigen sind weiterhin auch natürliche Ressourcen von Nachbarländern wie Bayern, Thüringen oder der Tschechischen Republik, die ein enormes Potenzial an Wäldern und dem Energieträger Holz haben.

**Tabelle 16: Holzeinschlag und -verkauf in Sachsen nach Waldbesitzarten, 2005 (in m<sup>3</sup> ohne Rinde).<sup>147</sup>**

| Jahr<br>Waldbesitzart | Insgesamt | Bundeswald | Landeswald | Körperschaftswald | Privatwald <sup>148</sup> |
|-----------------------|-----------|------------|------------|-------------------|---------------------------|
| Einschlag             | 1.441.678 | 76.725     | 1.163 789  | 133.517           | 67.647                    |
| Verkauf               | 1.354.186 | 73.807     | 1.087 863  | 115.240           | 77.276                    |
| Differenz             | 87.492    | 2.918      | 75.926     | 18.277            | - 9.629                   |

Insgesamt kann für Sachsen nach neueren Untersuchungen von folgendem Potenzial ausgegangen werden (Tabelle 17).

<sup>145</sup> STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2007

<sup>146</sup> Unter der Einschlagsursache "Duft" versteht man die auf Bäumen niedergeschlagene Feuchtigkeit in Windrichtung.

<sup>147</sup> In Anlehnung an die Daten des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen 2007a

<sup>148</sup> Es handelt sich nur um Holz, welches über die Holzbuchführung der Landesforstverwaltungen vermarktet wurde.

**Tabelle 17: Ertrag und technisch nutzbares Potenzial bei Holz in Sachsen** <sup>149</sup>

| Brennstoff              | Ertrag<br>Trockenmasse<br>(t ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) | Nachhaltiges technisches<br>Potenzial<br>(t a <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|---|---|
| Waldrestholz            | 0,5-1,2   | 290.000   |
| Plantagenholz (Pappel)  | 10-14   |   |
| Miscanthus (ab 3. Jahr) | 15-20   | 135.000   |
| Industrieholz           | -   | 90.000  |

Ein Aufwärtstrend ist beim Anbau von schnellwachsenden Gehölzen auf stillgelegten Flächen zu registrieren. Im zwei- bis 10-jährigen Umtrieb werden Schwachholzsortimente erzeugt, die unter anderem auch als Brennstoff verwendet werden können. Diese Form des Anbaus unterscheidet sich von der forstlichen Nutzung durch wesentlich höhere Stammzahlen pro Hektar, geringere Stammdurchmesser und Stammeinzelgewichte. Sehr gute Erfahrungen im Kurzumtrieb werden dabei mit Pappeln und Weiden erzielt. Aber auch Robinie, Erle und Birke können dafür angebaut werden. Die Kultivierung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb ist noch eine sehr junge Anbauform in der Landwirtschaft. Nach gegenwärtigem Stand werden in Deutschland 197 ha (Niedersachsen, Sachsen, Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg) angebaut. Zur Substitution von 1 000 l Heizöl sind 2,3 t Kurzumtriebsplantagenholz notwendig.<sup>150</sup> Nach PALLAST et al. (2006) rückt jedoch der Anbau in großem Stil der schnellwachsenden Baumarten in Deutschland nur bei sehr optimistischen Grundannahmen in die Nähe der Wirtschaftlichkeit.<sup>151</sup>

Lagerraumbedarf/Bauliche und logistische Voraussetzungen

Neben der Abschätzung der Wirtschaftlichkeit im Verhältnis zu anderen Heizungssystemen ist auch der logistische Aufwand beim Heizen mit Holz zu beachten. Grundsätzlich ist aufgrund der geringeren Dichte und des geringeren Heizwertes von einem höheren Lagerraum- und Transportraumbedarf gegenüber Heizöl auszugehen.

**Tabelle 18: Schüttdichten verschiedener Holzbrennstoffe** <sup>152</sup>

| Form     | Art / Sorte   | Dichte kg/m <sup>3</sup> |
|----------|---------------|--------------------------|
| Sägemehl | Holz          | 160-180                  |
| Hackgut  | Buche         | 250-260                  |
| Pellets  | Holz u. Stroh | 400-650                  |

Ausreichender Platz für den Versorgungsbunker und die Verkehrsflächen für die Anlieferung sind erforderlich. Bei einem 2 500 m<sup>2</sup> großen Gewächshaus mit überwiegend Warmhauskulturen ergeben sich bei einem Grundlastbetrieb für den Biomassekessel überschlägig folgende Werte:

<sup>149</sup> GRUNERT ET AL. 2004

<sup>150</sup> VGL. RÖHRICHT/RUSCHER 2004

<sup>151</sup> VGL. PALLAST ET AL. 2006

<sup>152</sup> HERING 2005

**Tabelle 19: Brennstoff- und Lagerraumbedarf von Holz**

| Brennstoff- / Lagerraumbedarf Stroh<br>( 2 500 m <sup>3</sup> GWH, überwiegend Warmhaus) |                      |                    |
|--|----------------------|--------------------|
|  | Hackgut              | Holzpellets        |
| Brennstoffbedarf in t  | 400 t                | 300 t              |
| Lager-/Transportraumbedarf gesamt in m <sup>3</sup>                                      | 1.100 m <sup>3</sup> | 500 m <sup>3</sup> |
| Anzahl Lkw Transporte (80 m <sup>3</sup> / 24 t Nutzlast)                                | 23                   | 13                 |

Bei der Lagerung von Holz, aber auch anderen biogenen Brennstoffen wie Stroh oder Getreidem, besteht die Gefahr von Qualitätseinbußen und Substanzverlusten von 1 – 20 Prozent jährlich in Abhängigkeit des Ausgangsmaterials und der Lagerungsart durch biologische Abbauprozesse. Eine Minimierung lässt sich erreichen, wenn das Ausgangsmaterial einen möglichst geringen Wassergehalt aufweist und keine Wiederbefeuchtung stattfindet. Auch eine grobe Materialstruktur kann hier Vorteile erbringen.

Zu unterscheiden sind eine Bodenlagerung im Freien mit oder ohne Witterungsschutz und eine Gebäudelagerung. Bei Holzhackschnitzeln (beispielsweise auch bei Stroh) sollte möglichst eine witterungsgeschützte Lagerung genutzt werden. Unterirdische Brennstoffbunker können bei Holzhackschnitzeln Vorteile bei der Befüllung direkt aus dem Transportfahrzeug bieten. Für schüttfähige Brennstoffe (beispielsweise Holz-/Strohpellets) werden oftmals Hochsilos verwendet, in die die Brennstoffe mit Hilfe von Druckluft eingeblasen werden, weil hier der Brennstoffaustrag bei guter Rieselfähigkeit ohne weiteres Austragsystem realisiert werden kann.<sup>153</sup>

#### Asche/Emissionen

Die Vorteile von Holz gegenüber fossilen Energieträgern liegen darin, dass Holz ein nachwachsender Rohstoff ist, der in der Regel aus einer nachhaltigen Waldwirtschaft oder der Landschaftspflege stammt. Die Verbrennung ist kohlendioxidneutral und es entsteht wenig Schwefeldioxid. Insgesamt produzieren moderne Holzheizungen nur geringe Emissionen.<sup>154</sup> Bei Laubholz liegen die Aschegehalte bei 0,6 und bei Nadelholz bei 0,8 Prozent d. Trockenmasse (TM). Pappeln weisen einen Rohaschegehalt von ca. 2 Prozent d. TM auf.<sup>155</sup> In der Regel sind die aktuellen Staubgrenzwerte (bis 1 000 kW-Anlagen) ohne eine zusätzliche Rauchgasreinigung einhaltbar.

#### Rechtliche Rahmenbedingungen

Holzfeuerungsanlagen fallen erst ab einer Kesselgröße von 1 000 kW unter die strengeren Abgasgrenzwerte der ‚Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft‘ (TA-Luft). Darunter gelten die Emissionsgrenzwerte der 1. Bundesimmissionsschutz Verordnung (BImSchV). Die folgende Tabelle zeigt die Grenzwerte auf.

<sup>153</sup> VGL. HARTMANN 2001

<sup>154</sup> MELRBW 2005

<sup>155</sup> VGL. IBS INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER 2006; HERING 2005

**Tabelle 20: Relevante Emissionsgrenzwerte beim Einsatz von unbehandeltem Holz (nach 1. BImSchV bzw. TA-Luft) <sup>156</sup>**

| Anlagengröße  | Relevante Vorschrift | Bezugs-sauerstoff (Vol.%) | Emissionsgrenzwerte                 |   |  |   |  |  |
|---|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|--|---|--|--|
|   |                      |                           | CO<br>g/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | Staub<br>mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | Ges.-C<br>mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | NO <sub>x</sub><br>mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | SO <sub>2</sub><br>g/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> |  |
| <b>Emissionsgrenzwerte bei der Verfeuerung von unbehandeltem Holz</b> |                      |                           |                                     |   |  |   |  |  |
| <b>&lt; 15 kW</b>   | Keine Emis           | sionsbeschrän             | kungen                              |   |  |   |  |  |
| <b>15-50 kW</b>   | 1. BImSchV           | 13                        | 4                                   | 150                                     | -  | -   | -  |  |
| <b>50-150 kW</b>  | 1. BImSchV           | 13                        | 2                                   | 150                                     | -  | -   | -  |  |
| <b>150-500 kW</b>   | 1. BImSchV           | 13                        | 1                                   | 150                                     | -  | -   | -  |  |
| <b>500-1000 kW</b>  | 1. BImSchV           | 13                        | 0,5                                 | 150                                     | -  | -   | -  |  |
| <b>1-2,5 kW</b>   | TA-Luft              | 11                        | 0,15                                | 100                                     | 10                                       | 250   | 2,0  |  |

Daneben sind für alle neu zu errichtenden Feuerungsanlagen Vorgaben der Landesbauverordnung und Feuerungsverordnung zu berücksichtigen. In der gartenbaulichen Praxis sind sowohl Heizungsanlagen auf Pelletbasis als auch auf Hackschnitzelbasis anzutreffen.

#### Holzpellets



**Abbildung 51: Holzpellets <sup>157</sup>**

Holzpellets (Abbildung 51) sind Presslinge aus Holzspänen des holzverarbeitenden Gewerbes. Holzeigene Bindstoffe machen das Pellet formstabil und beständig. Holzpellets sind in Deutschland seit 1996 als Brennstoff in Kleinf Feuerungsanlagen zugelassen. Sie sind, im Gegensatz zu Holz hackschnitzeln, ein nach DIN 51731 genormter Brennstoff. Dies erlaubt eine deutlich vereinfachte Beschaffung der Holzpellets als normierte Brennstoffe mit definierten Eigenschaften, weil eine eigene Aufbereitung oder eine Überwachung der angelieferten Brennstoffqualität entfällt. <sup>158</sup>

<sup>156</sup> VGL. HERING 2004

<sup>157</sup> RUHM 2006

<sup>158</sup> VGL. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. 2006



Die wichtigsten Kriterien für die Pelletqualität sind folgende:

- Heizwert 18 MJ/kg (ca. 5 kWh/kg)
- Schüttgewicht 650 kg/Schüttkubikmeter
- Spezifisches Gewicht > 1,12 kg/m<sup>2</sup>
- Durchmesser 4 - 10 mm
- Länge 20 - 50 mm
- Aschegehalt < 0,5 Prozent
- Presshilfsmittel (Stärke) < 2 Prozent
- Abrieb < 2,3 Prozent<sup>159</sup>

Ein bedeutender Vorteil der Holzpellets ist die gleichmäßige geometrische Beschaffenheit, wodurch sich Transportvorteile ergeben (Nutzung von Tankfahrzeugen) und das Einblasen in Lagersilos vom Fahrzeug aus ermöglicht wird.



**Abbildung 52: Anschluss zum Einblasen von Holzpellets in den Lagerraum<sup>160</sup>**

Die gute Rieselfähigkeit und die dadurch geringe Neigung zum Blockieren von Transporteinrichtungen ermöglichen geringer dimensionierte und kostengünstigere Transportschnecken im Vergleich zu einer Hackschnitzelnutzung.<sup>161</sup>

---

<sup>159</sup> MELRBW 2005

<sup>160</sup> RUHM 2006

<sup>161</sup> VGL. JUSTINGER 2005



**Abbildung 53: Pelletkessel mit (halb-) automatischer Brennstoffzufuhr**<sup>162</sup>

Der Nachteil der Pellets besteht in einem gegenüber Hackschnitzeln höheren Preis, der durch den höheren Energiegehalt der Holzpellets nur teilweise ausgeglichen werden kann.<sup>163</sup>

#### Holzhackschnitzel



**Abbildung 54: Holzhackschnitzel**<sup>164</sup>

Für den Gartenbau sind derzeit Holz hackschnitzel (Abbildung 54) die bedeutendste Alternative.<sup>165</sup> Hackschnitzel werden mit Hilfe eines mechanischen Zerkleinerers aus Rest- und Schwachholz produziert, zum Beispiel aus den Teilen eines Baumes, die sich nicht für die Nutzholzproduktion eignen. Sie haben etwa die Größe einer Streichholz- bzw. Zigaretenschachtel. Eine möglichst einheitliche Größe der Hackschnitzel und ein geringer Wassergehalt sind allerdings Voraussetzungen für den problemlosen Einsatz in den Heizanlagen.<sup>166</sup> Je älter und trockener das Hackgut ist, desto höher ist der effektive Heizwert, weil der zur Verbrennung notwendige Energieaufwand sinkt, während mit geringer werdendem Feuchtegehalt des Materials das gewünschte Wärmeevolumen steigt.<sup>167</sup>

Noch existiert keine einheitliche Norm für Holzbrennstoffe.<sup>168</sup> Das verwendete Feuerungssystem sollte an die Eigenschaften der Hackschnitzel wie beispielsweise Größe, Wassergehalt und Feinanteil angepasst werden. Verunreinigungen wie Steine, Metallteile oder andere Fremdstoffe sind zu vermeiden. Für eine emissionsarme

<sup>162</sup> C.A.R.M.E.N. 2005

<sup>163</sup> VGL. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. 2006

<sup>164</sup> GRUDA 2006

<sup>165</sup> VGL. PHILIPP/BRÖKELAND 2006

<sup>166</sup> VGL. C.A.R.M.E.N. 2004

<sup>167</sup> VGL. WINKHOFF 2005

<sup>168</sup> VGL. BSTMLF 2006

Verbrennung ist es wichtig, nur „gutes“ Holz zu verwenden, also kein Abraumholz und verschmutztes, morsches, faules oder sehr nasses Holz. Auch der Rindenanteil sollte nicht zu hoch sein, weil sich durch Rinde der Ascheanfall erhöht.

Uneinheitliche Brennstoffqualitäten wirken sich auf die Brennstoffzufuhr und den Verbrennungsprozess ungünstig aus. Lagerfähigkeit und Energieausbeute werden durch den Wassergehalt maßgeblich beeinflusst. Dies ist unter anderem bei der Dimensionierung des Lagerplatzes zu berücksichtigen. Sehr wichtig ist die Abstimmung der Heizanlage auf die Hackschnitzelqualität.<sup>169</sup>

#### Technische Anforderungen

Grundsätzlich sind Anlagen zur Verbrennung von Biomasse teurer als vergleichbare Öl- oder Gaskessel. Dagegen ist der Biomasse-Brennstoff deutlich billiger als Heizöl oder Erdgas. Die korrekte Auslegung einer Holzheizanlage setzt detaillierte Kenntnisse über den Jahresverlauf des Wärmebedarfs im Betrieb voraus. Zur besseren Auslastung des Holzkessels wird in der Regel noch ein Spitzenlastkessel, der zumeist mit fossilen Brennstoffen betrieben wird, eingesetzt. Auf diese Weise kann die Anzahl der Volllaststunden erhöht und die Kesseldimension kleiner gewählt werden. In diesem Zuge lassen sich die Lastwechsel verringern, wodurch auch die Emissionen weiter sinken.

Der Biomassekessel wird zumeist so ausgelegt, dass er 30 - 50 Prozent des gesamten Jahresheizleistungsbedarfs bereitstellt. Damit können bei einer entsprechend hohen Anzahl an Vollbenutzungsstunden 80 - 85 Prozent der gesamten Jahreswärmemenge erzeugt werden.<sup>170</sup>

Zudem empfiehlt sich zur Erhöhung der Auslastung des Holzkessels der Einsatz eines Pufferspeichers. Bei einer sinnvollen Ergänzung mit einem Pufferspeicher kann dieser Wert sogar auf über 90 Prozent gesteigert werden. Für die Wärmeerzeugung stehen Rostfeuerung, Unterschubfeuerung und Vorofenfeuerung zur Verfügung.

Holzfeuerungsanlagen haben inzwischen einen hohen technischen Standard in der Bedienung, Beherrschung des Abbrandes und Rauchgasemission erreicht. Einige Angaben über die Feuerungsanlagen sind Tabelle 21 zu entnehmen.

---

<sup>169</sup> VGL. BStMLF 2006

<sup>170</sup> VGL. MELRBW 2005

**Tabelle 21: Feuerungsanlagen und deren Charakteristika: geeigneter Brennstoff, Leistungsbereich und Investitionsbedarf.** <sup>171</sup>

| Feuerungsanlage          | Beschickung | geeigneter Biobrennstoff                        | Feuerungsleistung | Investitionsbedarf<br>€/kW |
|--------------------------|-------------|---|-------------------|----------------------------|
| Voroffenfeuerung         | mechanisch  | Hackschnitzel                                   | 35 kW - 3 MW      | 200 - 150                  |
| Unterschubfeuerung       | mechanisch  | Hackschnitzel, Späne                            | 20 kW - 2 MW      | 204 - 150                  |
| Rostfeuerungen           | mechanisch  | Holz, Rinde, grobstückige Brennstoffe           | Ab 1 MW           | 100 - 256                  |
| Wirbelschichtfeuerung    | mechanisch  | Holz, Rinde, Brennstoffe mit hohem Wassergehalt | Ab 10 MW          | 640 - 460                  |
| Einblasfeuerungen        | pneumatisch | Späne, Staub aus Holz                           | Ab 200 kW         | 300 - 250                  |
| Gas-/ölbefeuerte Anlagen |             |   | 200 kW - 30 MW    | 255 - 92                   |

Die Rostfeuerung eignet sich vor allem für Brennstoffe mit schwankender Qualität (wie z.B. Hackschnitzeln), insbesondere höherem Wassergehalt (bis 50 Prozent). Die Investitionskosten für Rostfeuerungen liegen derzeit noch höher als für vergleichbare Unterschubfeuerungen. Unterschubfeuerungen weisen im Gegensatz zur Rostfeuerung Vorteile bei der Regelbarkeit auf. Lastzustände können vergleichsweise schnell geändert werden. Daher sind diese Anlagen auch für den längeren Betrieb im Teillastbereich prädestiniert. Allerdings stellen sie höhere Anforderungen an die Homogenität der Beschaffenheit des Brennstoffs. Unter anderem muss der Wassergehalt des Brennstoffs niedriger sein als bei Rostfeuerungen. Er darf maximal 40 Prozent betragen. Die Voroffenfeuerung zeichnet sich durch einen separaten Feuerungsraum - einen sog. Entgasungsraum - aus. Der eigentliche Kessel mit dem Flammenraum ist dieser Komponente nachgelagert. Im Vorofen wird der Brennstoff durch dosierte Luftzugabe zum Teil verbrannt. Durch die entstehende Wärme wird der andere Teil des Brennstoffs vergast. Dieses Gasgemisch wird in den Flammraum des Kessels geleitet, wo es unter Zugabe von Sekundärluft verbrennt. Eine Voroffenfeuerung kann auch an einen bestehenden Ölkessel angeschlossen werden. Solche Anlagen zeichnen sich vor allem durch ihre gute Regelbarkeit aus, können allerdings nicht mit allen Hackschnitzelsortimenten betrieben werden. <sup>172</sup>

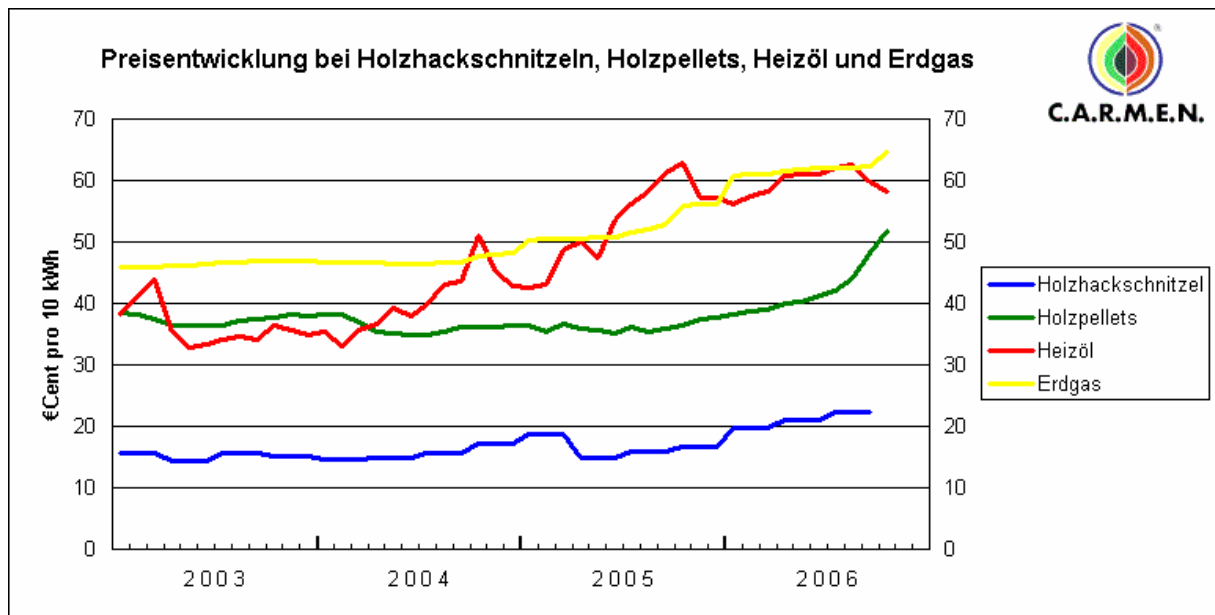
#### Brennstoffpreise/Preisentwicklung

Die Preise für Holzpellets liegen derzeit bei einer Größenordnung von 200 – 260 €/t. Für Holzhackschnitzel ist mit Preisen von 60 – 80 €/t zu rechnen. Der Preis ist dabei aber auch stark von der Qualität des Ausgangsmaterials (u. a. Wassergehalt, Rindenanteil) und den Transportwegen abhängig. <sup>173</sup> Insgesamt hat sich in den letzten Monaten ein deutlicher Anstieg bei den Holzpreisen gezeigt, wobei insbesondere bei den Holzpelletpreisen die deutlichsten Zuwächse zu verzeichnen waren (siehe folgende Abbildung).

<sup>171</sup> RÖHRICHT/RUSCHER 2004

<sup>172</sup> VGL. MELRBW 2005

<sup>173</sup> VGL. MELRBW 2005



**Abbildung 55: Preisentwicklung bei Holzhackschnitteln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas** <sup>174</sup>

Im Durchschnitt sind die Holzpelletpreise von Anfang 2005 bis Ende 2006 um rund 45 Prozent gestiegen. Allerdings gibt es je nach Anbieter auch deutliche Preisunterschiede. Zudem ist in Norddeutschland insgesamt von etwas geringeren Preisen als im Süden auszugehen.

Als Gründe für den deutlichen Preisanstieg ist vor allem die gestiegene Nachfrage zu vermuten. Insbesondere Holzpellets werden auch vermehrt zur Beheizung von Wohnhäusern eingesetzt. Zudem kann eine zunehmende Kopplung des Preises an den Ölpreis angenommen werden. Die weitere Preisentwicklung lässt sich nur schwer einschätzen. Allerdings lassen sich derzeit keine Faktoren erkennen, die der Tendenz der derzeitigen Preisentwicklung entgegenwirken. Gerade bei einer verstärkten Ausrichtung der Holzpreise am Ölpreis ist, auch wenn sich dort die Lage gerade etwas entspannt hat, mittelfristig mit weiteren Preissteigerungen zu rechnen. Zusätzlich haben sich in den letzten Monaten verstärkt Lieferschwierigkeiten gezeigt. Lieferanten können sogar teilweise ihre Vertragslieferungen nicht einhalten. Angesichts der Preis- und Lieferturbulenzen war auch der Abschluss langfristiger Lieferverträge nicht möglich. <sup>175</sup>

Eine ökonomische Bewertung von Holzheizanlagen im Verhältnis zu Heizölanlagen, aufgrund von Kostenvergleichsrechnungen, findet in Kapitel 6 statt.

#### 4.2.2 Kohle

Obwohl ein fossiler Brennstoff, zählt Kohle neben Holz als Ersatz für Erdöl und Erdgas zu den wieder eingesetzten Brennstoffen im Gartenbau.

Der seit nahezu 20 Jahren nicht sehr stark veränderte Kohlepreis und das gute Preis-Leistungsverhältnis (Brennwert, Wärmeevolumen) begünstigen diese Entwicklung. Zudem kann der Brennstoff für Betriebe interessant sein, die bei einer Umstellung ihren Heizbedarf mit Holz nicht rentabel decken können. <sup>176</sup> Kohle, auch Importkohle, steht in ausreichender Menge zur Verfügung und besitzt bei den natürlichen Ressourcen weltweit eindeutig das größte Potenzial.

<sup>174</sup> C.A.R.M.E.N. 2007

<sup>175</sup> VGL. HEISE 2006

<sup>176</sup> VGL. WINKHOFF 2005

Gespräche mit Anlagenanbietern auf der IPM 2007 haben ein zunehmendes Interesse an dieser Technologie bestätigt. Seit zwei Jahren wird wieder von einem Markt für Kohleheizanlagen gesprochen.

### Kohlearten

Einen Überblick über die Klassifizierung der Kohle gibt die Tabelle 22. Im Unterglasanbau werden vorwiegend die feinkörnigen Kohlearten verwendet, weil sie in automatischen Heizanlagen eingesetzt werden können. Hierbei handelt es sich um Flammkohlen in der Körnung 4, Anthrazit NUSS 4 (10 – 20 mm Durchmesser) und 5 (8 – 12 mm) sowie Koks 4. In Einzelfällen wird auch Importkohle 0 - 50 mm eingesetzt.<sup>177</sup> Die Kohlearten unterscheiden sich durch ihren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Je weiter der Inkohlungsprozess fortgeschritten ist, umso geringer ist der Anteil an flüchtigen Bestandteilen und umso höher steigt der Gehalt an reinem Kohlenstoff.

**Tabelle 22: Internationale Klassifikation der Kohle** <sup>178</sup>

| Kohlearten      |            |           | Wassergehalt (%) | Flüchtige Anteile (%) |       |
|-----------------|------------|-----------|------------------|-----------------------|-------|
| Torf            |            |           | .....75.....     |                       |       |
| Weichbraunkohle |            |           | .....35.....     |                       |       |
| Mattbraunkohle  |            | Hartkohle | .....25.....     | 45                    |       |
| Glanzbraunkohle |            |           | .....10.....     |                       |       |
| Flammkohle      | Steinkohle |           | -----            |                       | 40    |
| Gaskohle        |            |           | Kokskohle        |                       | ----- |
| Fettkohle       |            |           |                  | -----                 | 28    |
| Eißkohle        |            |           |                  | -----                 | 19    |
| Magerkohle      |            |           | 3                | 14                    |       |
| Anthrazit       |            |           |                  | 10                    |       |

In Abhängigkeit von der Kohleart ergeben sich unterschiedliche Heizwerte (Tabelle 23).

**Tabelle 23: Heizwert der Kohlearten** <sup>179</sup>

| Kohleart      | Heizwert kWh/kg |
|---------------|-----------------|
| Gasflammkohle | 8,14-8,95       |
| Fettkohle     | 8,60-9,07       |
| Anthrazit     | 8,72-9,19       |
| Koks          | 7,21-8,03       |

### Anthrazitkohle

Die Vorteile von Anthrazitkohle liegen in der sauberen Anlieferung und Verwendung und ihrem sehr hohen Energieinhalt. Zwar ist der Preis pro Tonne relativ hoch (ca. 170 - 190 €/t), aber eben auch ergiebiger und dennoch preiswerter als Heizöl. Den günstigen Brennstoffpreisen stehen jedoch zwei- bis dreimal so hohe Investitionskosten für Kohlefeuerungsanlagen im Vergleich zu Öl- und Gasfeuerungsanlagen gegenüber.

<sup>177</sup> VGL. HEISE 2000

<sup>178</sup> STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT E.V. 2007

<sup>179</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

Zur Verbrennung empfehlen sich neue Anthrazitautomatikkessel, die in verschiedenen Leistungsklassen zur Verfügung stehen.<sup>180</sup> Der Wartungsaufwand einer solchen Anlage ist als gering einzuschätzen. Die Kesselreinigung der Züge erfolgt automatisch je nach Kohlemenge. Es ist pro Jahr nur eine zusätzliche Grundreinigung nötig. Auch die Entaschung erfolgt zumeist automatisch oder halbautomatisch in Übergangszeiten einmal pro Woche, in Volllastzeiten wird alle drei bis vier Tage entleert.<sup>181</sup> Die Qualität von Anthrazit ist abhängig von der Bezugsquelle. Qualitätsmerkmale sind Schwefel- und Staubarmut, um ein sauberes Verbrennen zu gewährleisten. Die deutschen Herkunftsorte bei Anthrazitkohle und Koks besitzen einen etwas höheren Qualitätsstandard.

#### Kokskohle

Koks ist entgaste Steinkohle. Er besteht aus fast reinem Kohlenstoff und hat deshalb gute Brenneigenschaften.<sup>182</sup>

#### Braunkohle

Vor der politischen Wende wurde oft auch Rohbraunkohle als Energieträger für Gewächshausheizung eingesetzt. Die Bedeutung der Braunkohle ist (auch insgesamt im Endenergieverbrauchssektor) in den letzten Jahren aber spürbar gesunken. So wurden im Jahr 2002 im Freistaat Sachsen ca. 27 Mio. t Rohbraunkohle gefördert. Das waren 3,6 Mio. t oder 15,2 Prozent mehr als im Jahr 2000, jedoch nur ein Fünftel der geförderten Menge des Jahres 1990.<sup>183</sup> In den letzten Jahren wird dieser Brennstoff jedoch wieder verstärkt abgebaut (Abbildung 56). Die Verbreitung und Gewinnung von Braunkohle im Freistaat Sachsen sind Abbildung 57 zu entnehmen.

Braunkohle ist preisgünstiger als z.B. Steinkohle, hat jedoch einen niedrigeren Heizwert und einen höheren Aschegehalt. Auch die Umweltverschmutzung durch Schwefel und Braunkohlestaub muss in dieser Hinsicht erwähnt werden. Aufgrund der im Vergleich zu anderen Energieträgern hohen Brennstoffmengen, käme eine Verwendung der Braunkohle für Gewächshausheizungen nur bei automatischer Zufuhr in Frage.<sup>184</sup> Insgesamt ist eine Braunkohlenutzung im Gartenbau dann denkbar, wenn noch bestehende, aber stillgelegte Kesselanlagen zur Verfügung stehen und eine räumliche Nähe zu Anbietern besteht. Allerdings muss auch dann geprüft werden, inwieweit die Anlagen eine Einhaltung aktueller Emissionsgrenzwerte erfüllen, weil ansonsten kostenintensive Nachrüstungen anstehen. Der preiswerte Industriebrennstoff „Braunkohlestaub“, welcher extra hergestellt wird, benötigt spezielle Brenneranlagen. Der Betrieb kann mittels automatischer Dosier- und Fördereinrichtung erfolgen.<sup>185</sup> Die hohen Investitionskosten erfordern jedoch eine hohe Anzahl an Volllaststunden, welche im Gartenbau nicht gegeben sind.<sup>186</sup>

---

<sup>180</sup> VGL. WINKHOFF, 2005

<sup>181</sup> VGL. JENNERICH 2005

<sup>182</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

<sup>183</sup> VGL. O.V. 2003

<sup>184</sup> LAUT AUSSAGE DES FACHGEBIETES GARTENBAUTECHNIK, LANDWIRTSCHAFTLICH-GÄRTNERISCHE FAKULTÄT, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT BERLIN.

<sup>185</sup> VGL. RODENKIRCHEN 2003

<sup>186</sup> LAUT AUSSAGE DER ENERGIE CONSULTING UND SERVICE GMBH

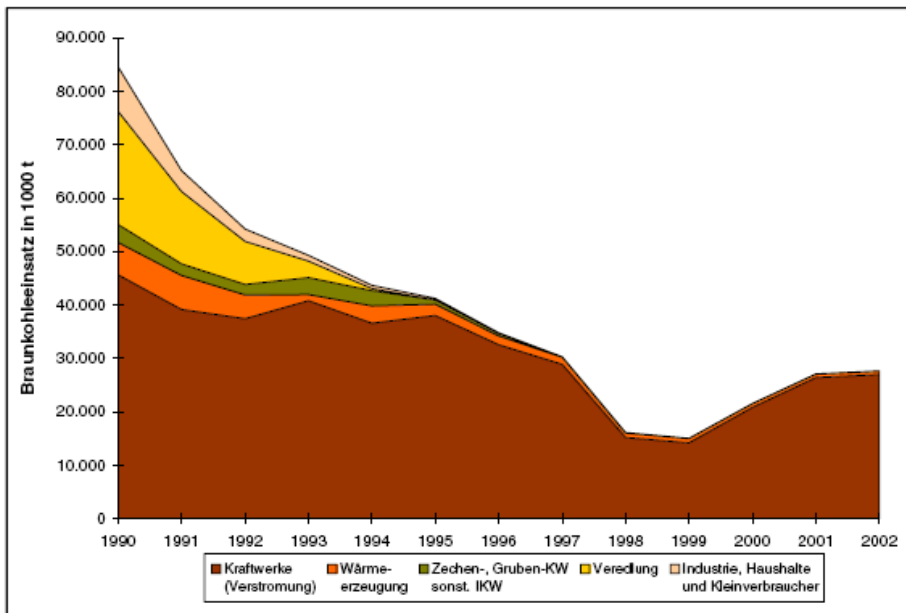


Abbildung 56: Braunkohleförderung in Sachsen (in 1 000 t) <sup>187</sup>

<sup>187</sup> o.V. 2003



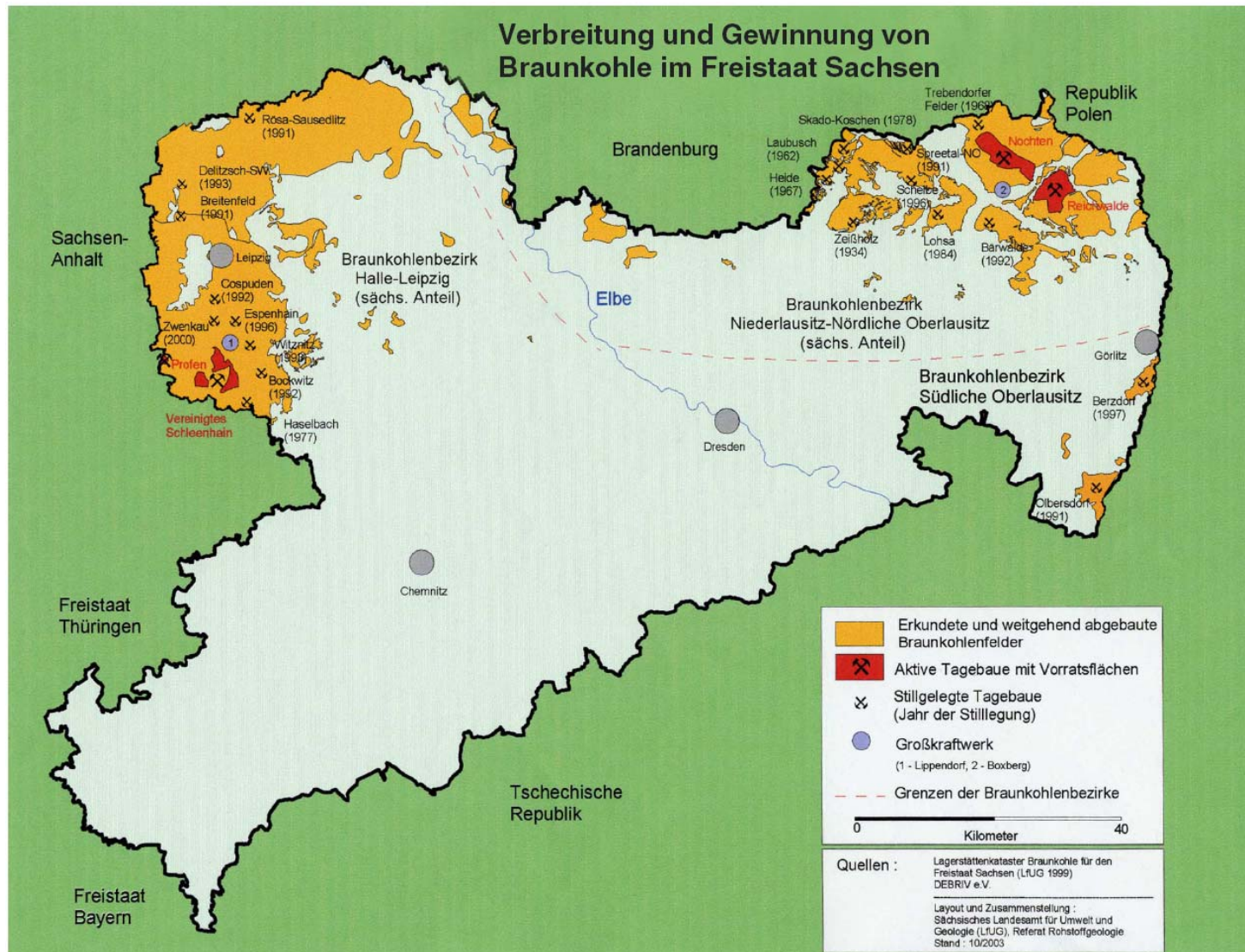


Abbildung 57: Verbreitung und Gewinnung von Braunkohle im Freistaat Sachsen. <sup>188</sup>

### Kohlelagerung

Kohle kann im Freien gelagert werden, weil die Kohle selbst keinen Regen aufnimmt. Es ist deshalb ausreichend, sie mit Folie abzudecken. Bei ausreichendem Platz, der für Gartenbauunternehmen in Siedlungsgebieten nicht immer gegeben ist, ließen sich so große Lagerkapazitäten schaffen. Auch mit ausrangierten Seecontainern, die sich gut leeren lassen, hat man positive Erfahrungen gemacht.<sup>189</sup> Die kompakte Kohlelagerung setzt den Bau von Vorratsbunkern voraus. Als Richtwert für die Mindestgröße eines Vorratsbunkers gilt eine Lkw-Ladung und zusätzliche Reserve. Allerdings erfordert dies einen erhöhten Arbeitsaufwand durch den Transport der Kohle zum Tagesbunker.<sup>190</sup>

### Transportmittel

Bei der Beförderung der Kohle und Verbrennungsrückstände entsteht bei manueller Beschickung ein nicht unwesentlicher Arbeitsaufwand, eine mechanisierte oder automatisierte Ausführung zieht höhere Investitionen nach sich. Auf eine den örtlichen Verhältnissen angepasste, geschickte Lösung dieses Bereiches sollte daher großen Wert gelegt werden. Die Transportmittel lassen sich verschiedenartig kombinieren, so dass von der Teilmechanisierung bis zur vollautomatischen Anlage alle Möglichkeiten gegeben sind.<sup>191</sup>

### Kessel und Feuerungsanlagen

Die verschiedenen Kohlearten verbrennen mit unterschiedlichen Flammlängen. Dies ist bei der Kesselkonstruktion zu berücksichtigen. Kesselanlagen für den Einsatz von Anthrazit oder Koks benötigen z.B. eine wesentlich kleinere Brennkammer als Anlagen, die Gasflammkohle verbrennen. Somit wird durch die Wahl des Kessels auch eine ganz bestimmte Kohlenart und -körnung festgelegt.<sup>192</sup> Ferner unterscheiden sich auch die Kesselanlagen nach der Befuerung. Während für die Gasflammkohle Unterschubfeuerung eingesetzt wird, werden für Koks und Anthrazit halb- oder vollautomatischen Anlagen verwendet).

Tabelle 24).

**Tabelle 24: Kenndaten von Kohlefeuerungen**<sup>193</sup>

| Kesselbauart       | Brennstoff |   |           |   |               |   | Leistungsbereich<br>kW |
|--------------------|------------|---|-----------|---|---------------|---|------------------------|
|                    | Koks       |   | Anthrazit |   | Gasflammkohle |   |                        |
|                    | 3          | 4 | 5         | 6 | 3             | 4 |                        |
| Unterschubfeuerung |            |   |           |   | •             | • |                        |
| Halbautomat        | •          | • | •         | • |               |   |                        |
| Vollautomat        | •          | • | •         | • |               |   |                        |

• = Einsatzmöglichkeiten

Bei einer Nutzung von Anthrazit oder Koks ist in der Regel davon auszugehen, dass der Grenzwert für Staubemissionen von 150 mg/m<sup>3</sup> einzuhalten ist. Bei der Nutzung anderer Kohlearten muss zumeist eine Entstaubung der Abgase vorgenommen werden, wodurch sich deutlich höhere Investitionskosten ergeben können. Pufferspeicher sind aufgrund des trägen Regelverhaltens von Kohleheizungen unbedingt einzusetzen.

<sup>189</sup> VGL. WINKHOFF 2005

<sup>190</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

<sup>191</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

<sup>192</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

<sup>193</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

### Preisentwicklung

Im Gegensatz zu Heizöl und Erdgas, wo die Preise großen Schwankungen unterworfen sind, ist die Preisentwicklung der Steinkohle in den letzten 30 Jahren relativ stabil geblieben. Neben Transport- und Förderkosten spielt aber auch hier die Nachfrage eine Rolle. Im Gegensatz zu Öl unterliegt Kohle aber keinen spekulativen Einflüssen. Der Kohlepreis wird in der Regel in längerfristigen Verträgen ausgehandelt.<sup>194</sup> Eine vergleichende Bewertung aufgrund der Gesamtkosten von Kohleheizanlagen findet in Kapitel 6 statt.

### **4.2.3 Biogasanlagen**

Biogasanlagen spielten in den letzten Jahren insbesondere in landwirtschaftlichen Betrieben eine zunehmende Rolle. Über den Strom- und zum Teil auch Wärmeverkauf (bzw. eine Eigennutzung der Wärme zur Kosteneinsparung) soll die Einkommenssituation im Betrieb verbessert werden. Zumeist kommen dabei vorhandene Substrate wie etwa Gülle und nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz oder wird die Anbauplanung für den Substratbedarf angepasst. Zum Teil werden bei großen Anlagen auch Rohstoffe zugekauft. Der Gärrest kann in der Regel als Dünger für den eigenen Anbau genutzt werden.

Ausschlaggebend für den „Biogasboom“ in der Landwirtschaft der letzten Jahre ist die veränderte Einspeisevergütung des erzeugten Stroms aufgrund der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), das am 01.08.04 in Kraft getreten ist. Es gelten folgende Vergütungssätze:

**Tabelle 25: Vergütung für Biogasanlagen nach dem EEG**<sup>195</sup>

| Vergütung für Strom aus:                                     | Verg.-satz<br>2004<br>(Ct/kWh) | Degression<br>(%) | Verg.-<br>Zeitraum<br>(Jahre) |
|--|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| <b>Biomasse (Neuanlagen) - § 8 EEG</b>                       |                                |                   |                               |
| <b>bis 150 kW</b>  | 11,50                          | 1,5               | 20                            |
| <b>über 150 kW bis 500 kW</b>                                | 9,90                           |                   |                               |
| <b>über 500 kW bis 5 MW</b>                                  | 8,90                           |                   |                               |
| <b>über 5 MW bis 20 MW</b>                                   | 8,40                           |                   |                               |
| <b>Bonus für NawaRo und Wirtschaftsdünger (NawaRo-Bonus)</b> |                                |                   |                               |
| <b>bis 500 kW</b>  | +6,00                          |                   |                               |
| <b>über 500 kW bis 5 MW</b>                                  | +4,00                          |                   |                               |
| <b>Bonus für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Bonus)</b>            |                                |                   |                               |
| <b>bis 20 MW</b>   | +2,00                          |                   |                               |
| <b>Bonus für Innovative Verfahren (Technologie-Bonus)</b>    |                                |                   |                               |
| nur in Verbindung mit KWK-Anlagen                            |                                |                   |                               |
| <b>bis 5 MW</b>  | +2,00                          |                   |                               |

Beim NaWaRo-Bonus ist zu berücksichtigen, dass dieser nur gewährt wird, wenn ausschließlich Pflanzen- oder Pflanzenbestandteile (außer Wirtschaftsdünger) genutzt werden, die aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben stammen oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen und keiner weiteren Aufbereitung bedürfen, als es zur Ernte, Konservierung und Nutzung in Biogasanlagen notwendig ist. So ist z. B. die Verwendung von Kartoffeln, die aufgrund der Sortierung nicht marktfähig sind, untersagt.

<sup>194</sup> VGL. SENNEKAMP 2001

<sup>195</sup> JÄCKEL 2007

Ausgehend von der Untersuchungsrichtung der Studie ist bei einer gartenbaulichen Nutzung von einer anderen Ausgangslage und Zielstellung auszugehen. Hier ist die Frage zu beantworten, inwieweit und unter welchen Bedingungen Biogasanlagen geeignet sind, eine Alternative zur Wärmebereitstellung herkömmlicher Energieträger darzustellen bzw. diese zu ergänzen. In der Regel ist dabei nicht zu erwarten, dass im gartenbaulichen Betrieb in ausreichendem Umfang verwertbare Substrate für die Biogaserzeugung bereit stehen. Somit ist ein Zukauf oder die Abnahme verwertbarer Substrate wie beispielsweise Mais, Gülle, Abfälle zwingend.

Ausgehend von der Zielstellung, mittel- bis langfristig eine preisgünstige Wärmebereitstellung über die Biogasnutzung zu ermöglichen, erscheinen folgende Faktoren von Bedeutung:

- Kapitalbedarf
- Flächenbedarf
- Verfahrenssicherheit/Anforderungen an die Prozesssteuerung
- Planungs-, Genehmigungsaufwand
- Arbeitsaufwand
- Organisationsaufwand
- Zusatznutzen z.B. durch CO<sub>2</sub>-Auskopplung am BHKW
- Nutzung bzw. Entsorgung der Gärreste

Im Unterschied zu konventionellen Heizanlagen werden durch eine Biogasanlage über die Stromeinspeisungsvergütung auch Einnahmen generiert. Obschon die Stromeinspeisung als Zielstellung für Gartenbaubetriebe nicht im Vordergrund steht, ist erst durch die Vergütung der Stromeinspeisung (und z. T. der Wärmenutzung) im Rahmen des EEG ein wirtschaftlicher Betrieb und somit eine kostengünstige Wärmebereitstellung möglich. Weil Experten von einem Bestandsschutz bei bestehenden Anlagen ausgehen, ist der Planungszeitraum der Einnahmenseite durch den im Gesetz festgeschriebenen Zeitraum von 20 Jahren als ausreichend anzusehen.

Im Vergleich zu herkömmlichen Heizungsanlagen ist die Planung, der Bau und der Betrieb einer Biogasanlage aus gartenbaulicher Sicht als wesentlich aufwändiger einzuschätzen und es sind zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen. Weil die Prozesse zur Wärmeengewinnung durch eine Biogasanlage sich deutlich von herkömmlichen Heizungsanlagen unterscheiden, wird zunächst ein kurzer Überblick über die Abläufe, Substrate und Hauptkomponenten einer Biogasanlage geben. Im Anschluss werden weitere Faktoren wie der Kapital- und Arbeitsbedarf sowie die Wärmebereitstellung aus Sicht von Unterglasbetrieben betrachtet.

## Aufbau einer Biogasanlage

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Hauptkomponenten einer Biogasanlage.

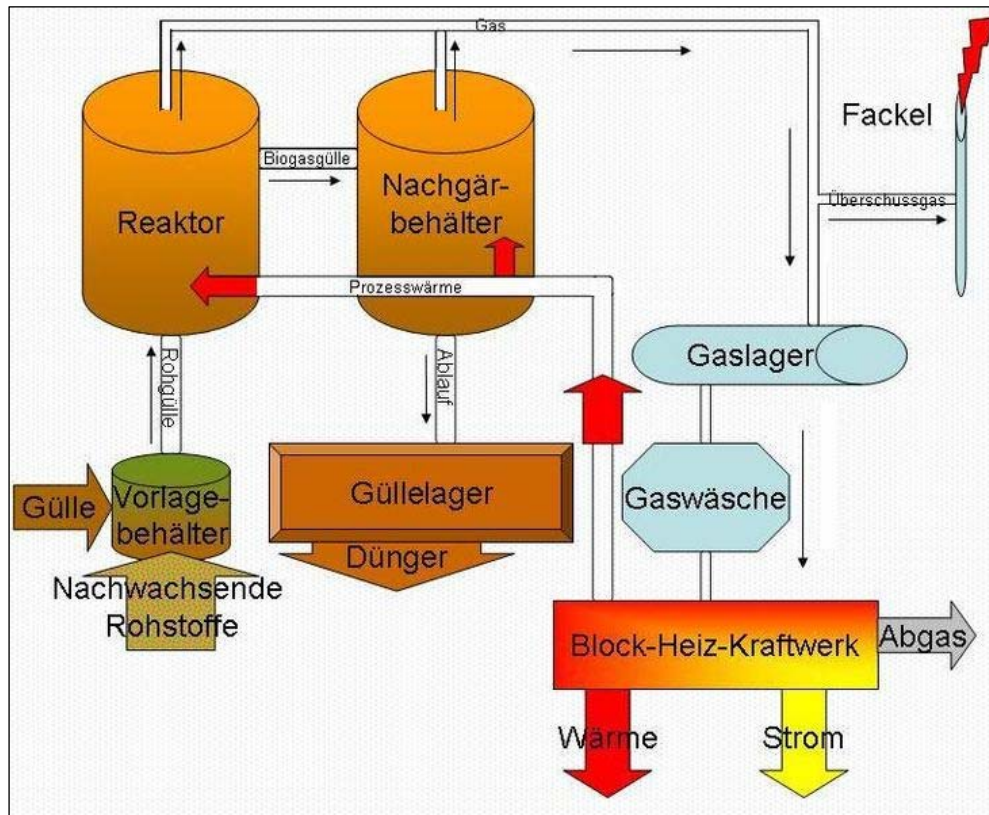


Abbildung 58: Schematischer Aufbau einer Biogasanlage <sup>196</sup>

Von einem Vorlagebehälter wird das Substrat in der Regel über Pumpen in den durch einen Teil der Abwärme des Blockheizkraftwerkes beheizten Fermenter (auch Reaktor oder Faulraumbehälter genannt) gepumpt, in dem die eigentliche Gasproduktion stattfindet. Dabei wird das Substrat durch Rührwerke durchmischt. Das ausgefaulte Substrat fließt dann in einen zumeist luftdicht verschlossenen Lagerbehälter, in dem durch eine Nachvergärung ebenfalls Biogas gebildet wird. Zum Teil wird das Gas in einem externen Gaslager aufgefangen, häufig fungiert aber auch der über eine Folie verschlossene Fermenter als Gaslager. Das Biogas wird nach einer Aufbereitung in der Regel in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) über einen Verbrennungsmotor, der einen Generator antreibt, verstromt. Über Wärmetauscher wird die im Abgas vorhandene Wärme zurück gewonnen, die z. T. (ca. 25 – 30 Prozent) für die Beheizung des Fermenters benötigt wird. <sup>197</sup>

## Biogaserzeugung Verfahren

Erzeugt wird Biogas in den so genannten Fermenten der Biogasanlage. Das Biogas entsteht in einem biologischen Prozess, bei dem unter Abschluss von Sauerstoff aus organischer Masse ein Gasgemisch aus ca. 45 – 70 Prozent Methan, 25 – 55 Prozent Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), 0 – 10 Prozent Wasserdampf, 0,01 – 5 Prozent Stickstoff und 0,1 – 2 Prozent Sauerstoff gebildet wird. In heutigen Anlagen wird das Biogas fast ausschließlich dezentral zur Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken genutzt. Vereinfacht dargestellt, findet die Biogaserzeugung in vier Phasen statt. Zunächst wird die (1) Biomasse durch fermentative Bakterien in Zucker, organische Säuren und Alkohol umgewandelt (Hydrolyse). Dann findet durch (2) Säure bildende Bakterien eine

<sup>196</sup> WIKIPEDIA 2006

<sup>197</sup> VGL. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. 2006C

Umwandlung in organische Säuren, Kohlendioxid und Wasserstoff statt, die dann (3) durch Essigsäure bildende Bakterien in Essigsäure und Wasserstoff überführt werden (Acidogenese, Acetogenese). In der (4) letzten Phase (Methanogenese) wird durch methanbildende Bakterien Biogas (bestehend aus Methan, CO<sub>2</sub> und Wasserstoff) gebildet.

Der anzustrebende Temperaturbereich des Fermenters hängt von den Bakterienstämmen ab. Drei Bakterienstämme können nach ihrem optimalen Temperaturbereich unterschieden werden:

- psychrophile Stämme
- mesophile Stämme
- thermophile Stämme<sup>198</sup>

Die meisten Anlagen in Deutschland werden im mesophilen Bereich gefahren. Psychrophile Stämme spielen in Deutschland so gut wie keine Rolle.

Als Verfahren zur Biogasgewinnung können zunächst die Flüssig- und die Feststoff-Verfahren (häufig als Trockenvergärung bezeichnet) unterschieden werden. Eine Abgrenzung der Feststoff-Verfahren wurde ursprünglich anhand der Stapelbarkeit der Substrate, die einen Wassergehalt von unter 70 Prozent aufweisen, gesehen. Weil mittlerweile solche Substrate aber auch durch konventionelle Technik der Nassvergärung genutzt werden können (z.B. Monovergärung Maissilage), ist nach Experteneinschätzung eine genaue Abgrenzung schwierig. Je nach Beschickungsart können diskontinuierliche Verfahren wie das Batch- und das Wechselbehälter-Verfahren oder kontinuierliche Verfahren, z. B. das Durchfluss-, Speicher-Verfahren oder eine Kombination von beiden unterschieden werden. Bei den Flüssig-Verfahren spielen Batch- und Wechselbehälter-Verfahren in den letzten Jahren kaum eine Rolle.

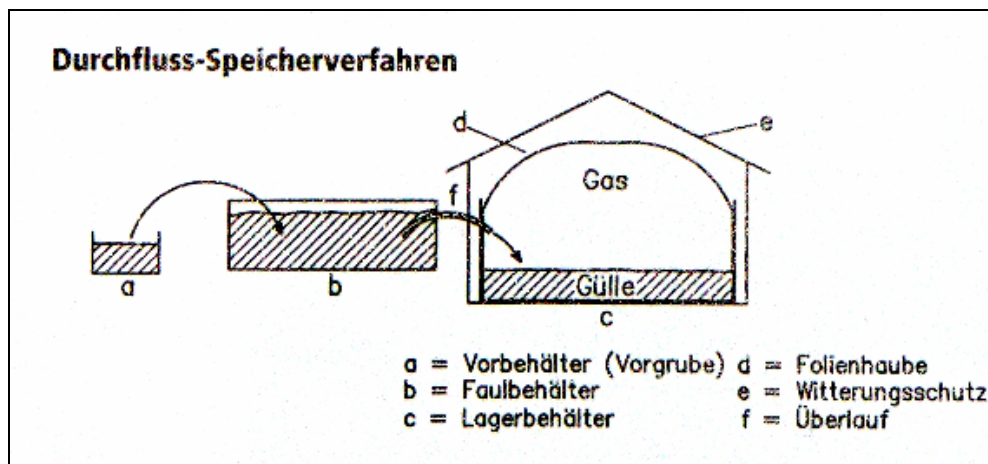
#### *Flüssig-Verfahren*

Aufgrund seiner Einfachheit hat sich in der Landwirtschaft vor allem das Durchflussverfahren z. T. in Reinform, oder in Kombination mit einem Speicherverfahren etabliert. Bei reinen ‚Durchflussverfahren‘ wird dem Fermenter immer genau die Menge an Frischsubstrat zugeführt, die auf der anderen Seite in das Endlager fließt. Die Fermentergröße ist der optimalen Ausgärzeit des Substrates angepasst und es findet eine konstante Gasproduktion statt. Eine Wartung und Reparatur ist dabei allerdings nur eingeschränkt möglich. Bei einem kombinierten Durchfluss-Speicherverfahren wird der Lagerbehälter für das ausgefaulte Substrat mit einer Folienhaube oder festen Decke versehen (siehe Abbildung 59). Aus dem ausgefaulten Substrat lassen sich zusätzliche Gaserträge gewinnen.<sup>199</sup>

---

<sup>198</sup> VGL. AID INFODIENST VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT E. V. 2003

<sup>199</sup> VGL. EDER/SCHULZ 2006



**Abbildung 59: Prinzip des Durchfluss-Speicherverfahrens<sup>200</sup>**

#### *Feststoff-Verfahren*

Die Feststoff-Verfahren kamen in der Praxis bisher nur vereinzelt zum Einsatz, wobei aufgrund der Gewährung eines Technologiebonus nach dem EEG diese Technologie verstärkt nachgefragt wird. Weil bisher kontinuierliche Verfahren, wie sie in der Abfallwirtschaft Verwendung finden, als zu kostenintensiv und wenig geeignet für eine landwirtschaftliche Nutzung eingestuft wurden, lag der Fokus in den letzten Jahren vor allem bei diskontinuierlichen Batch-Verfahren. Hierzu gab es in den letzten Jahren eine Reihe von geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten wie das Container-, Boxenfermenter- und Fahrsilo-Verfahren. Obwohl diese Verfahren durch die Forschungsaktivitäten verbessert worden sind, besteht hier noch weiterer Optimierungsbedarf. Aufgrund des geringen Wassergehalts im Fermenter ergeben sich bei diesem Verfahren geringere Reaktor-, Speicher und Transportvolumina. Zudem besteht ein geringerer Wärmebedarf, was im Hinblick auf die gartenbauliche Nutzung positiv zu sehen ist und es kann nicht, wie zum Teil bei den Flüssig-Verfahren, zu einer Bildung von Schwimmschichten kommen, wodurch die Biogaserzeugung beeinträchtigt werden könnte.<sup>201</sup> Auch wird die Aufbereitung der Reststoffe aus dem Fermenter als unproblematischer gesehen, weil sie als Kompost in den Naturkreislauf zurückgeführt werden können.<sup>202</sup> Bei einer weiteren Optimierung der Technik könnten sich diese Verfahren als interessant für eine gartenbauliche Nutzung erweisen.

#### Substrate / Substrateinbringung

Die Substratauswahl zur Biogaserzeugung hat großen Einfluss auf

- Abbauprozess/Methanerausbeute/Prozessstabilität
- Verfahrens-/Anlagenauslegung/Anlagentechnik (inklusive des Lagerraumbedarfs)
- Rechtliche Anforderungen (insbesondere beim Einsatz von Abfallstoffen)
- Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage (auch aufgrund der unterschiedlichen Einspeisevergütung nach dem EEG)

Mit Ausnahme von lignifizierten Stoffen eignet sich grundsätzlich jede Art von Biomasse aus dem landwirtschaftlichen, industriellen und kommunalen Bereich zur Biogaserzeugung.<sup>203</sup> Neben Kot und Harn

<sup>200</sup> EDER/SCHULZ 2006

<sup>201</sup> VGL. WEILAND 2006

<sup>202</sup> VGL. SCHOCKERT 2006

<sup>203</sup> VGL. EDER/SCHULZ 2006

können landwirtschaftliche Nebenprodukte, NaWaRo, aber auch Reststoffe der Nahrungsmittelproduktion sowie kommunale und industrielle Reststoffe genutzt werden.<sup>204</sup>

Grundsätzlich gilt, dass unabhängig vom Substrat (Substratkombination) nur aus der Trockenmasse und hier wiederum nur aus dem organischen Teil Biogas und letztendlich Methan gebildet wird. Somit haben grundsätzlich Substrate mit hohem Trockenmassegehalt wie etwa Getreidekörner einen deutlich höheren Gasertrag/ Mengeneinheit als etwa Schlempe mit hohem Wassergehalt.

Die organische Substanz ist zusammengesetzt aus Proteinen, Fetten und leicht sowie schwer abbaubaren Kohlehydraten. Ein hoher Fettanteil kann zu einem hohen Anteil organischer Fettsäuren während des Abbauprozesses und damit zu einem sinkenden pH-Wert führen, was eine Hemmung der gewünschten Essigsäure- und damit im weiteren Verlauf eine gehemmte Methanbildung nach sich ziehen kann. Auch sehr zucker- oder kohlehydratreiche Substrate wie etwa Mais-, Getreidekörner oder Zuckerrüben können zu einem Absinken des pH-Werts führen, wodurch beispielsweise die Propionsäurebildner gefördert und die gewünschten Essigsäurebildner gehemmt werden.

Somit hat sich aufgrund der Prozesssteuerung/-stabilität beispielsweise eine Monovergärung von Getreidekörnern oder Zuckerrüben nicht durchgesetzt.

Die Methanausbeute, die letztlich für die Energieausbeute des Biogases entscheidend ist, unterscheidet sich deutlich je nach Substrat. So liefert beispielsweise die in Biogasanlagen häufig genutzte Maissilage eine deutlich höhere Methanausbeute als Heu.<sup>205</sup> Allerdings ist eine weitere Intensivierung des Maisanbaus aus Gründen einer Erosionsgefährdung, zunehmender Nitratbelastung und neueren Gefahren wie etwa ein *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte Befall und dessen Ausbreitung nicht unproblematisch. Neben der Nutzung von Maissilage besteht aber in Sachsen ein großes Potenzial an Substraten, die für eine Nutzung in Biogasanlagen geeignet sind. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Potenziale tierischer Exkremente und landwirtschaftlicher Kofermente in Sachsen.

**Tabelle 26: Potenzial tierischer Exkremente in Sachsen** <sup>206</sup>

| Tierart               | Anzahl Tiere               | Gasausbeute                | mögl. Potenzial |                            | Energiegehalt   |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|---|
|                       | Viehzählung<br>(Nov. 2003) | m <sup>3</sup> Biogas/Jahr | %               | m <sup>3</sup> Biogas/Jahr | 5,7 kWh/ m <sup>3</sup><br>Biogas bei 57% CH <sub>4</sub><br>in kWh |
| <b>Rinder</b>         | 511.850                    | 223.292.693                | 70              | 156.304.885                | 890.937.845   |
| <b>Schweine</b>       | 639.883                    | 31.695.233                 | 82              | 25.990.091                 | 148.143.521   |
| <b>Schafe, Ziegen</b> | 142.861                    | 16.525.978                 | 80              | 13.220.782                 | 75.358.458  |
| <b>Pferde</b>         | 13.412                     | 20.762.394                 | 10              | 2.076.239                  | 11.834.565  |
| <b>Geflügel</b>       | 7.551.078                  | 2.829.014                  | 85              | 2.404.662                  | 13.706.572  |

<sup>204</sup> VGL. GRUNERT ET AL. 2004

<sup>205</sup> VGL. EDER/SCHULZ 2006

<sup>206</sup> SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) 2006.



|                                  |         |           |             |
|----------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                                  | 297.415 | 202.65360 | 1142.9390   |
| thermischer Energiegehalt in kWh |         |           | 341.994.288 |

**Tabelle 27: Potenzial möglicher landwirtschaftlicher Kofermente in Sachsen** <sup>207</sup>

| Aufkommen  |           | Gasausbeute |             |                           |             | Energiegehalt              |   |               |
|--|-----------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|----------------------------|---|---------------|
| t/a  | TS in %   | oTS in %    | kg oTS/Jahr | m <sup>3</sup> Gas/kg oTS | Potenzial % | m <sup>3</sup> Biogas/Jahr | 5,7 kWh/ m <sup>3</sup> Biogas bei 57% CH <sub>4</sub> in kWh |               |
| <b>Futterreststoffe</b>                                    |           |             |             |                           |             |                            |   |               |
| (447.552 GV Rind) 5% der Futtermenge/GV (ca. 219 kg TS/GV) |           | 70          | 68.609.699  | 0,45                      | 70          | 24.013.395                 | 136.876.349   |               |
| <b>landwirtschaftliche Nebenprodukte</b>                   |           |             |             |                           |             |                            |   |               |
| Getreidestroh  | 2.555.712 | 85          | 85          | 1.846.501.920             | 0,37        | 33                         | 225.457.884   | 1.285.109.941 |
| Rapsstroh  | 408.779   | 85          | 85          | 295.342.828               | 0,37        | 40                         | 43.710.738  | 249.151.209   |
| <b>alternative Landbewirtschaftung</b>                     |           |             |             |                           |             |                            |   |               |
| Dauergrünland  | 423.200   | 35          | 90          | 133.308.000               | 0,3         | 80                         | 31.993.920  | 182.365.344   |
| Energiepfl.  | 2.732.940 | 32          | 96          | 839.559.168               | 0,65        | 100                        | 542.971.000   | 3.049.366.000 |
|  |           |             |             |                           |             |                            | <b>4.902.868.843</b>  |               |
| thermischer Energiegehalt in kWh                           |           |             |             |                           |             |                            | <b>1.470.860.653</b>  |               |

Bei einer Nutzung von Rest- und Abfallstoffen unterliegt der Nutzer zahlreichen Rechtsvorschriften wie etwa dem Abfallrecht, der Düngemittelverordnung und der Bioabfallverordnung. Hieraus resultieren höhere Anforderung an die Anlagengestaltung und damit höhere Kosten.

Neben Stroh als Nebenprodukt aus der Landwirtschaft können auch Rübenblätter verwendet werden. Die folgenden Zahlen verdeutlichen das Potenzial.

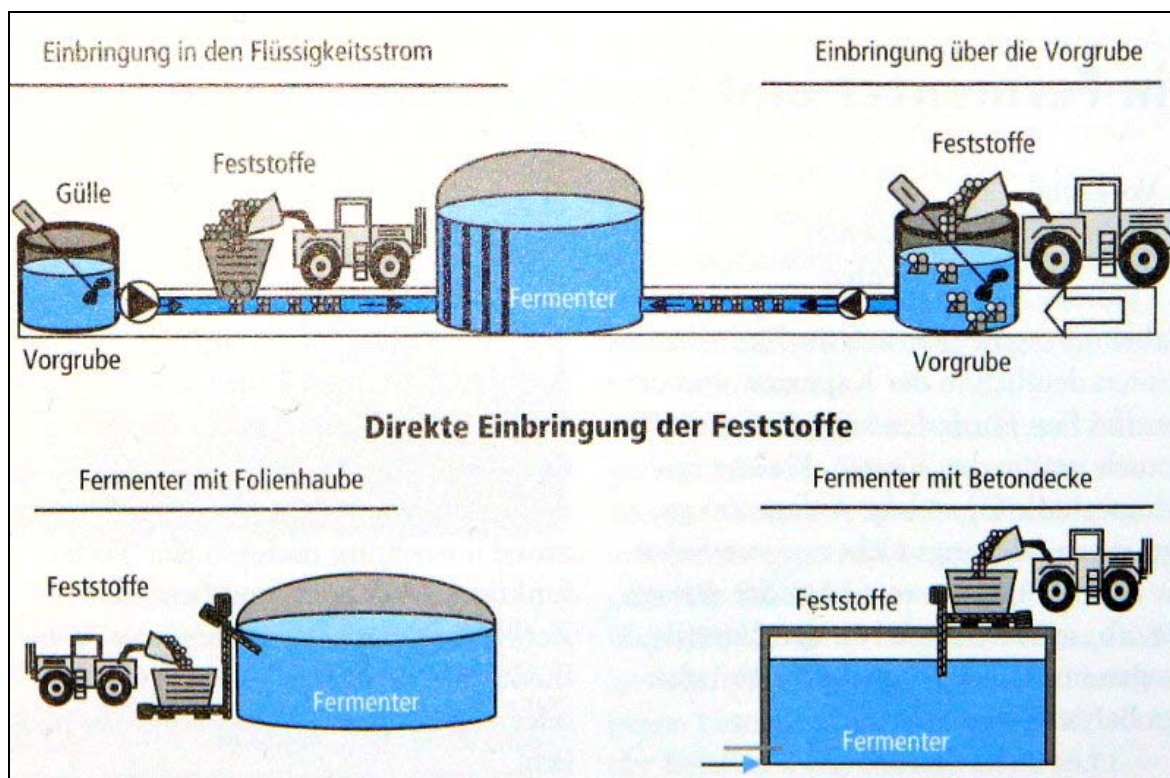
<sup>207</sup> VGL. o.V. 2007

**Tabelle 28: Potenzial von Rübenblättern bei Nebenproduktionsnutzung**

| Anbaumengen bzw. Ertragsarten    | Ertragsmengen      |
|----------------------------------|--------------------|
| Zuckerrübenanbau 2005            | 16011 ha           |
| durchschnittlicher Ertrag        | 607 dt/ha          |
| Gesamtertrag 2005                | 971.868 t/a        |
| Blattertrag                      | 680.307 t/a        |
| TS in %                          | 18                 |
| oTS in %                         | 80                 |
| kg oTS / Jahr                    | 97.964.208 t/a oTS |
| m <sup>3</sup> Gas/kg oTS        | 0,50               |
| Mögl. Nutzungspotenzial          | 40 %               |
| m <sup>3</sup> Biogas / Jahr     | 19.592.842         |
| Energiegehalt in kWh             | 111.679.197        |
| thermischer Energiegehalt in kWh | 33.503.759         |

Für eine solche Nutzung ist aber eine Umstellung des technischen Ernteverfahrens notwendig, weil bisher moderne Rübenmaschinen die Rüben entblättern.

Bei der Einbringung der Substrate werden die flüssigen Anteile zumeist über Pumpen aus der Vorgrube in den Fermenter eingebracht. Bei der Feststoffeinbringung kann zwischen unterschiedlichen direkten und indirekten Verfahren unterschieden werden, wie folgende Abbildung verdeutlicht.



**Abbildung 60: Möglichkeiten der Feststoffeinbringung** <sup>208</sup>

<sup>208</sup> EDER/SCHULZ 2006

Die erforderlichen Substratmengen hängen von der Auslegungsgröße der Anlage und dem Trockensubstanzgehalt ab. So ergibt sich bei einer hauptsächlichen Maissilagenutzung einer 100 kW-el. Anlage ein ungefährender Substratbedarf von 2 000 –2 500 t pro Jahr.

### Fermenter

Fermenter können entweder liegend oder stehend gebaut werden. Bei einer liegenden Bauweise ergeben sich Vorteile, da leistungsfähige, funktionssichere und energiesparende mechanische Rührwerke eingesetzt werden können, die eine gute Durchmischung quer zur Durchflussrichtung ermöglichen. Nachteilig ist dagegen, dass sich im Verhältnis zum Volumen eine sehr große Oberfläche mit entsprechenden Wärmeverlusten ergibt, was speziell für eine gartenbauliche Nutzung nicht empfehlenswert ist.

So liegt der Vorteil einer stehenden Bauweise in der kompakteren Bauweise mit geringerem Materialaufwand und Wärmeverlusten. Dafür ergeben sich höhere Anforderungen an die Rührtechnik. Aus statischen Gründen wird zumeist ein runder Querschnitt gewählt. Abgesehen von der Rührtechnik besteht ein Fermenter aus der Behälterhülle, die häufig aus Stahlbeton gefertigt wird, der Heizung, einer Wärmedämmung, einer Außenverkleidung sowie der Folienabdeckung. Die Konstruktion muss dabei gasdicht gebaut werden.<sup>209</sup> Für die gartenbauliche Zielstellung der Wärmenutzung ist es wichtig, Hersteller zu wählen, die rundum gut gedämmte Fermenter einsetzen, um somit einen hohen Nutzwärmeanteil zu gewährleisten.<sup>210</sup>

### Gasspeicherung

Aufgrund der Schwankungen im Gasanfall, die sich u. a. durch das Aufrühren und Einpumpen des Substrats ergeben können, wird eine Zwischenspeicherung benötigt. Die Größe des Gasspeichers wird dabei von der Höhe der Gasproduktion und des Verbrauchs bestimmt. In der Regel wird für die Strom-/Wärmeerzeugung über ein BHKW ein Speichervolumen von 20 - 50 Prozent einer Tagesproduktion veranschlagt.

Je nach Größe und Bauart sowie dem Betriebsdruck lassen sich verschiedene externe Biogasspeicher unterscheiden, wobei sich Niederdruck-Speicher am stärksten verbreitet haben. Häufig wird aber der Fermenter selbst als Gasspeicher ausgelegt, indem eine Folienhaube über dem Fermenter angebracht wird, unter der sich das Gas sammelt. Durch diese Konstruktion ist ein großes Gasspeichervolumen gegeben und es kann auf eine Betondecke verzichtet werden. Zudem entsteht durch diese Konstruktion ein natürliches Sicherheitssystem, weil auch bei leerem Speicher ein Zündstrahlmotor keine Außenluft in den Speicher saugen kann.

Für mittlere bis kleinere Biogasanlagen wird häufig eine einfache EPDM (Ethylen-Propylen-Terpolymer)-Folienhaube genutzt. Hierbei wird über eine stützende Unterkonstruktion eine einschalige Folienabdeckung angebracht. Nachteil gegenüber PVC-Foliendächern ist die um eine zehnfach höhere Gasdiffusionsrate, so dass Geruchsemissionen nicht ganz vermieden werden können. Das kann bei einer Nutzung in besiedeltem Gebieten problematisch sein.

Insbesondere für große Fermenter werden zunehmend auch PVC-Gewebe-Folienhauben mit Mittelstütze verwendet. Bei aufwändigeren Konstruktionen befindet sich der Gasspeicher in Form einer zweiten Folie unter einem Folien-Behälterdach.

---

<sup>209</sup> VGL. EDER/SCHULZ 2006

<sup>210</sup> VGL. O.V. 2006

### Gasaufbereitung

Am Beginn der Gasstrecke wird der Kondenswasserabscheider in einem frostfreien Raum installiert und sorgt dafür, dass das abscheidende Kondensat über einen Syphon abfließt, ohne dass Biogas entweicht. Frisch aus dem Fermenter kommendes Biogas weist eine Wasserdampfsättigung von fast 100 Prozent auf. Zudem führt der hohe Schwefelwasserstoffgehalt zu Korrosion an Rohren, Armaturen, Gaszählern und -verbrauchern. Auch die beim intensiven Rühren auftretenden Aerosole können sich absetzen und Verkrustungen verursachen.

Bei der Abkühlung auf Umgebungstemperatur findet eine erste grobe Entwässerung des Biogases statt. Daher müssen die Rohre frostfrei verlegt oder gut isoliert werden. Um Biogasmotoren gegen vorzeitigen Verschleiß zu schützen, ist in der Praxis zunehmend zu beobachten, dass durch Abkühlen des Gases mittels eines Kälteaggregates Wasser und Schadgase wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff entzogen werden. Dies rechtfertigt auch den Preis von ca. 1 750 €, die eine solche Anlage für einen 30 kW-Gasmotor kostet. In Verbindung mit der nachfolgend angesprochenen Entschwefelung durch Einblasen von Luft ist es die bislang empfehlenswerteste Methode der Gasreinigung.

Die 1990 in Deutschland in die Praxis eingeführte biologische Entschwefelung durch gezieltes Einblasen geringer Außenluftmengen in den Gasraum hat sich heute sehr stark gegen die chemisch-physikalischen Verfahren wie die Zugabe von Eisensalzen, die Adsorption durch eisenhaltige Substanzen und den Einsatz von Aktivkohlefiltern durchgesetzt.

Bei der biologischen Entschwefelung wird durch die Tätigkeit der Schwefelbakterien (*Sulfobacter oxydans*) unter Luftzufuhr der Schwefelwasserstoff in elementaren Schwefel, Schwefelsäure und Wasser umgewandelt. Der dabei als gelblicher Belag auf der Substratoberfläche anfallende Schwefel lässt sich als Pflanzennährstoff nutzen. Das Einblasen geschieht mit einem kleinen Verdichter. Bis zu 95 Prozent Entschwefelungsraten lassen sich bei richtiger Dosierung der Einblasung erzielen. Die weite Verbreitung dieses Verfahrens ist auf die einfache Handhabung, die ausreichende Reinigungsleistung und die geringen Anschaffungs- und Betriebskosten zurückzuführen.<sup>211</sup>

### Gasverwertung

Bei der Gasverwertung wird von einer Kraft-Wärme Kopplung ausgegangen. Obwohl eine rein thermische Verwertung des Biogases der Zielstellung der Beheizung von Gewächshäusern zwar eher entspricht, ist eine Nutzung des Gases über eine Kraft-Wärme Kopplung wirtschaftlich deutlich vorteilhafter.

Bei der Kraft-Wärme Kopplung wird das erzeugte Biogas als Kraftstoff für einen Verbrennungsmotor genutzt. Dieser treibt einen Generator zur Stromerzeugung an. Gleichzeitig wird die anfallende Motorwärme zum Heizen genutzt. Der elektrische Wirkungsgrad liegt durchschnittlich bei 35 Prozent und der thermische bei rund 45 – 55 Prozent. Als Motoren sind insbesondere Gas-Otto-Motoren und Zündstrahlmotoren zu nennen.<sup>212</sup>

Die Vor- und Nachteile werden in folgender Tabelle aufgezeigt.

---

<sup>211</sup> VGL. EDER/SCHULZ 2006

<sup>212</sup> VGL. EDER/SCHULZ 2006

**Tabelle 29: Vor- und Nachteile von Motoren nach dem Zündstrahl- und Otto-Prinzip<sup>213</sup>**

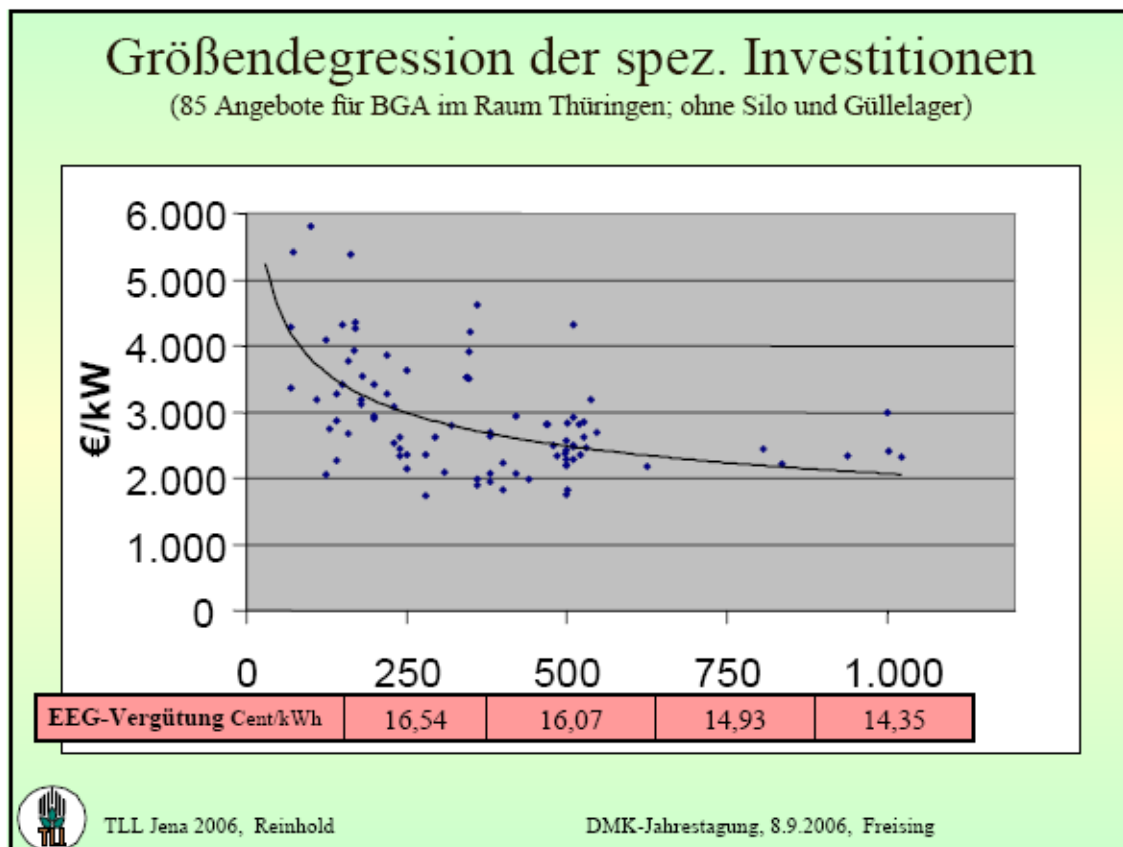
| Merkmal                                | Gas-Otto-Motor   | Zündstrahlmotor  |
|--|--|--|
| Leistungsbereich                       | Leistung <sub>el</sub> bis 1 MW<br>selten unter 100 kW   | bis zu 10% Zündölanteil zur Verbrennung,<br>Leistung <sub>el</sub> bis 250 kW  |
| Wirkungsgrad                           | elektrisch 34 - 40%  | elektrisch 30 - 40%  |
| Standzeit                              | 60.000 Bh  | 35.000 Bh  |
| nötiger<br>Mindestmethangehalt         | 45%  | entfällt   |
| Wartung                                | gering   | hoch   |
| Preis                                  | höher als Zündstrahlmotor  | geringer als Gas-Otto-Motor  |
| Vorteile                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>speziell für Gasverwertung konstruiert</li> <li>Emissionsgrenzwerte werden eingehalten</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>im unteren Leistungsbereich erhöhter Wirkungsgrad<sub>el</sub> im Vergleich zu Gas-Otto-Motoren</li> </ul>  |
| Nachteile                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>im unteren Leistungsbereich geringerer elektrischer Wirkungsgrad</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz eines zusätzlichen Brennstoffes</li> <li>Schadstoffausstoß überschreitet häufig die TA Luft-Grenzwerte</li> <li>ca. 10% Zündölverbrauch vom Energiegehalt des Biogases</li> </ul> |
| Besonderheiten                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Leistungsregelung in Abhängigkeit von der Gasqualität ist möglich</li> <li>für den Fall der Überhitzung ist ein Notkühler vorzusehen</li> </ul> |  |
| Ersatzkraftstoffe bei<br>Biogasausfall | Flüssiggas   | Heizöl, Dieselöl, (Pflanzenöl)   |

Bei einer Neuinstallation von Zündstrahlmotoren nach dem 01.01.2007 ist zu berücksichtigen, dass zur Nutzung in einer Biogasanlage nur noch Zündöl biogener Herkunft zulässig ist. Dabei können neben reinem Pflanzenöl auch Pflanzenöl-Methylester verwendet werden.

#### Kapitalbedarf/Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit

Der Bau einer Biogasanlage stellt relativ hohe Anforderungen an die Kapitalverfügbarkeit, was als ein begrenzender Faktor für zahlreiche Betriebe in Sachsen anzusehen ist. Für kleinere Anlagen mit einer Leistungsgröße von 50 kW sind Investitionskosten von 200 000 – 225 000 Euro (ca. 4 000 Euro/installierter Leistung kW el) zu veranschlagen. Für größere Anlagen ist von einer gewissen Kostendegression auszugehen (ca. 2 500 – 3 800 Euro/installierter Leistung kW el), wie folgende Abbildung zeigt.

<sup>213</sup> FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) 2005



**Abbildung 61: Größendegression der Investitionen für Biogasanlagen<sup>214</sup>**

Zudem ist das Kapital relativ langfristig gebunden. Von Expertenseite wurde aufgrund der höheren Effizienz und der im Verhältnis niedrigeren Kosten, wie auch die vorhergehende Abbildung gezeigt hat, Anlagen ab 200 kW empfohlen.

Für die Pilotanlage im Gartenbauzentrum Straelen wurden beispielsweise 650 000 € investiert. Die Anlage hat eine Leistung von 180 kW el. und ca. 230 kW th. Die Investitionskosten pro kW el. betragen somit rund 3 600 Euro und pro kW th rund 2 800 Euro.<sup>215</sup> Neben den Investitionskosten begründet sich die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen noch auf zahlreiche weitere Faktoren:

- Zusammensetzung und Kosten der Ausgangsstoffe
  - Gerade für hauptsächlich oder ausschließlich mit NaWaRo betriebene Anlagen hängt die Wirtschaftlichkeit vor allem von den Bereitstellungskosten der Rohstoffe ab.<sup>216</sup> Weil diese in der Regel nicht oder nur zu geringen Teilen durch den gartenbaulichen Betrieb zur Verfügung gestellt werden können, ist ein Zukauf notwendig. Aufgrund von Gewinnerwartungen der Anbieter ist hier von höheren Kosten auszugehen, als durchschnittlich bei einer eigenen Erzeugung im landwirtschaftlichen Betrieb anzusetzen sind.
- Fördermöglichkeiten
  - Durch die Nutzung von Fördermöglichkeiten lassen sich die jährlichen Kapitalkosten senken. Hier ist beispielsweise das Programm zur Förderung erneuerbarer Energien durch die

<sup>214</sup> REINHOLD 2006

<sup>215</sup> VGL. SCHUHMACHER 2003

<sup>216</sup> VGL. RAHMESOHL; ARNOLD 2006

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zu nennen, in dem eine Vergabe von zinsgünstigen Darlehen möglich ist.

- Management der Biogasanlage
- Wartungszeiten und Kosten
  - Obwohl die Anlagentechnik sich in den letzten Jahren deutlich verbessert hat, spielen die Wartungszeiten bei der Gesamtwirtschaftlichkeit eine Rolle. Einige Probleme sind beispielsweise auf eine ungenügende Entschwefelung zurückzuführen, durch die dann die Materialien sehr stark belastet werden. Hohe Wartungszeiten sind zudem im Sinne einer durchgehenden Wärmeversorgung im Unterglasanbau als problematisch einzuschätzen.
- Auslastung der Anlage
  - Als Grund für die Unwirtschaftlichkeit von Anlagen ist u. a. die mangelnde Auslastung anzusehen. Eine Überdimensionierung von Anlagen ist durch eine solide Planung zu vermeiden.
- Wirkungsgrad des BHKW

#### Anforderungen Management/Arbeitsintensität

Bereits bei landwirtschaftlichen Betrieben haben aktuelle Untersuchungen gezeigt, dass das Management einer Biogasanlage von vielen Betreibern unterschätzt wird. Eine Biogasanlage erfordert einen hohen Arbeitseinsatz, der zwischen und 1 und 3 AKh/100 kW und Tag installierter elektrischer Leistung zu liegt.<sup>217</sup>

Dabei können folgende Bereiche unterschieden werden:

- Beschaffung und Einlagerung der Substrate
- Betreiben der Anlage mit Substrataufbereitung, -zuführung, Prozessüberwachung, laufender Betreuung, einschließlich Wartung und Instandhaltung und den damit verbundenen administrativen Aufgaben
- Ausbringen bzw. Organisation der Gärrestnutzung<sup>218</sup>

Insbesondere im Bereich der Prozessüberwachung und Steuerung lassen sich Teilbereiche durch technische Lösungen automatisieren. Allerdings ergeben sich hierdurch auch höhere Investitionskosten.

Für den Betrieb einer Biogasanlage sind weit reichende Kenntnisse über die Prozessführung erforderlich, um optimale Ergebnisse zu erreichen. Insbesondere NaWaRo-Anlagen stellen hohe Anforderungen, weil hier die Gärprozesse instabiler ablaufen, als bei Gülle-Anlagen. Untersuchungen zufolge hängt die Wirtschaftlichkeit bei NawaRo-Anlagen sehr stark vom realen Anlagenbetrieb ab und viele der Probleme, die zu einer geringen Auslastung der Anlage führen, sind auch auf die mangelnden Kenntnisse der Betreiber zurückzuführen.<sup>219</sup> Aussagen von Experten aus der Praxis belegen, dass der Betrieb einer Biogasanlage durch Gartenbauunternehmen aufgrund des mangelnden Know-hows skeptisch gesehen wird. Neben einer fundierten Planung bedarf es somit einer intensiven Auseinandersetzung mit Fragen des Managements und der Prozessführung, bevor die Anlage in Betrieb gehen soll.

#### Planung / Genehmigung

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über Planungsbereiche, die für die Erstellung einer Biogasanlage zu beachten sind.

---

<sup>217</sup> VGL. SCHMITZ 2005

<sup>218</sup> VGL. GOTTSCHICK 2006

<sup>219</sup> VGL. BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2005

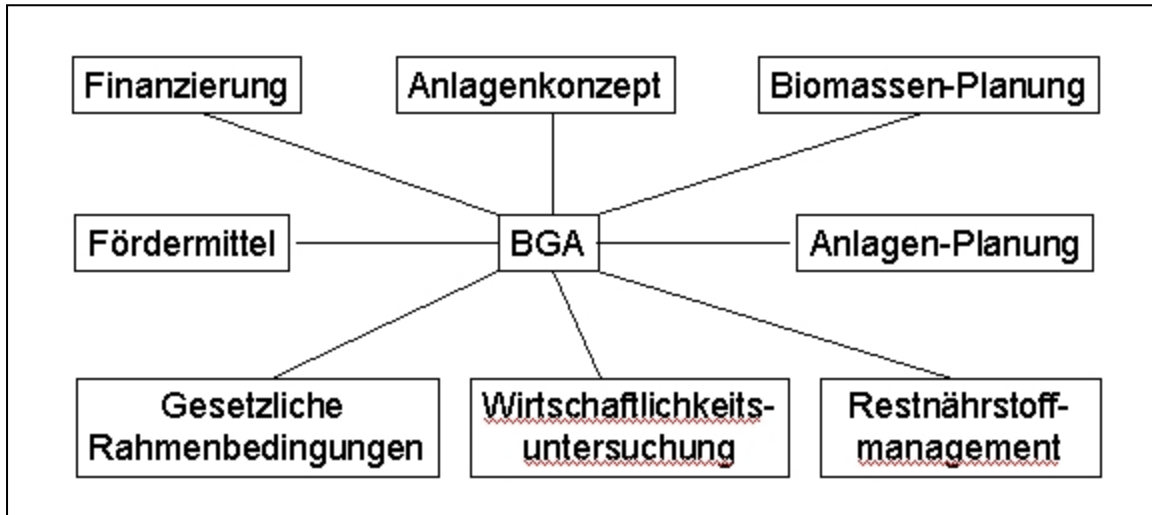


Abbildung 62: Biogasanlagen Planungsbausteine<sup>220</sup>

Durch den hohen Substratbedarf ist zudem die verkehrstechnische Anbindung zu berücksichtigen. Darüber hinaus wurde von einem Betrieb darauf verwiesen, dass der nächste Stromanschlusspunkt möglichst betriebsnah liegen sollte.

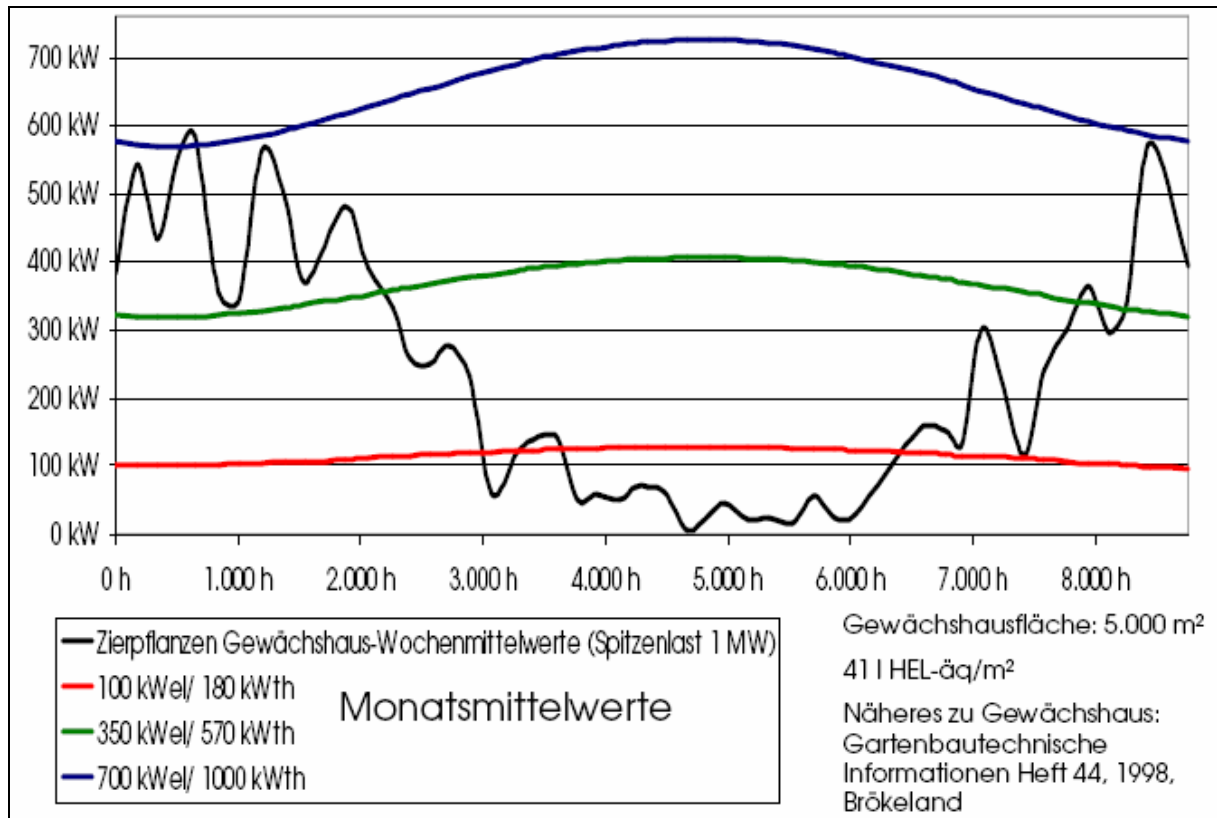
#### Wärmenutzung im Unterglasanbau

Bei der Nutzung einer Biogasanlage zur Gewächshausbeheizung ist die Frage der Auslegung zu beantworten. Bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 35 Prozent und einem thermischen Wirkungsgrad von rund 50 Prozent und 7 000 Jahresnutzungsstunden erzeugt eine 100 kW-Anlage rund 1000 000 kWh Abwärme. Davon werden zirka 25 Prozent für den Anlagenbetrieb benötigt, so dass 750 000 kWh als Nutzwärme zur Verfügung stehen. Damit lassen sich ca. 73 500 Liter Heizöl substituieren. Allerdings kann aufgrund des Wärmebedarfprofils von Gewächshäusern in der Regel nur ein Teil der Nutzwärme tatsächlich für die Beheizung verwendet werden. In den Sommermonaten steht zumeist mehr Energie durch die Biogasanlage zur Verfügung, weil ein geringerer Wärmeanteil für die Beheizung des Fermenters notwendig ist.

Insgesamt gilt, dass ausgehend von einem bestimmten Jahresenergiebedarf eines Unterglasbetriebes, der Anteil der genutzten Abwärme der Biogasanlage bei steigendem Deckungsgrad des Jahresenergiebedarfs durch die Abwärme abnimmt. Dies verdeutlicht auch folgende Abbildung:

<sup>220</sup> GBZ STRAELEN DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2006





**Abbildung 63: Abwärmeverfügbarkeit von Biogasanlagen in Abhängigkeit der installierten Leistung im Verhältnis zum Jahresenergiebedarf eines Unterglasbetriebes<sup>221</sup>**

Dieser Zusammenhang wird auch in einer Modellrechnung von B. Wenzel im KTBL-Heft 56<sup>222</sup> deutlich, die hier verkürzt wiedergegeben werden soll.

<sup>221</sup> VGL. BRÖKELAND/WAGNER 2004

<sup>222</sup> KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006H

**Tabelle 30: Beispielrechnungen für eine Abwärmenutzung von Biogasanlagen im Gartenbau**

|  | Beet + Balkon Betrieb | Warmhausbetrieb |
|--|-----------------------|-----------------|
| <b>Fläche (m<sup>2</sup>)</b>                                  | 5.000                 | 10.000          |
| <b>Jahresenergiebedarf (kWh)</b>                               | 655.000               | 4.730.000       |
| <b>Spezifischer Bedarf (kWh/m<sup>2</sup>)</b>                 | 130                   | 473             |
| <b>Spitzenlast (kW)</b>  | 1.050                 | 3.000           |
| <b>BHKW-Abwärmenutzung</b>                                     |                       |                 |
| <b>Leistung elektrisch (kW)</b>                                | 145                   | 415             |
| <b>Leistung thermisch (kW)</b>                                 | 210                   | 600             |
| <b>davon nutzbar (kW)</b>                                      | 160                   | 450             |
| <b>Max. Abwärme (kWh)</b><br><b>(bei 8.000 Bh Biogas-BHKW)</b> | 1.280.000             | 3.600.000       |
| <b>Wärmenutzungsstunden (h)</b>                                | 2.664                 | 5.208           |
| <b>Genutzte Abwärme (kWh)</b>                                  | 426.240               | 2.343.600       |
| <b>Anteil am Jahresenergiebedarf (%)</b>                       | 65                    | 50              |
| <b>Anteil genutzter Abwärme (%)</b>                            | 33                    | 65              |
| <b>KWK-Strom (kWh)</b>   | 386.280               | 2.161.320       |
| <b>Erlös KWK-Bonus (€)</b><br><b>(Vergütung: 2 Cent/kWh)</b>   | 7.726                 | 43.226          |
| <b>Erlös Wärmeverkauf (€)</b><br><b>(bei 1,5 Cent/kWh)</b>     | 6.394                 | 35.154          |

Um den Wärmenutzungsgrad zu verbessern bzw. die zu installierende Leistung zu vermindern, sollten Wärmepufferspeicher eingesetzt werden. Um das vorhandene Speichervolumen möglichst maximal ausnutzen zu können, ist der Speicher als Schichtspeicher auszuführen. Der Anschluss sollte dabei möglichst parallel zum Wärmeerzeuger erfolgen. Dadurch wird nur die überschüssige Wärme zum Aufheizen genutzt und eine Entladung findet lediglich bei auftretenden Lastspitzen statt.

Pro kW Grundlast sind mindestens 100 – 130 l zu veranschlagen. Die Kosten belaufen sich auf rund 65 000 – 70 000 Euro für einen 100 m<sup>3</sup>-Tank inklusive Anschluss und Isolierung. Für gebrauchte 100 m<sup>3</sup>-Tanks aus den Niederlanden ist mit ca. 25 000 Euro inklusive Transport aber z. T. mit schlechterer Isolierung und ohne Anschluss zu rechnen.<sup>223</sup> Für eine betriebsindividuelle Planung gilt es somit, einen Kompromiss für die Auslegungsgröße zu finden. Folgende Faktoren sind u. a. bei der Auslegungsgröße zu beachten:

Mit zunehmender Größe

- ergibt sich eine Kostendegression
- sinkt der Bedarf an fossilen Brennstoffen
- steigt der Kapitalbedarf

<sup>223</sup> KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006K

- steigt der Substrat- und Flächenbedarf
- steigt die Gärrestmenge
- nimmt die Arbeitsbelastung zu.

Insgesamt werden Biogasanlagen zur Gewächshausbeheizung in der Regel in Verbindung mit Spitzenlastkesseln, die zumeist mit Öl oder Gas betrieben werden, eingesetzt.

Die eigene Planung, Erstellung und der Betrieb einer Biogasanlage durch gartenbauliche Betriebe wurde von Praktikern u. a. aufgrund der hohen Investitionskosten und des notwendigen Know-hows zur Prozesssteuerung skeptisch gesehen und es ist noch von einer sehr geringen Verbreitung auszugehen. Praxisbeispiele im Unterglasanbau zeigen aber, dass Biogasanlagen eine Alternative zu fossilen Brennstoffen darstellen und sich bei sorgfältiger Planung Kosteneinsparungen gegenüber mit Heizöl oder Gas betriebenen Heizanlagen einstellen können.<sup>224</sup> Vorteilhaft ist, dass mittlerweile eine CO<sub>2</sub>-Auskopplung beim Biogasanlagenbetrieb möglich ist, welche für die Düngung genutzt werden kann.

Eine Abwärmenutzung aus Biogasanlagen über Contractingmodelle ist als eine weitere Möglichkeit zur Kosteneinsparung zu sehen (vgl. Kapitel 4.3) und auch hier gibt es erste Praxisbeispiele. Auch eine Nutzung beispielsweise in Gartenbausiedlungen über die Gründung einer Betreibergesellschaft kann ein sinnvoller Konzeptansatz sein. In Kapitel 6 wird anhand von Beispielrechnungen das Kosteneinsparpotenzial von Biogasanlagen für eine Wärmenutzung im Verhältnis zu einer Heizölanlage näher betrachtet.

#### **4.2.4 Pflanzenöl-BHKW**

Wie bereits im vorangehenden Kapitel deutlich wurde, erzeugt ein Blockheizkraftwerk (BHKW) gleichzeitig Strom und Wärme. Diese Eigenschaft macht es für den Einsatz im Gartenbau interessant. Es wird von der so genannten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) gesprochen. Unter diesen Begriff fallen sowohl große Heizkraftwerke als auch kleinere Kompaktanlagen. Ziel beider Techniken ist es, die erzeugte Energie möglichst effizient zu nutzen und damit Umwelt und Energieressourcen zu schonen.<sup>225</sup>

#### Funktionsprinzip

In der Regel bestehen Blockheizkraftwerke aus herkömmlichen Verbrennungsmotoren, die einen Generator betreiben. Neben dem erzeugten Strom fällt durch den Betrieb des Motors Wärme an, die für Heizzwecke zur Verfügung steht.

---

<sup>224</sup> VGL. O.V. 2006

<sup>225</sup> VGL. STOMMEL 2005



der Vergütungssatz höher liegt als der Einkaufspreis für Strom, was in der Regel der Fall ist, ist eine Einspeisung aus wirtschaftlichen Gründen vorzuziehen.

Für BHKW, die naturbelassenes Pflanzenöl verwenden, besteht nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz erst eine Genehmigungspflicht ab 1 000 kW Feuerungswärmeleistung.<sup>229</sup>

Für das Erreichen der Rentabilitätsschwelle beim Einsatz von Blockheizkraftwerken sind hohe Wärmenutzungsanteile bei hohem Substitutionswert der Wärme und des Stromes sowie eine lange Abschreibungszeit in Verbindung mit geringen Wartungskosten die ökonomischen Voraussetzungen.<sup>230</sup> Im Verhältnis zu einer Heizölanlage, aber auch zu Biomasseheizungen, ist von deutlich höheren Investitionskosten auszugehen. Die Erfahrungen mit pflanzenölbetriebenen BHKW in der Praxis sind bislang bundesweit sehr gegensätzlich. Neben dauerhaft funktionstüchtigen Aggregaten traten an anderen Anlagen immer wieder schwerwiegende Betriebsstörungen auf. So trägt nach RECKERT (2006) der Kunde bei Pflanzenölbetrieb ein hohes Risiko und muss mit einer Häufung von Maschinenstillständen rechnen.<sup>231</sup> Der größte Schwachpunkt beim Betreiben eines Pflanzenöl-BHKW ist die sehr unterschiedliche Qualität des Brennstoffes.<sup>232</sup>

Bei der Umstellung auf ein BHKW mit Rapsöl empfiehlt es sich deshalb, mit einer Mühle bedarfsgerechte Lieferverträge auszuhandeln und sich an der so genannten Weihenstephaner Norm zu orientieren. Diese regelt die Qualität von Rapsöl, welches dennoch jahreszeitenbedingt nicht immer über die gleiche Güte verfügt. Rapsöl hat einen etwa 10 Prozent geringeren Heizwert als Heizöl.<sup>233</sup> Wenn auch für Rapsöl eine Normung in Aussicht ist, so besteht diese Sicherheit für andere Pflanzenöle nicht.<sup>234</sup>

Zusammengefasst haben u. a. folgende Faktoren großen Einfluss auf die Einsparmöglichkeiten gegenüber herkömmlichen Heizanlagen:<sup>235</sup>

- technische Faktoren (Wirkungsgrade, Betriebs- und Wartungskosten),
- Betriebsbedingungen (Laufzeiten, strom- bzw. wärmegeführter Betrieb) und
- Rahmenbedingungen (Heizöl- und Kraftstoffpreise, Steuern, Einspeisevergütungen).

Zu beachten ist, dass aufgrund der sich zukünftig verschärfenden Anforderungen an die Abgasqualität von Dieselmotoren völlig neue Technologien entwickelt werden müssen. Dadurch können sich die aus heutiger Sicht auftretenden Probleme beim Pflanzenölbetrieb grundsätzlich weiter verschärfen.<sup>236</sup> Insgesamt ist aber festzustellen, dass das Interesse an derartigen Anlagen zunimmt. Auch in Sachsen arbeiten seit einigen Jahren mehrere BHKW mit Pflanzenöl als Kraftstoff<sup>237</sup>, jedoch nicht im Unterglasanbau.

Die folgende Beispielrechnung nach HEISE (2005) gibt einen Überblick über das Kosteneinsparpotenzial von Pflanzenöl-BHKW im Verhältnis zu einer Heizölnutzung bei unterschiedlichen Laufzeiten pro Jahr.

---

<sup>229</sup> VGL. THUNEKE 2006

<sup>230</sup> VGL. REINHOLD/ GRAF 2002

<sup>231</sup> VGL. RECKERT 2006

<sup>232</sup> VGL. RECKERT 2006

<sup>233</sup> VGL. WINKHOFF 2005

<sup>234</sup> VGL. RECKERT 2006

<sup>235</sup> VGL. REINHOLD/GRAF 2002

<sup>236</sup> VGL. RECKERT 2006

<sup>237</sup> VGL. GRUNERT ET AL. 2001

Tabelle 31: Wirtschaftlichkeitsberechnung BHKW <sup>238</sup>

|   | BHKW (Pflanzenöl) |                  |
|---|-------------------|------------------|
|   | Geringe Laufzeit  | Hohe Laufzeit    |
| Mechanische Leistung  | 150 kW            | 150 kW           |
| Thermische Leistung   | 275 kW            | 275 kW           |
| Vollbenutzungsstunden   | 1 500 h           | 3 000 h          |
| Investitionskosten BHKW   | 124 465 €         | 124 465 €        |
| Stromerzeugung  | 225 000 kWh       | 450 000 kWh      |
| Preis Heizöl/ Pflanzenöl  | 0,60 €/L          | 0,60 €/L         |
| Heizwert Heizöl/ Pflanzenöl   | 9,20 kWh/L        | 9,20 kWh/L       |
| Jahresbrennstoffverbrauch BHKW  | 81 522 Liter      | 163 043 Liter    |
| Wärmeerzeugung  | 412 500 kWh       | 825 000 kWh      |
| <b>Erlöse pro Jahr</b>  |                   |                  |
| Stromeinspeisevergütung   | 38 993 €          | 77 985 €         |
| Wärmeerzeugung  | 18 810 €          | 37 620 €         |
| Wert für KWK Bonus  | 4 500 €           | 9 000 €          |
| Mineralsteuerrückerstattung   | Nicht relevant    | Nicht relevant   |
| Stromsteuerersparnis  | Nicht relevant    | Nicht relevant   |
| <b>Summe</b>  | <b>62 303 €</b>   | <b>124 605 €</b> |
| <b>Kosten pro Jahr</b>  |                   |                  |
| Abschreibung  | 8 298 €           | 9 335 €          |
| Generalüberholung   | 1 862 €           | 3 723 €          |
| Zins  | 3 112 €           | 3 112 €          |
| Wartung   | 1 446 €           | 2 893 €          |
| Brennstoff  | 48 913 €          | 97 826 €         |
| <b>Summe</b>  | <b>63 631 €</b>   | <b>116 889 €</b> |
| <b>Wärmegestehungskosten</b>  | <b>49 €/MWh</b>   | <b>36 €/MWh</b>  |
| <b>Mehrkosten (-) bzw. Ersparnis (+) gegenüber Ölheizung bei Heizölpreis 0,40 €/L</b> | <b>- 1 328 €</b>  | <b>+ 7 716 €</b> |
| <b>Mehrkosten (-) bzw. Ersparnis (+) gegenüber Ölheizung bei Heizölpreis 0,50 €/L</b> | <b>+3 075 €</b>   | <b>+ 9 405</b>   |

#### 4.2.5 Stroh

Dänemark und Großbritannien nutzen Stroh bereits in größerem Umfang in Heizkraftwerken, Fern- und Nahwärmanlagen.<sup>239</sup> In Deutschland dagegen besteht noch ein großes zu erschließendes Nutzungspotenzial. Im Rahmen der Energiediskussion und der Debatte über die Möglichkeiten der Landwirtschaft, an der Energiebereitstellung mitzuwirken, hat auch Stroh an Bedeutung gewonnen. Über geeignete Brenner kann Stroh für eine Beheizung von Gewächshäusern genutzt werden, allerdings gibt es bisher nur wenige deutsche Anbieter von speziell auf diesen Brennstoff ausgelegten Heizanlagen. Als vorteilhaft ist zu sehen, dass Stroh als Nebenprodukt/Reststoff aus der Landwirtschaft in der Regel eine gute regionale Verfügbarkeit bei derzeit günstigen Preisen aufweist.

<sup>238</sup> Vg. MELRBW 2005; Heise 2005

<sup>239</sup> Vgl. Hering 2005

Für Sachsen wird das nutzbare Potenzial auf rund 830 000 t Stroh/a (2001) geschätzt. Dabei ist bereits eine vollständige Reproduktion der organischen Substanz des Bodens durch einen Stroheintrag sowie die Höchstmenge an Stroh-, Futter-, und Einstreuzwecke berücksichtigt. Bei einer optimalen Variante, bei der zudem berücksichtigt wird, dass in etwa bei der Hälfte der Rinderhaltung und 80 Prozent der Schweinehaltung keine Stroheinstreuung stattfindet, ergibt sich ein Potenzial von rund 1,1 Mio t/a. Bei einem durchschnittlichen Heizwert von 4,17 kWh/kg (bei ca. 15 Prozent Wassergehalt) entspricht dies je nach Variante einem Gesamtenergiepotenzial durch Stroh von ca. 3 460 000 bzw. 4 590 000 MWh und somit etwa 339 000 bzw. 450 000 t Heizöl.

Verfügbarkeit von Stroh nach Landkreisen:

Kreise mit Zierpflanzenfläche unter Glas > 5ha

- *Dresden-Stadt und Meißen*  
Ca. 74 000 t/a nutzbares Strohpotenzial (bei maximaler Strohversorgung in der Landwirtschaft) bzw. 81 000 t/a (bei optimaler Strohversorgung in der Landwirtschaft)
- *Mittweida*  
Ca. 50 000 t/a nutzbares Strohpotenzial (bei maximaler Strohversorgung in der Landwirtschaft) bzw. 67 000 t/a (bei optimaler Strohversorgung in der Landwirtschaft)
- *Leipzig-Stadt und Leipziger Land*  
Ca. 97 000 t/a nutzbares Strohpotenzial (bei maximaler Strohversorgung in der Landwirtschaft) bzw. 107 000 t/a (bei optimaler Strohversorgung in der Landwirtschaft)<sup>240</sup>

Grundsätzlich kann Stroh in unterschiedlicher Form für eine Beheizung genutzt werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über gängige Brennstoffformen und deren Eigenschaften wieder.

**Tabelle 32: Eigenschaften verschiedener Brennstoffformen<sup>241</sup>**

|   | Häcksel  | Rundballen  | Quaderballen  | Pellets/Getreide             |
|---|--|---|---|------------------------------|
| <b>Abmessungen</b>                        | 2-5 cm   | 1,5*2,5 m   | 1,2*1,3*2,4 m   | 6-40*100 mm                  |
| <b>Lagerungsdichte (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 65-80  | 110-150   | 150-200   | 400-600                      |
| <b>Transporteignung</b>                   |  |   |   |                              |
| nah                                       | -  | ++  | ++  | ++                           |
| fern                                      | --   | +   | ++  | ++                           |
| <b>Feuerungstyp</b>                       | (1) Unterschub-<br>(2) Vorschubrost-<br>feuerung | (1) Feuerung mit<br>Scheibenteiler<br>(2) Strohvergaser | (1) Zigarrenbrenner<br>(2) Feuerung mit<br>Scheibenteiler | Pellet-/Getreide-<br>anlagen |
| <b>Leistungsbereich</b>                   | (1) bis ca. 1MW<br>(2) alle Bereiche             | (1) ab ca. 500 kW<br>(2) 85 bis 400 kW                  | ab ca. 3 MW   | bis max. 500 kW              |
| <b>Brennraum-<br/>beschickung</b>         | kontinuierlich                                   | chargenweise  | (1) kontinuierlicher<br>Vorschub<br>(2) chargenweise      | kontinuierlich               |

<sup>240</sup> VGL. RÖHRICHT/GROß-OPHOFF 2003

<sup>241</sup> BRÖKELAND 2005

Durch die physikalisch-mechanischen und chemisch-stofflichen Eigenschaften von Stroh ergeben sich im Vergleich zu einer Holzfeuerung aber auch Nachteile:

#### Lagerraum/Bauliche und logistische Voraussetzungen

Aufgrund des in Abhängigkeit von der Brennstoffform geringeren Schüttgewichts liegt bei einer Strohnutzung gegenüber Holz ein deutlich höherer Lagerraum- und Transportraumbedarf vor. Die folgende Tabelle zeigt unterschiedliche Schüttdichten verschiedener Biomassebrennstoffe im Vergleich.

**Tabelle 33: Schüttdichten verschiedener Biomassebrennstoffe<sup>242</sup>**

| Form           | Art / Sorte          | Dichte kg/m <sup>3</sup> |
|----------------|----------------------|--------------------------|
| Häcksel        | Stroh                | 50-70                    |
| Rundballen     | Stroh                | 100-120                  |
| Quaderballen   | Gräser               | 120-180                  |
| Quaderballen   | Stroh                | 130-160                  |
| Quaderballen   | Getreideganzpflanzen | 150-230                  |
| Hobelspäne     | Holz                 | 80-100                   |
| Hackgut        | Fichte               | 160-170                  |
| Sägemehl       | Holz                 | 160-180                  |
| Hackgut        | Buche                | 250-260                  |
| Pellets        | Holz u. Stroh        | 400-650                  |
| Getreidekörner | Hafer                | 500-550                  |
| Getreidekörner | Gerste               | 600-650                  |
| Getreidekörner | Weizen/Roggen        | 700-750                  |

Ausgehend von einem 2 500 m<sup>2</sup> großen Gewächshaus mit überwiegend Warmhauskulturen ergeben sich bei einem Grundlastbetrieb für den Biomassekessel folgende Werte:

**Tabelle 34: Brennstoff- und Lagerraumbedarf von Stroh**

| Brennstoff- / Lagerraumbedarf Stroh<br>( 2.500 m <sup>3</sup> GWH, überwiegend Warmhaus) |                      |                      |
|--|----------------------|----------------------|
|  | Häckselstroh         | Quaderballen         |
| Brennstoffbedarf in t  | 350 t                |                      |
| Lager- / Transportraumbedarf gesamt in m <sup>3</sup>                                    | 4.644 m <sup>3</sup> | 2.180 m <sup>3</sup> |
| Anzahl Lkw Transporte (80 m <sup>3</sup> / 24 t Nutzlast)                                | 55                   | 28                   |

<sup>242</sup> HERING 2005



Die benötigte Lagerraumgröße ist neben dem Wärmebedarf stark von den Lieferzyklen abhängig. Bei einer 14-tägigen Belieferung in der Hauptheizperiode entsteht für Häckselstroh ein Lagerraumbedarf von etwa 375 m<sup>3</sup>. Für Quaderballen läge dieser bei rund 188 m<sup>3</sup>. Insgesamt ergibt sich aber ein erheblich größerer Platzbedarf als für eine Heizölheizung, der für Betriebe in dicht besiedelten Gebieten problematisch sein kann. Zudem müssen die Zufahrtsmöglichkeiten dem hohen Transportvolumen angepasst sein, damit eine problemlose und zeitsparende Anlieferung möglich ist. Zu beachten ist zudem, dass die Strohernte nur einmal jährlich stattfindet und somit bei den Anbietern oder Abnehmern hohe Lagerkapazitäten vorhanden sein müssen. Auf die Lagerungsproblematik biogener Brennstoffe wurde bereits in Kapitel 4.2.1 eingegangen.

#### Asche/Emissionen

Bei der Strohverbrennung entstehen deutlich höhere Aschemengen als bei Holz. Der Rohaschegehalt liegt je nach Strohart durchschnittlich zwischen 5,5 und 8 Prozent d. TM, während er bei Laubholz bei 0,6 und bei Nadelholz bei 0,8 Prozent d. TM liegt. Lediglich Pappeln weisen einen Rohaschegehalt von ca. 2 Prozent d. TM auf.<sup>243</sup>

Die höheren Aschegehalte bei einer Strofeuerung haben höhere Staubemissionen zur Folge. Hierdurch entsteht ein höherer Wartungs- und Reinigungsaufwand. Problematisch ist hierbei auch der deutlich niedrigere Erweichungspunkt der Asche, der bei ca. 960 °C und damit deutlich unter dem von Holz liegt (vgl. Abbildung 65). Hierdurch kann die Asche in der Feuerungsanlage festbacken und zu Verschlackungen führen. Diese Gefahr ist besonders groß, wenn es bei einem Stopp der Brennstoffzufuhr die Asche zur Ruhe kommt und sich dadurch größere Schlackeklumpen bilden.

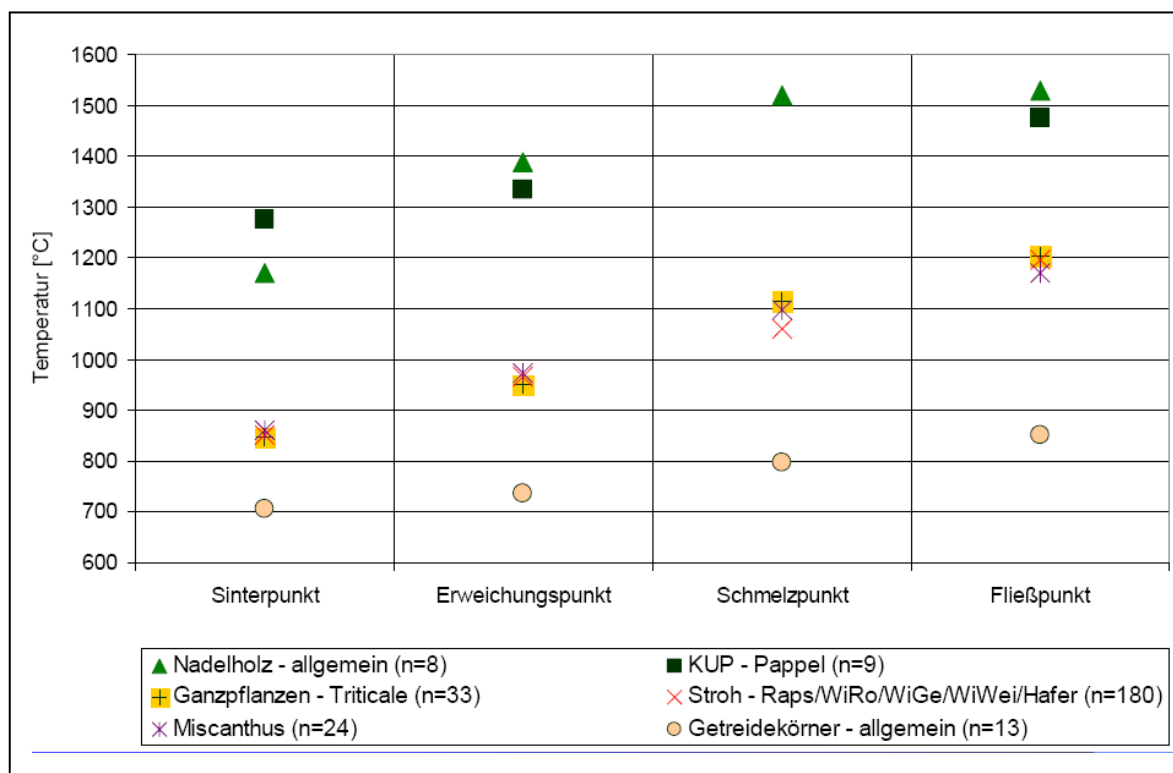


Abbildung 65: Ascheschmelzverhalten verschiedener Brennstoffe

<sup>243</sup> VGL. IBS INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER 2006; HERING 2005

Mittlerweile werden verschiedene Maßnahmen genutzt, um die Verschlackung zu minimieren.

- Einsatz von wassergekühlten Wendekammern oder Verbrennungsrosten, um die Temperatur dieser Bauteile unterhalb des Ascheschmelzpunktes zu halten.<sup>244</sup>
- Einbau von Ascheschiebern, die durch einen ständigen Ascheaustrag ein Festbacken verhindern.

Im Gegensatz zur Holzverbrennung entsteht bei einer Strohverbrennung ein höherer Anteil emissionsrelevanter Mineralstoffe. So liegt nach unterschiedlichen Literaturangaben beispielsweise der Chlorgehalt je nach Getreideart bei 0,1 – 0,4 Prozent d. TM<sup>245</sup>, während er bei Holz rund 0,01 – 0,02 Prozent d. TM ausmacht. Neben der Abgasproblematik kann es daher zu Chlorkorrosionen kommen, wodurch sich die Lebensdauer des Brenners verkürzt.<sup>246</sup>

#### Rechtliche Rahmenbedingungen

Strohfederungsanlagen fallen bereits ab einer Kesselgröße von 100 kW unter die strengen Abgasgrenzwerte der TA-Luft. Insgesamt liegen im Vergleich zu Holzfeuerungsanlagen deutlich schärfere Emissionsgrenzwerte vor, wie folgende Tabelle zeigt.

**Tabelle 35: Relevante Emissionsgrenzwerte beim Einsatz von festen Bioenergieträgern (nach 1. BImSchV bzw. TA-Luft)<sup>247</sup>**

| Anlagen-<br>größe  | Relevante<br>Vorschrift                 | Bezugs-<br>sauerstoff<br>(Vol.%) | Emissionsgrenzwerte                 |   |  |   |  |
|--|---|----------------------------------|-------------------------------------|---|--|---|--|
|  |   |                                  | CO<br>g/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | Staub<br>mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | Ges.-C<br>mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | NO <sub>x</sub><br>mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | SO <sub>2</sub><br>g/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> |
| <b>Emissionsgrenzwerte bei der Verfeuerung von unbehandeltem Holz</b>                |   |                                  |                                     |   |  |   |  |
| <b>&lt; 15 kW</b>  | Keine Emis-<br>sionsbeschrän-<br>kungen |                                  |                                     |   |  |   |  |
| <b>15-50 kW</b>  | 1. BImSchV                              | 13                               | 4                                   | 150                                     | -  | -   | -  |
| <b>50-150 kW</b>   | 1. BImSchV                              | 13                               | 2                                   | 150                                     | -  | -   | -  |
| <b>150-500 kW</b>  | 1. BImSchV                              | 13                               | 1                                   | 150                                     | -  | -   | -  |
| <b>500-1000 kW</b>   | 1. BImSchV                              | 13                               | 0,5                                 | 150                                     | -  | -   | -  |
| <b>1-2,5 kW</b>  | TA-Luft                                 | 11                               | 0,15                                | 100                                     | 10                                       | 250   | 2,0  |
| <b>Besondere Regelung beim Einsatz von Stroh und ähnlichem pflanzlichen Material</b> |   |                                  |                                     |   |  |   |  |
| <b>&lt; 15 kW</b>  | Kein Einsatz<br>von Halmgut<br>erlaubt  |                                  |                                     |   |  |   |  |
| <b>15-100 kW</b>   | 1. BImSchV                              | 13                               | 4                                   | 150                                     | -  | -   | -  |
| <b>100-1000 kW</b>   | TA-Luft                                 | 11                               | <b>0,25</b>                         | <b>50</b>                               | 50                                       | 500   | 2,0  |
| <b>1-50 MW</b>   | TA-Luft                                 | 11                               | <b>0,25</b>                         | <b>20</b>                               | 50                                       | 400   | 2,0  |

<sup>244</sup> VGL. HERING 2005

<sup>245</sup> VGL. KIESEWALTER/RÖHRICHT 2004

<sup>246</sup> VGL. HERING 2005

<sup>247</sup> VGL. HERING 2004

Die Grenzwerte, insbesondere ab einer Anlagengröße >100 kW sind in der Regel nur über eine sehr gute Filtertechnik zu realisieren, die zu deutlich höheren Investitionskosten führt.<sup>248</sup> Derzeit wird über eine Änderung des 1.BImSchV beraten und mit einer Verschärfung verschiedener Grenzwerte gerechnet. Nach gegenwärtigem Diskussionsstand ist auch eine Verschärfung bei den Werten für Holzfeuerungsanlagen zu erwarten.

#### Technische Umsetzung

Für die Dimensionierung der Anlage gelten ähnliche Vorgaben wie bei einer Holzfeuerung. Auch hier wird der Biomassekessel, angepasst an den Jahresverlauf des Wärmebedarfs, in der Regel für die Bereitstellung der Grundlast verwendet und es sollte eine möglichst hohe Auslastung von mindestens 2 500 Volllaststunden erreicht werden. Grundsätzlich ergeben sich durch eine Ballennutzung Vorteile beim Transport- und Lagervolumen. Allerdings wird hierzu eine aufwändigere Beschickungstechnik benötigt. Die folgenden Tabellen führen unterschiedliche Anlagentypen in Abhängigkeit der Brennstoffform und der Beschickungsart auf:

**Tabelle 36: Verbrennungstechnik Kleinanlagen<sup>249</sup>**

| Leistung          | Betrieb              | Brennstoff-aufbereitung | Marktreife                     | Probleme                                    |
|-------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---|
| <b>Bis 100 kW</b> | diskontinuierlich    | Rundballen              | Anlage der Fa. Herit verfügbar | Anfeuerung, Ballenwechsel                   |
|                   | quasi kontinuierlich | HD-Ballen               | Anlagen verfügbar              | Brennstoffzufuhr, Entstaubung, Ascheaustrag |
|                   | kontinuierlich       | Pellets                 | Anlagen im Testbetrieb         | ?   |

**Tabelle 37: Verbrennungstechnik Großanlagen<sup>250</sup>**

| Leistung                | Betrieb   | Brennstoff-aufbereitung                    | Marktreife   | Probleme  |
|-------------------------|---|--|--|---|
| <b>bis 400 kW</b>       | diskontinuierlich                               | Rundballen                                 | Anlage der Fa. Herit verfügbar   | Anfeuerung, Ballenwechsel   |
| <b>500 kW bis 30 MW</b> | kontinuierlich ohne Auflösung                   | Quaderballen                               | Viele Anlagen verschiedener Hersteller für Stroh verfügbar, in Deutschland nur wenige Anlagen in Betrieb | Keine Anlagen mit Heu befeuert, Hinweise auf Probleme mit HCl und NO <sub>x</sub> |
|                         | kontinuierlich mit Auflösung                    | Rund- oder Quaderballen                    | Anlagen im Testbetrieb   |   |
| <b>über 100 MW</b>      | chargenweise mit Scheibenteiler                 | Pellets, Staub bzw. Brenngas aus Vergasung | einige Anlagen für Stroh in Betrieb (nicht in Deutschland)   | Keine Stromvergütung nach EEG, weite Transportwege für Brennstoff                 |
|                         | Mitverbrennung in fossil befeuerten Kraftwerken |  |  |   |

Zum einen gibt es diskontinuierliche Lösungen, bei der ganze Ballen der Feuerungsanlage zugeführt werden. Dies kann zum Teil automatisch oder mit der Hilfe von Frontladern geschehen. Häufig wird aber eine kontinuierliche Beschickung durch einen vorgeschalteten Ballenauflöser realisiert. Das gehäckselte Stroh wird

<sup>248</sup> VERÄNDERT NACH HERING 2005

<sup>249</sup> RAAB 2006

<sup>250</sup> RAAB 2006

dann beispielsweise über einen Gebläsestrom und über Förderschnecken zum Kesselraum transportiert.<sup>251</sup> Somit können Unterschub- oder Rostfeuerungsanlagen genutzt werden.

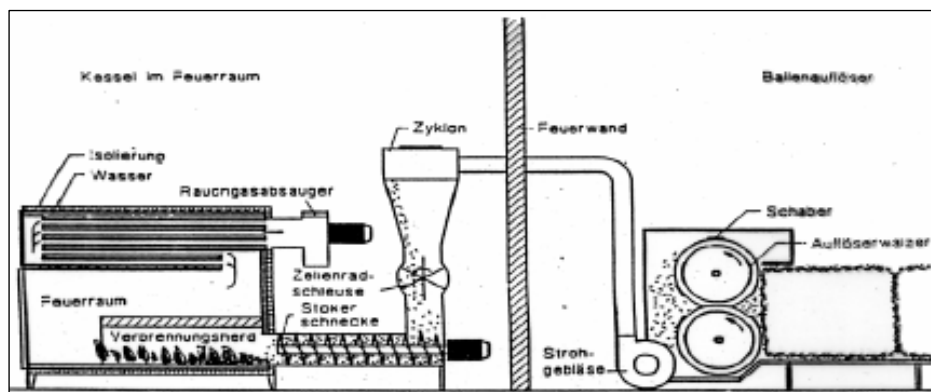


Abbildung 66: Ballenauflöser und Hackselverbrennung<sup>252</sup>

### Strohpellets

Ähnlich wie bei Holz weisen auch Strohpellets Vorteile insbesondere beim Lagerraum- und Transportraumbedarf sowie der Brennraumbeschickung und Dosierbarkeit auf. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über durchschnittliche Strohpelleteigenschaften.

Tabelle 38: Durchschnittliche Eigenschaften von Strohpellets

| Strohpelleteigenschaften |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| Größe (Ø):               | 8 mm                  |
| Schüttdichte:            | 600 kg/m <sup>3</sup> |
| Feuchte:                 | < 10%                 |
| Energiegehalt (wf):      | 4,9 kWh/kg            |
| Abriebfestigkeit:        | < 7% Abrieb           |

Ausgehend von den oben genannten Betriebsdaten (2 500 m<sup>2</sup>, überwiegend Warmhaus) entstanden ein Pelletbedarf von rund 300 t und ein Gesamttransportvolumen von 500 m<sup>3</sup>, was zirka 13 Lkw Ladungen (bei 24 t Nutzlast) entspräche. Zudem handelt es sich bei Strohpellets um einen sehr homogenen Brennstoff, der über einen höheren Heizwert (ca. 4,90 kWh) als Stroh verfügt.

Es gibt bereits verschiedene Untersuchungen über Beimischungen zur Verbesserung der Brennstoffeigenschaften der Strohpellets, wobei dadurch erzielte Vorteile beispielsweise beim Ascheschmelzpunkt auch Nachteile in anderen Bereichen wie etwa einer Zunahme des Aschegehalts zur Folge haben können.<sup>253</sup>

<sup>251</sup> VGL. BRÖKELAND 2005

<sup>252</sup> VGL. BRÖKELAND 2005

<sup>253</sup> VGL. KIESEWALTER/RÖHRICHT 2004

**Tabelle 39: Einfluss verschiedener Bindemittel und Zuschlagstoffe<sup>254</sup>**

| Einfluss verschiedener Bindemittel und Zuschlagstoffe                     |                                  |  |
|---|----------------------------------|--|
| <b>Bindemittel ⇒ Verbesserung der Festigkeit</b>                          |                                  |  |
| <b>Melasse 3%</b>   | Schüttgewicht:                   | Steigerung ca. 7% auf 640 kg/m <sup>3</sup>  |
|   | Abriebfestigkeit:                | um 1% verbessert   |
| <b>modif. Stärke 3%</b>   | Schüttgewicht, Abriebfestigkeit: | keine Zunahme  |
| <b>Dolomitkalk ⇒ Erhöhung des Ascheerweichungspunktes</b>                 |                                  |  |
| <b>Kalkmehl 2,4,6 %</b>   | Ascheerweichungspunkt:           | Anhebung von ca. 800 °C auf 980 °C   |
|   | Schüttgewicht, Abriebfestigkeit: | Abnahme der Festigkeit (13 % Abrieb) und des Schüttgewichts (410 kg/m <sup>3</sup> ) |
|   | Aschegehalt:                     | Anstieg bis auf 11%  |
|   | Heizwert:                        | Abnahme bis 16,1 MJ/kg   |
| <b>Zerfaserung ⇒ Erhöhung der Festigkeit, Senkung der Staubemissionen</b> |                                  |  |
| <b>Faserstoff (Fa. Lehmann Maschinenbau GmbH)</b>                         | Abriebfestigkeit:                | um 2% verbessert (5% Abrieb)   |
| <b>Holzspäne ⇒ Optimierung der feuerungstechnischen Eigenschaften</b>     |                                  |  |

Die aufgeführten Vorteile haben im Verhältnis zu Häckselstroh oder Strohballen deutlich höhere Brennstoffpreise zur Folge.

#### Brennstoffpreise/Preisentwicklung/Kapitalbedarf

Die Brennstoffpreise für Häcksel- und Ballenstroh können derzeit auf rund 40 - 60 €/t und ca. 1 - 1,6 ct/kWh geschätzt werden.<sup>255</sup> Bewertet nach den Brennstoffkosten stellt Stroh damit einen im Vergleich zu Holz sehr günstigen Brennstoff dar. Allerdings kann der Preis je nach Herkunft und Transportweg sehr variieren, so dass die Nutzung vor allem für Betriebe in ländlichen Gebieten interessant sein kann.

Auch die Preise für Strohpellets liegen mit ca. 140 - 170 €/t unterhalb der Holzpelletpreise. Allerdings würde eine Bewertung nach den Brennstoffpreisen aufgrund der z. T. unterschiedlichen Anforderungen für die Anlagentechnik und den damit verbundenen Kosten zu einer Fehleinschätzung führen. Eine Bewertung anhand von Kostenvergleichsrechnungen findet in Kapitel 6 statt.

Aufgrund des bisher noch geringen Nutzungsgrades von Stroh als Brennstoff lässt sich die weitere Preisentwicklung derzeit nicht genau einschätzen. Findet zukünftig eine deutliche Zunahme der Strohnutzung statt, so ist ähnlich der Holzpreisentwicklung auch hier von Preissteigerungen auszugehen. Dagegen sprechen derzeit noch die im Vorfeld dargestellten Nachteile bei einer Stroffeuerung. Bei zunehmender

<sup>254</sup> VERÄNDERT NACH KIESEWALTER/RÖHRICHT 2004

<sup>255</sup> VGL. BLOCK 2003

Praxistauglichkeit der Strohfeuerung und weiter steigenden Holzpreisen ist aber mittelfristig eine Zunahme der Strohnutzung zu erwarten. Bei Strohanlagen ist davon auszugehen, dass die Investitionskosten u. a. aufgrund der in der Regel notwendigen Rauchgasreinigung, des hohen Lagerraumbedarfs und in Abhängigkeit der Brennstoffzuführung, der aufwändigeren Beschickungstechnik höher liegen als bei vergleichbaren Holzfeuerungsanlagen.

#### 4.2.6 Getreide

Ausgehend von einer jahrelangen unbefriedigenden Marktsituation und den steigenden Preisen bei Gas und Öl wird Getreide als alternativer Energieträger in den letzten Jahren verstärkt diskutiert. Aufgrund des Verschneidungsverbot, nach dem Futtermittel mit zu hohen Gehalten nicht erwünschter Stoffe nicht zur Verdünnung mit anderen Futtermitteln verschnitten werden darf, ist der Markt für minderwertiges Getreide eng geworden. Als unerwünschte Stoffe sind u. a. Mutterkorn, Cadmium, Blei sowie bestimmte Mykotoxine zu nennen.<sup>256</sup> Zudem ist seit 2005 eine Deponierung von nicht verwertbarem Getreide untersagt, so dass hier neue Verwertungswege zu finden sind.<sup>257</sup> Die Verbrennung von fusariumbelasteten Getreide bietet den Vorteil einer zuverlässigen Vernichtung der Krankheitserreger. Das Potenzial für Mindergetreide wird deutschlandweit auf rund 2,3 Mio. Tonnen geschätzt.<sup>258</sup>

Aufgrund seiner für Biobrennstoffe relativ hohen Dichte, seiner Homogenität und Rieselfähigkeit ergibt sich eine gute Transport- und Dosierfähigkeit. Zudem besitzt Getreide einen verhältnismäßig hohen Brennwert, der tendenziell aufgrund des geringeren Wassergehalts etwas über dem von Holzhackschnitzeln liegt. In der Landwirtschaft steht eine ausgereifte Ernte-, Förder- und Lagertechnik zur Verfügung.<sup>259</sup> Grundsätzlich kann damit Getreide insbesondere bei weiter steigenden Holzpreisen eine Rolle als zukünftiger Biomassebrennstoff für die Gewächshausbeheizung spielen. Derzeit ist aber davon auszugehen, dass Getreide hier nur eine sehr geringe Bedeutung hat.

**Tabelle 40: Charakteristika verschiedener biogener Brennstoffe<sup>260</sup>**

|                             | Wasser-<br>gehalt (%) | Heizwert<br>(kWh/kg) | Lagerungs-<br>dichte<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Cl-Gehalt<br>(mg/kg) | N-Gehalt<br>(Gew.-%) | Asche-<br>gehalt<br>(g/kg) | Sinter-<br>beginn (°C) |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>Getreide-<br/>körner</b> | 15                    | 3,91                 | 760  | 860                  | 1,9                  | 19,6                       | 705                    |
| <b>Rapskörner</b>           | 9                     | 6,64                 | 700  | -                    | 3,9                  | 42                         | -                      |
| <b>Stroh</b>                | 15                    | 3,96                 | 85-140                                       | 2503                 | 0,5                  | 48,5                       | 931                    |
| <b>Holzpellets</b>          | 12                    | 4,9                  | 650  | 50-100               | 0,2                  | 4                          | 1171                   |
| <b>Hack-<br/>schnittel</b>  | 18-35                 | 3-4                  | 200-400                                      | 50-100               | 0,2                  | 4                          | 1171                   |

<sup>256</sup> VGL. BRÖKELAND/BÜHL/HIENDLMEIER 2006

<sup>257</sup> VGL. BRÖKELAND 2006; BRÖKELAND/BÜHL/HIENDLMEIER 2006; RÄNSCH 2005; IBS INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER 2007

<sup>258</sup> VGL. SCHÜTTE 2006

<sup>259</sup> VGL. BRÖKELAND/BÜHL/HIENDLMEIER 2006

<sup>260</sup> VGL. BIOMASSE INFOZENTRUM (BIZ) 2002

### Lagerraum

Im Verhältnis zu Holzhackschnitzeln entsteht durch die hohe Schüttdichte ein deutlich geringerer Lagerraum- und Transportraumbedarf. Ausgehend von den bereits in Kapitel 4.2.5 skizzierten Betriebsdaten (2 500 m<sup>2</sup> Gewächshaus mit überwiegend Warmkulturen) ergeben sich folgende Werte für den Brennstoff- und Lagerraumbedarf.

**Tabelle 41: Brennstoff- und Lagerraumbedarf von Getreidekörnern**

| Brennstoff- / Lagerraumbedarf Getreidekörner<br>( 2.500 m <sup>3</sup> GWH, überwiegend Warmhaus) |     |
|---|-----|
| Brennstoffbedarf in t   | 370 |
| Lager-/Transportraumbedarf in gesamt m <sup>3</sup>   | 510 |
| Anzahl Lkw Transporte (80 m <sup>3</sup> /24 t Nutzlast)  | 16  |

Einer praxistauglichen Nutzung von Getreide als Brennstoff für die Beheizung von Gewächshausanlagen stehen neben ethischen Vorbehalten noch eine Reihe technischer und für kleine Anlagen auch rechtlicher Faktoren - ähnlich einer Strohfeuerung - entgegen.

### Asche/Emissionen

Bei der Getreideverbrennung entsteht eine höhere Aschemenge als bei Holz. Der Rohaschegehalt liegt je nach Getreideart bei 1,6 – 3,5 Prozent d. TM und damit über dem von Holz (0,6 - 0,8 Prozent d. TM) aber deutlich unter den Werten bei einer Strohverbrennung.<sup>261</sup> Auch hier besteht wie bei einer Strohfeuerung das Problem höherer Staubemissionen. Nach Messungen sind die Vorgaben von 150 mg/Nm<sup>3</sup> für Anlagen <100 kW, die z. T. mit Sondergenehmigung betrieben werden können bzw. 50 mg/Nm<sup>3</sup> für Anlagen >100 kW oftmals ohne Filtertechnik nicht einzuhalten. Dies ist insbesondere bei der Nutzung von Mindergetreide aufgrund der anhaftenden Staubteile (viele Bruchkörner) zu erwarten.<sup>262</sup>

Zudem liegt der Ascheschmelzpunkt mit rund 700 – 800 °C<sup>263</sup> noch unter dem von Stroh und es besteht die Gefahr der Schlackebildung. Neben den bereits beim Stroh aufgeführten Maßnahmen zur Verhinderung der Schlackebildung, wird bei Getreide auch versucht, durch Zugaben von 1 – 2 Prozent Brandkalk die Ascheerweichungstemperatur zu steigern. Auch eine Mischung mit Holzpellets oder Hackschnitzeln kann hier Verbesserungen bringen.

Die Chlorgehalte liegen in Abhängigkeit der Getreideart mit 0,7 - 0,13 Prozent d. TM tendenziell unter denen einer Strohverbrennung, dennoch besteht auch hier im Vergleich zu Holz die Gefahr der Chlorkorrosionen und schädlicher Chloremissionen. Als besonders problematisch bei einer Getreidefeuerung sind die hohen Stickstoffemissionen zu sehen. Diese liegen mit 1,2 – 2,4 Prozent d. TM deutlich über denen von Stroh oder Holz. Für Kleinanlagen bis 100 kW gibt es keinen Grenzwert. Bei Anlagen von 0,1 bis 1 MW liegt der Grenzwert für Stickoxide der TA-Luft bei 500 mg/Nm<sup>3</sup> und für > 1 MW Anlagen bei 400 mg/Nm<sup>3</sup>.<sup>264</sup>

<sup>261</sup> VGL. IBS INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER 2006; HERING 2006

<sup>262</sup> VGL. BIOMASSE INFOZENTRUM (BIZ) 2002

<sup>263</sup> VGL. HERING 2005

<sup>264</sup> VGL. BIOMASSE INFOZENTRUM (BIZ) 2002

### Geruchsbildung

Bei einer Getreideverbrennung können insbesondere beim Anfahren der Anlage und im Teillastbetriebe Geruchsbelästigungen auftreten, die stärker und unangenehmer als die von Holzverbrennungsanlagen sind. Eine Nutzung in der Nähe von Wohnsiedlungen kann sich, je nachdem wie die Anlage gefahren wird, als problematisch erweisen.

### Rechtliche Rahmenbedingungen

In der 1. Bundes-Immissions-Schutz-Verordnung (BImSchV) sind die Brennstoffe benannt, die in Kleinf Feuerungsanlagen verbrannt werden dürfen. Weil Getreide hier nicht aufgeführt wird, ist es als Regelbrennstoff nicht zugelassen. Inwieweit Getreide als strohähnlicher Brennstoff eingestuft wird und somit in Anlagen bis 100 kW genutzt werden kann, wird auf Länderebene geregelt.<sup>265</sup> In Sachsen wird derzeit in der Regel eine Verbrennung von Getreide in Kleinanlagen abgelehnt.<sup>266</sup>

Für Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung >100 kW gelten die Regelungen der 4. BImSchV mit den Emissionsgrenzwerten der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) (vgl. Tabelle 35). Für Anlagen dieser Größenordnung ergibt sich somit ein höherer Aufwand für Genehmigung und Rauchgasreinigung, was höhere Investitionskosten zur Folge hat. Für die geplante Novellierung der 1. BImSchV wird derzeit diskutiert, ob Getreide unter den Vorgaben der TA-Luft als Regelbrennstoff auch für Kleinanlagen mit aufgenommen werden soll.<sup>267</sup>

### Technische Umsetzung

Auch bei einer Getreideheizung wird zumeist auf das Konstruktionsprinzip der Rost- und Unterschubfeuerung zurückgegriffen, auf die bereits eingegangen wurde. Wie bereits erwähnt, verfügen diese Brenner in Form von wassergekühlten Rosten oder Wendekammern bzw. einer kontinuierlichen Ascheausfuhr z. T. bereits über Ansätze zur Vermeidung der Schlackebildung. Auch die Zugabe von Brandkalk über eine Dosierungsvorrichtung an der Förderschnecke kann die Schlackebildung senken.

Das gleiche Ziel wird ebenfalls durch eine wassergekühlte Brennmuldenfeuerung verfolgt. Wie dargestellt sind die Emissionswerte bei einer Getreideverbrennung als problematisch zu sehen und oftmals können die Grenzwerte der TA Luft nicht erreicht werden, so dass zusätzliche Filtertechnik notwendig ist. Eine Staubreduktion wird dabei neben Zyklonen über Gewebefilter, Elektrofilter oder so genannte Wäscher realisiert, wobei der Einsatz von Zyklonen die preisgünstigste Methode darstellt. Hier ist allerdings zu prüfen, ob diese Technik ausreicht, die geforderten Grenzwerte einzuhalten.

---

<sup>265</sup> VGL. BRÖKELAND/BÜHL/HIENDLMEIER 2006

<sup>266</sup> VGL. BRÖKELAND 2006

<sup>267</sup> VGL. BRÖKELAND/BÜHL/HIENDLMEIER 2006



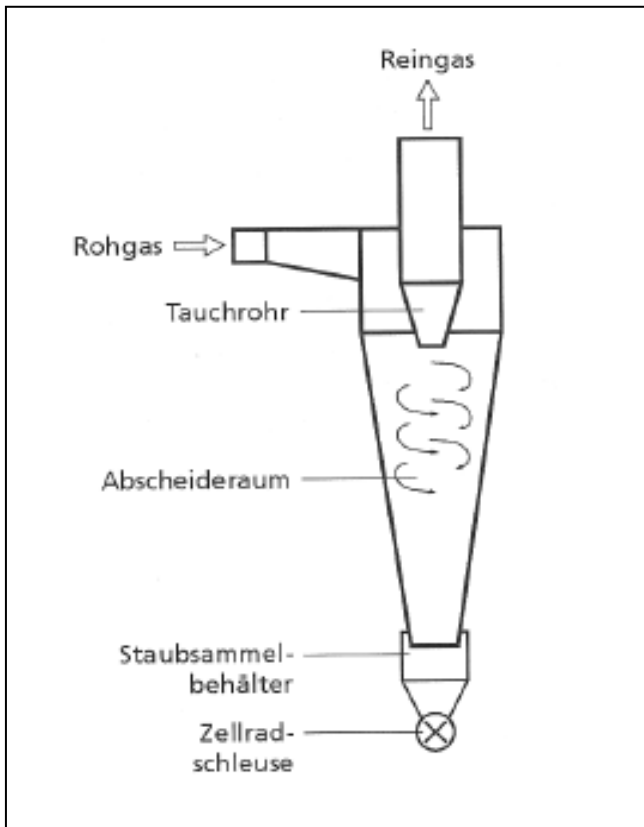


Abbildung 67: Schematische Darstellung der Staubabscheidung in einem Fliehkraftabscheider<sup>268</sup>



Abbildung 68: Filtertechnik zur Rauchgasreinigung<sup>269</sup>

Wie das folgende Diagramm verdeutlicht, sind die Wirkungsgrade der Techniken dabei zum Teil sehr unterschiedlich.

<sup>268</sup> (MARUTZKY U. SEEGER 1999) BRÖKELAND 2002

<sup>269</sup> (FH AMBERG WEIDEN, WINKEL, TFZ) HIENDLMEIER 2006

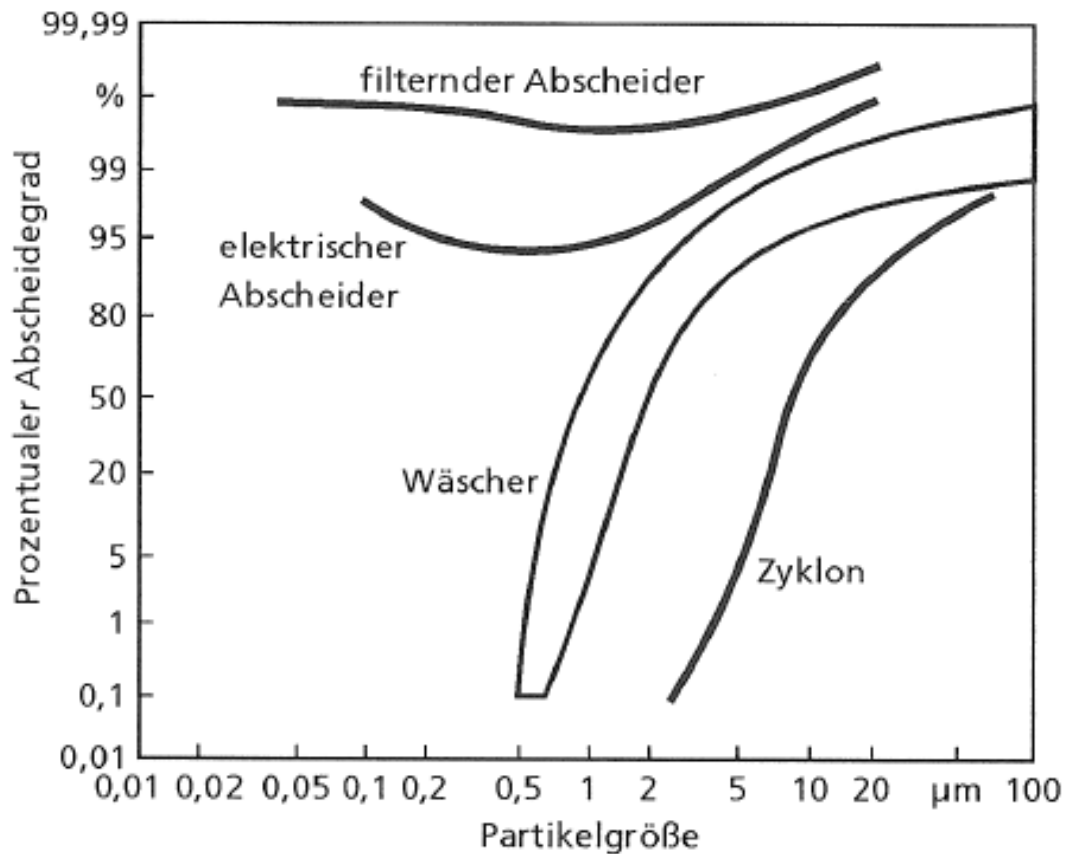


Abbildung 69: Abscheidegrade von Staubabscheidern in Abhängigkeit von der Korngröße<sup>270</sup>

Die NO<sub>x</sub> Emissionen sind maßgeblich abhängig vom Eiweißgehalt des Getreides. Inwieweit eine Reduzierung der NO<sub>x</sub> Emissionen durch angepasste Anbauverfahren und Getreidesorten zu erreichen ist, muss noch geprüft werden. Insgesamt wird im Bereich der Getreideheizungsanlagen noch ein hohes technisches Optimierungspotenzial gesehen.

#### Brennstoffpreise/Preisentwicklung

Die Preise von Energiegetreide können derzeit auf 85 –110 €/t geschätzt werden. Damit ergibt sich ein Preis pro kWh von rund 2,5 – 2,2 Ct/kWh. Die Preise von minderwertigem Getreide sind bei ca. 50 €/t zu schätzen, wodurch sich ein Preis pro kWh von rund 1,25 Ct/kWh ergibt. Ähnlich der Stroheuerung ist die zukünftige Preisentwicklung für Energiegetreide nur bedingt abzuschätzen. Deutliche Preissteigerungen sind aber tendenziell mittelfristig nicht zu erwarten. So gehen aktuelle Prognosen unterschiedlicher Institutionen mittelfristig nicht von steigenden Getreidepreisen aus, wie die folgenden Abbildungen zeigen.<sup>271</sup>

<sup>270</sup> (MARUTZKY U. SEEGER 1999) BRÖKELAND 2002

<sup>271</sup> VGL. KIRSCHKE/HÄGER/NOLEPPA 2005

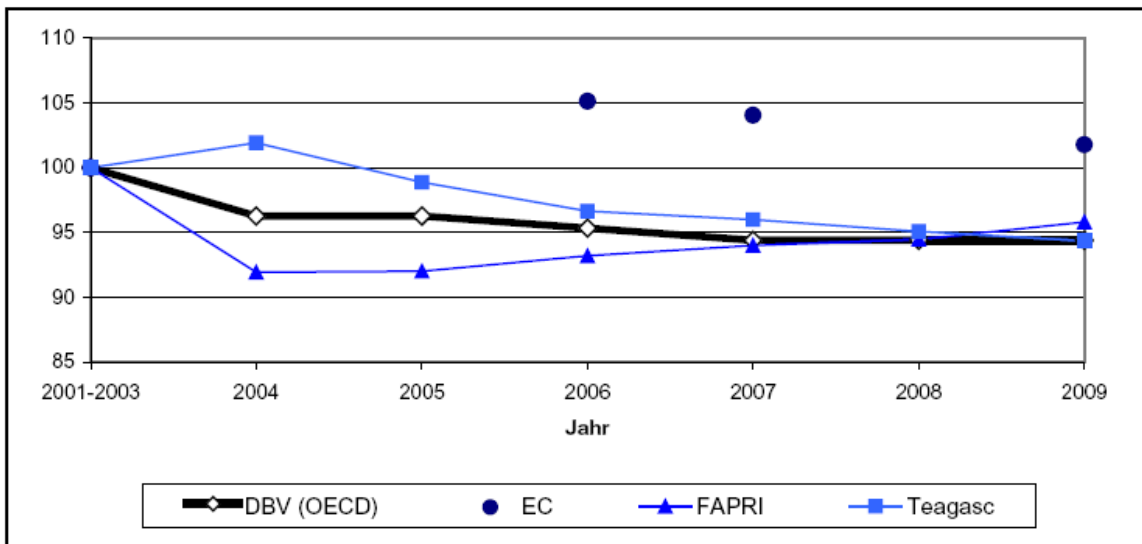


Abbildung 70: Preisprognosen für den Weizenmarkt durch unterschiedliche Institutionen <sup>272</sup>

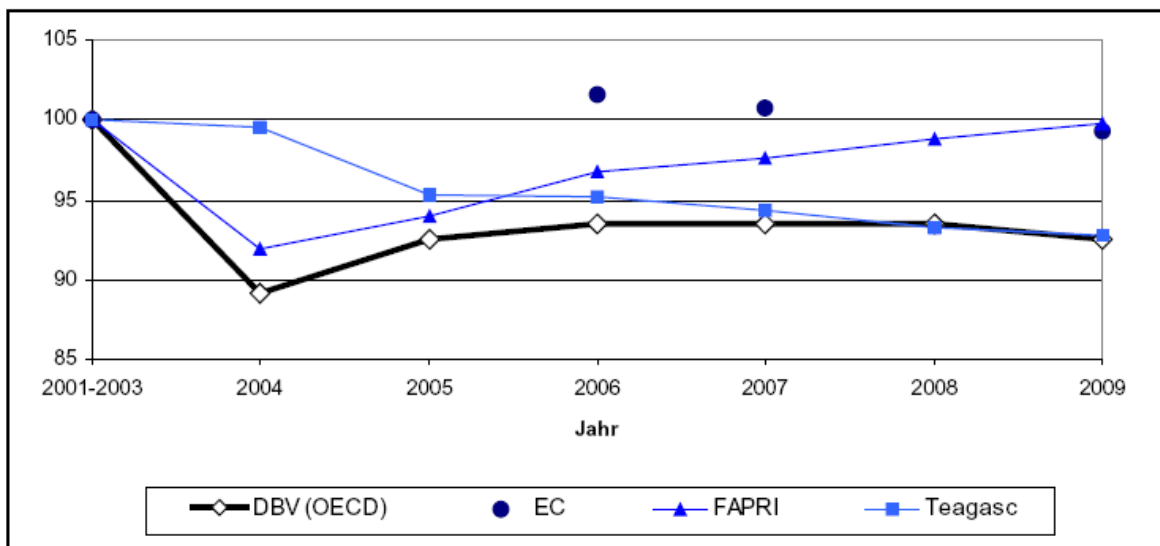


Abbildung 71: Preisprognosen für den Gerstenmarkt durch unterschiedliche Institutionen <sup>273</sup>

Gesetzt den Fall, dass Getreide bei der Novellierung der 1. BImSchV als Regelbrennstoff zugelassen wird und technische Probleme bei der Verbrennung und den Emissionen ohne deutliche Zusatzkosten weiter optimiert werden, ist von einer Zunahme der Getreideverbrennung insgesamt auszugehen (wobei nach wie vor auch ethische Vorbehalten zu berücksichtigen sind). Weil somit auch die Infrastruktur und Logistik für eine endverbrauchsgerechte Nutzung aufgebaut werden müssten, sind hier auch Änderungen des Getreidebrennstoffpreises zu erwarten. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich Getreide oder Mischungen von beispielsweise Getreide und Holzpellets, welche auf bestimmte Brennstoffeigenschaften hin optimiert werden, etablieren würden

<sup>272</sup> KIRSCHKE/HÄGER/NOLEPPA 2005

<sup>273</sup> KIRSCHKE/HÄGER/NOLEPPA 2005

#### 4.2.7 Geothermie

Unter dem Begriff Geothermie werden Ansätze zur Nutzung von Erdwärme subsumiert. Dabei wird sich zu Nutze gemacht, dass die Temperatur zum Erdinneren hin zunimmt. Das Erdwärmepotenzial wird, vergleichbar mit der Sonnenenergie, als sehr hoch eingeschätzt, wobei auch von einem sehr hohen Nutzungsaufwand auszugehen ist. Zahlreiche Forschungsprojekte, Pilotanlagen aber auch reale Umsetzungen zeigen, dass die Nutzung der Erdwärme zur Wärmeversorgung in den letzten Jahren zugenommen hat. Wie folgende Tabelle darstellt, spielt in verschiedenen Ländern Geothermie auch bei der Gewächshausbeheizung eine gewisse Rolle:

**Tabelle 42: Durch Geothermie beheizte Gewächshausflächen weltweit (Jahr 2000)<sup>274</sup>**

| Country  | Area (ha)           |
|----------|---------------------|
| Tunisia  | 102                 |
| Hungary  | 90                  |
| China    | 69                  |
| Italy    | 50                  |
| USA      | 50                  |
| Romania  | 43                  |
| Japan    | 40                  |
| Russia   | 32 + covered ground |
| Iceland  | 29                  |
| Bulgaria | 22                  |

Als Vorteil bei einer Erdwärmennutzung wird gesehen, dass die Energie (mit Ausnahme der Erdwärmekollektoren) ständig und unabhängig vom Wetter und Klima zur Verfügung steht. In Sachsen ist, wie in Großteilen Europas, nur mit einer durchschnittlichen Temperaturzunahme von 3°C/100m Tiefe zu rechnen.<sup>275</sup>

In der Geothermie kann zunächst nach dem Grad der Bohrtiefe zwischen der Oberflächen- und der Tiefengeothermie unterschieden werden. Bei der Oberflächengeothermie wird die durch verschiedene Systeme gewonnene Wärme in der Regel über Wärmepumpen für eine Heizanlage nutzbar gemacht. Die Tiefengeothermie wird neben einer Wärmeengewinnung zum Teil auch zur Stromerzeugung verwandt. Die Wärme kann hierbei oftmals direkt oder über Wärmetauscher genutzt werden. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick:

---

<sup>274</sup> LUND 2006

<sup>275</sup> VGL. WOLF/WENZEL 2007

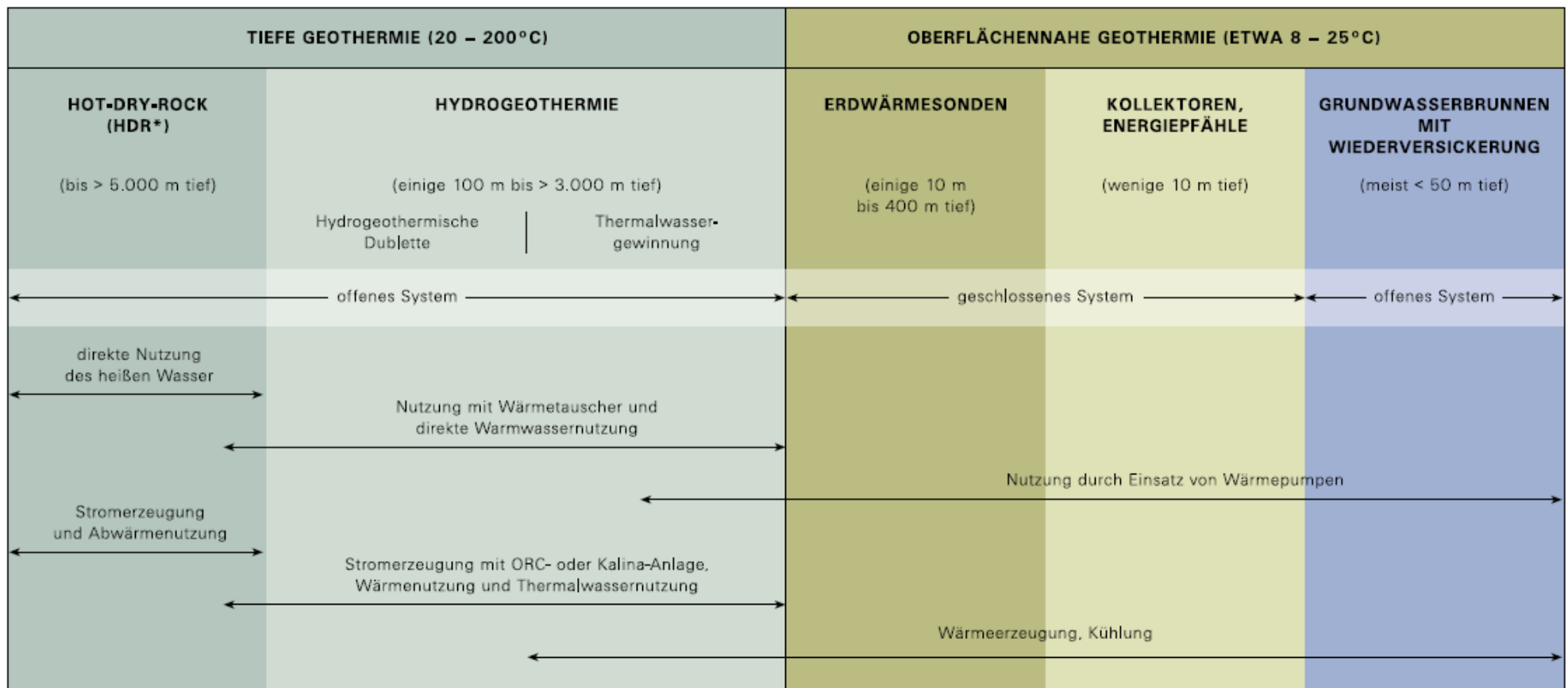


Abbildung 72: Übersicht über die Erdwärmenutzung<sup>276</sup>

<sup>276</sup> UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2005

### Oberflächengeothermie:

Bei der Oberflächengeothermie kommen entweder Erdwärmekollektoren, die in einer Tiefe von bis zu 2 m verlegt werden, Erdwärmesonden oder die Nutzung von Grundwasserbrunnen zum Einsatz.

#### *Erdwärmekollektoren*

Erdwärmekollektoren werden zumeist als PE-Kunststoff oder Kapillarrohrmatten ausgelegt und liefern über eine Wärmeträgerflüssigkeit eine Wärmenutzleistung von ca. 10 – 40 W/m<sup>2</sup>, so dass für eine 10 kW-Leistung mindestens 2 500 m<sup>2</sup> Kollektorenfläche benötigt würde. Aufgrund der sehr oberflächennahen Verlegung besteht eine starke Witterungsabhängigkeit, wodurch im Winter die Wärmeleistung deutlich abnimmt. Eine Nutzung zur Gewächshausbeheizung erscheint dadurch fragwürdig. Zudem dürfen Kollektorenflächen nicht überbaut werden, weil ein Großteil der Wärme durch die vom Boden aufgenommene Sonneneinstrahlung und den Regen generiert wird.<sup>277</sup> Grundsätzlich sind auch aufgrund der Erschließungskosten für Erdwärmekollektoren geringere Investitionskosten als für Erdwärmesonden zu erwarten.

#### *Erdwärmesonden*

Bei Erdwärmesonden handelt es sich in der Regel um senkrecht oder schräge bis zu einer Tiefe von 150 m in den Boden eingebrachte U-förmige Schleifen aus Kunststoff (beispielsweise aus PE oder PP). Sie sind weniger witterungsabhängig und liefern über die Wärmeträgerflüssigkeit je nach (hydro-)geologischen Verhältnissen 20 - 80 W/m. Im Gegensatz zu Wärmekollektoren, die lediglich beim Wasserwirtschaftsamt angezeigt werden müssen, unterliegen Erdwärmesonden der Genehmigungspflicht.<sup>278</sup> In Trinkwasserschutzgebieten wird zumeist keine Genehmigung erteilt.<sup>279</sup> Für die Planung und den Bau sind genaue Kenntnisse über die Bodenbeschaffenheit und die Grundwasserverhältnisse notwendig. Bei größeren Heizanlagen werden in der Regel Probebohrungen vorgenommen.

#### *Grundwasserbrunnen*

Bei einer ausreichenden Menge an oberflächennahem Grundwasser ist auch eine Wärmenutzung über Förderbrunnen möglich. Hierbei wird das Wasser in der Regel mittels einer Unterwasserpumpe direkt zu einer Wärmepumpe gefördert. Über einen Schluckbrunnen wird das abgekühlte Wasser dem Grundwasserkörper wieder zugeführt. Die Brunnen müssen dabei in ausreichendem Abstand zueinander liegen. Zudem muss die Fließrichtung des Grundwassers berücksichtigt werden, damit das abgekühlte Grundwasser nicht zum Förderbrunnen fließt. Als Vorteile sind die hohe Arbeitszahl und die geringen Energiekosten zu sehen. Allerdings steigen mit zunehmender Brunntiefe die Kosten für den Brunnenbau und die Betriebskosten stark an.<sup>280</sup>

#### *Wärmepumpen*

Bei allen dargestellten Ansätzen wird die Erdwärme, die mit ca. 10° – 15°C für die Beheizung nicht direkt verwendbar ist, über Wärmepumpen für die Heizungssystem nutzbar gemacht. Die folgende Abbildung zeigt eine Erdwärmenutzung mittels Erdwärmesonde und Wärmepumpe.

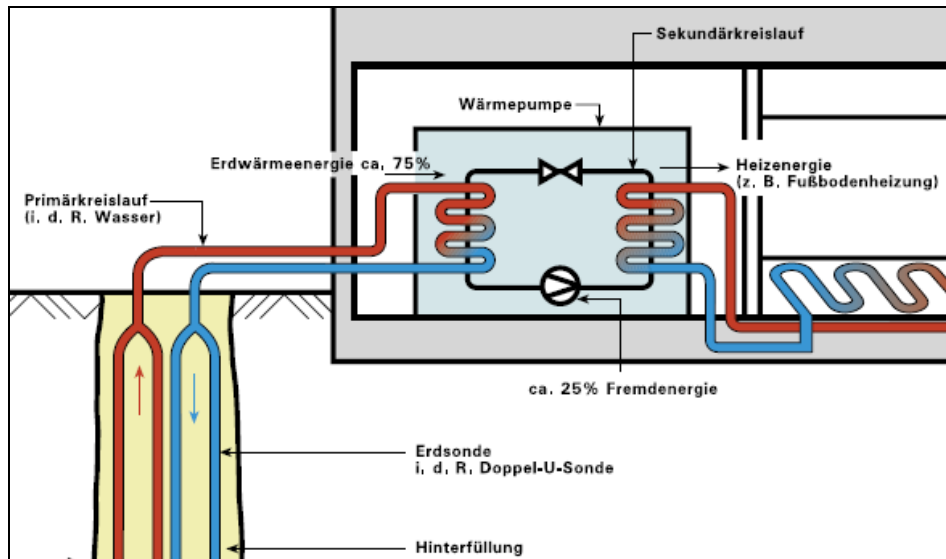
---

<sup>277</sup> VGL. EFFIZIENTE HAUSTECHNIK GMBH 2006; BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (STMLF) 2006

<sup>278</sup> VGL. ALPHA-INNO TEC GMBH 2007; BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (STMLF) 2006; BUNDESVERBAND WÄRMEPUMPE (BWP) E.V. 2006

<sup>279</sup> VGL. BUßMANN 2006

<sup>280</sup> VGL. BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (STMUGV) 2005



**Abbildung 73: Erdwärmennutzung über Erdwärmesonde und Wärmepumpe<sup>281</sup>**

Bei den am stärksten verbreiteten Kompressions-Wärmepumpen wird zunächst im Verdampfer die Energie über ein kaltes flüssiges Arbeitsmittel aufgenommen, das einen sehr niedrigen Siedepunkt besitzt und verdampft. In einem zumeist elektrisch angetriebenen Kompressor (größer dimensionierte Wärmepumpen arbeiten auch mit Verbrennungsmotoren) wird das dampfförmige Arbeitsmittel verdichtet und dadurch zu so genanntem Heißgas erhitzt. In einem Kondensator gibt das Heißgas seine thermische Energie an das Heizsystem ab und kondensiert dabei zu warmem, flüssigem Arbeitsmittel. Dieses wird am Expansionsventil entspannt, wodurch seine Temperatur abrupt sinkt und somit am Verdampfer wieder für die Energieaufnahme bereit steht.

Wärmepumpen sind umso effizienter, umso geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeverbraucher ist. Bei nur geringen Erdwärmemetemperaturen ist somit der Einsatz von Niedertemperaturheizungen sinnvoll. Allerdings entstehen dadurch höhere Kosten und aufgrund der größeren benötigten Heizflächen z. T. bauliche Anpassungen. Auch eine Anpassung der Kulturführung kann erforderlich werden.

Beim Einsatz einer Wärmepumpe ist die Jahresarbeitszahl für die verbrauchsgebundenen Kosten von entscheidender Wichtigkeit. Diese errechnet sich aus dem Verhältnis von jährlich aufgenommener (Strom-) Hilfsenergie zu jährlich abgegebener Wärmeenergie. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3,5 wird mit 1 kWh Strom 3,5 kWh Wärme erzeugt. Bei einem Strompreis von 10 Ct/kWh ergeben sich somit Wärmekosten von 2,9 Ct/kWh.<sup>282</sup>

Neben den Investitionskosten, für die überschlägig 1 500 – 2 500 Euro/kW angenommen werden<sup>283</sup> - diese hängen allerdings u. a. stark von den Bodenverhältnissen und der Ausführung ab - ist somit der Strompreis und die Jahresarbeitszahl von Bedeutung. Bei größeren Anlagen und hohen Strompreisen können auch Wärmepumpen mit Verbrennungsmotoren vorteilhaft sein.

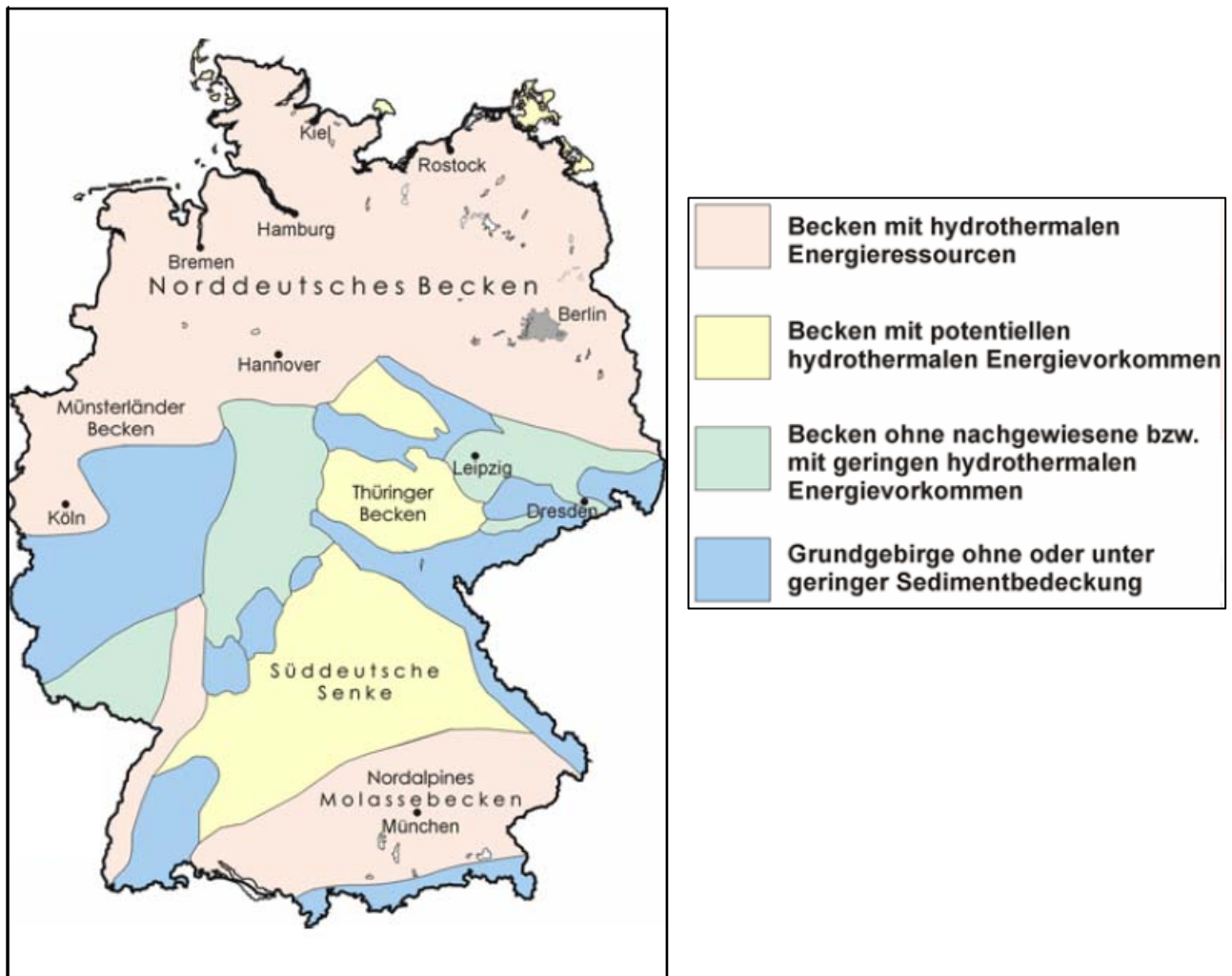
<sup>281</sup> UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2005

<sup>282</sup> VGL. BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (STMUGV) 2005; BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (STMLF) 2006

VGL. HEISE 2005

## Tiefengeothermie

Bei der Tiefengeothermie werden oftmals natürlich vorkommende Thermalwasservorräte, so genannte Heißwasser-Aquifere, zur Energiegewinnung genutzt. Allerdings ist für Sachsen nur von sehr geringen hydrothermalen Energieressourcen auszugehen, wie folgende Abbildung zeigt:



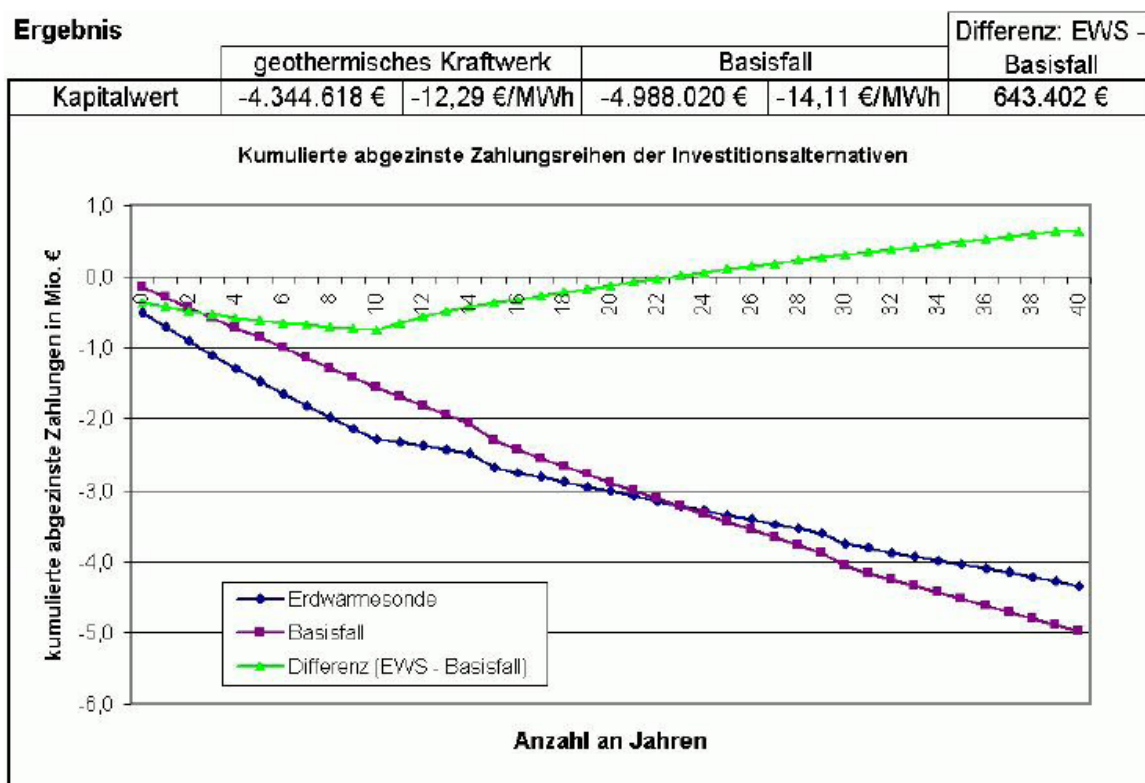
**Abbildung 74: Thermalwasserführende Schichten (Aquifer 20 - 180°C) in Deutschland<sup>284</sup>**

Neben dem Hot-Dry-Rock Verfahren, das sich in der Regel nur für sehr große Anlagen eignet, kommen Tiefenerdwärmesonden zur Energiegewinnung zum Einsatz. Hierzu hat das Institut für Wirtschaftswissenschaften der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen beispielhaft anhand einer Investitionskostenrechnung die Nutzung für die Beheizung eines 22 000 m<sup>2</sup> Gewächshauses bewertet. Die Wärme der 2 800 m tiefen Erdwärmesonde, die eine Maximalleistung von 512 kW aufweist, stellt dabei 39 Prozent der Gesamtlast mit einem Auslastungsgrad von rund 75 Prozent zur Verfügung. Zusätzlich kommt ein gasbetriebener Spitzenlastenkessel zum Einsatz. Für den Abschreibungszeitraum für die Erdwärmesonde wurden 30 Jahre und für die Vergleichsanlage 15 Jahre angenommen. Die veranschlagten Investitionskosten belaufen sich auf rund 2 040 000 Euro.

<sup>284</sup> BUßMANN 2006



Wie folgende Abbildung zeigt, wurde diese Anlage insgesamt als vorteilhaft gegenüber der Vergleichsanlage eingestuft, die ausschließlich mit einem Gas-Brennwertkessel arbeitet und für die ein Investitionsvolumen von 140 000 Euro angenommen wurde.<sup>285</sup>



**Abbildung 75: Ergebnisse der Investitionskostenrechnung<sup>286</sup>**

Allerdings ist ein Vorteil gegenüber der herkömmlichen Heizanlagen erst nach rund 22 Jahren zu erreichen. Bei deutlich steigenden Energiepreisen ist von besseren Ergebnissen auszugehen. Aufgrund sehr unterschiedlicher Rahmenbedingungen, beispielsweise bei den geologischen Gegebenheiten, erscheint allerdings die Verallgemeinerung einer solchen Bewertung problematisch. Während bereits vielfach eine Geothermienutzung bei Wohnhäusern und in der Industrie sowie in Kraftwerken in Deutschland zu verzeichnen ist, steht eine Nutzung zur Gewächshausbeheizung noch am Anfang. Als Hemmnis sind bei der Tiefengeothermie die hohen Investitionskosten im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen aber auch zu Biomasseheizungen zu sehen. So hätte nach Angaben eines Betriebsleiters, der eine Erdwärmennutzung erwogen hat, eine Tiefenbohrung rund 4 Mio. € gekostet. Zudem wird bei einer Oberflächengeothermie zumindest für die Grundlastheizung zwar eine Unabhängigkeit von der Gas- und Ölpreisentwicklung erreicht (bei einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe), dafür hat aber u. a. der Strompreis einen deutlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

In Deutschland wird derzeit eine Oberflächengeothermienutzung in einem Pilotvorhaben in Friesland umgesetzt. Dort soll ein 1 ha großer Fresienbetrieb über 30 m tiefe Grundwasserbrunnen mit Wärme versorgt werden. Dabei kommen erdgasbetriebene Wärmepumpen zum Einsatz, deren Abwärme ebenfalls zur Beheizung genutzt werden soll. Zudem soll Überschusswärme in Speichertanks aufgefangen werden. Überschlägig werden die Investitionskosten auf 116 000 €/1 000 m<sup>2</sup> Glasfläche veranschlagt.<sup>287</sup>

<sup>285</sup> Vgl. Stutznäcker/Souren/Gaschnitz 2003

<sup>286</sup> Stutznäcker/Souren/Gaschnitz 2003

<sup>287</sup> Vgl. o.V. 2005

In Holland finden sich weitere Ansätze einer Geothermienutzung zur Gewächshausbeheizung. Bei einem Projekt wird Erdwärme in Kombination mit einem so genannten geschlossenen Gewächshaus verwandt. Das Prinzip des geschlossenen Gewächshauses ist, dass die Überschusswärme, die im Sommer durch die Globalstrahlung entsteht, nicht abgelüftet, sondern für Heizzwecke gespeichert wird.<sup>288</sup> Bei dem Projekt fungiert ein nicht fließender Grundwasserspeicher in etwa 100 m Tiefe als Wärmespeicher. Im Sommer wird das Grundwasser über einen Brunnen zur Kühlung genutzt. Das dadurch aufgeheizte Wasser wird über einen Schluckbrunnen wieder in das Grundwasserreservoir gepumpt und dann im Winter über eine Wärmepumpe zur Beheizung verwendet. Allerdings sind geschlossene Gewächshäuser in der Fachwelt umstritten.<sup>289</sup> Zudem hängt eine solche Anlagenkonstruktion auch von den geologischen Rahmenbedingungen ab.

Bei einem weiteren holländischen Modellprojekt soll ein etwa 7 ha großes Gewächshaus zur Tomatenproduktion anteilig über Hydrogeothermie beheizt werden. In rund 1 700 m Tiefe wurde auf dem Betriebsgelände ein rund 60°C heißes Thermalwasservorkommen gefunden, das zukünftig für die Beheizung genutzt werden soll.<sup>290</sup> Wie bereits dargestellt, ist für Sachsen allerdings nur von sehr geringen Hydrothermalen Ressourcen auszugehen.

#### **4.3 Contractingmodelle/Möglichkeiten des Wärmeeinkaufs**

Bei einer Neugestaltung der Heizungssysteme bzw. bei einer Neuplanung von Gewächshausanlagen kann in Abhängigkeit der Betriebs- oder Planungssituation auch ein externer Wärmeeinkauf eine sinnvolle Lösung bedeuten. Dabei sollen hier zwei unterschiedliche Pfade abgegrenzt werden. Zum einen werden Möglichkeiten einer externen Abwärmenutzung in Sachsen skizziert, die aufgrund der zum Teil benötigten Standortnähe insbesondere bei Neuplanungen von Bedeutung sein können. Zum anderen werden - und dies bietet sich in der Regel auch für bestehende Betriebe an - die Möglichkeiten im Rahmen von Contractingmodellen, insbesondere das Anlagen-Contracting, kurz erläutert.

Mit dem Begriff Contracting (engl.: Vertrag schließen) wird in der Regel eine Aufgabenübertragung von einem Contracting-Nehmer auf ein Dienstleistungsunternehmen (Contractor) bezeichnet. Unter dem Fokus der Wärmeenergieversorgung kann ein Contractingkonzept von einer reinen Wärmelieferung bis hin zu einer Betriebsoptimierung reichen. Grundsätzlich sind bei einer ‚Make or Buy‘ Entscheidung zur Ausgestaltung der Wärmeversorgung in einem bestehenden Betrieb bzw. der Neuplanung einer Gewächshausanlage in Abhängigkeit der betriebsspezifischen Situation verschiedene Faktoren zu berücksichtigen, von denen hier einige benannt werden:

##### Wärmeeinkauf:

- **Kosteneinsparung**  
Aufgrund der Gewinnerwartung der Wärmeanbieter sind hier unter Umständen geringere Kosteneinsparungen als bei einer eigenen Heizungsanlage zu erwarten.
- **Verfügbarkeit/Menge**  
Welcher Anteil am Energiebedarf kann beispielsweise über eine Abwärmebereitstellung abgedeckt werden? Sind Anpassungen bei einer Betriebsumstrukturierung oder -erweiterung möglich?
- **Ausfallsicherheit**  
Wie ist die Ausfallsicherheit einzuschätzen?

---

<sup>288</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006!

<sup>289</sup> VGL. HAAS 2007; BREDENBECK 2004

<sup>290</sup> VGL. GEOTHERMISCHE VEREINIGUNG E.V. 2006.

- **Langfristigkeit**  
Insbesondere beim Contracting findet oftmals eine sehr langfristige vertragliche Bindung statt. Als Grundvoraussetzung sollte daher ein gutes Vertrauensverhältnis zwischen den Vertragspartnern angesehen werden.
- **Tendenz Preisentwicklung (Vertragsdauer)**  
Bei einer Wärmebereitstellung werden in der Regel vertraglich auch Preisanpassungen vorgesehen. Diese können zu Mehrbelastungen führen.
- **Kapitalbedarf**  
In der Regel liegt der Kapitalbedarf deutlich unter dem einer eigenen Anlagenerstellung. Vorhandenes Kapital könnte somit anderweitig genutzt werden.
- **Zeitpunkt Energiebedarf und Energieanfall**  
Bei der Planung ist zu prüfen, inwieweit das Energiebedarfsprofil zu dem Wärmeanbieter passt.
- **Betrieblicher Anpassungsbedarf/Investitionsbedarf**  
Welche betrieblichen Anpassungen beispielsweise des Heizungssystems ergeben sich durch den Wärmeeinkauf?
- **Risiko**  
Insgesamt findet beim Anlagen-Contracting bzw. Wärmeeinkauf bei entsprechender vertraglicher Ausgestaltung eine Risikoverschiebung hin zum Wärmebereitsteller statt.

#### Eigene Anlagenerstellung

- **Investitionskosten/Kapitalbedarf**  
Insbesondere bei Biomasseheizanlagen ist von hohen Investitionskosten auszugehen.
- **Tendenz Preisentwicklung**  
Während es beispielsweise beim Anlagen-Contracting in der Vertragsausgestaltung ankommt, inwieweit Preissteigerungen zulässig sind, entstehen beim eigenen Anlagenbetrieb durch Preiserhöhungen unmittelbar zusätzliche Belastungen. Dafür kann aber auch von Preissenkungen profitiert werden.
- **Notwendiges Know-how Anlagensteuerung**  
Je nach Heizungsanlage ist ein gewisses Know-how für die Anlagensteuerung und Wartung erforderlich.
- **Platzbedarf**  
Gerade für Biomasseheizungen besteht in Abhängigkeit des Energieträgers ein hoher Platzbedarf.
- **Akh-Bedarf**  
Durch Biomasseheizungen entsteht in der Regel ein erhöhter Akh-Bedarf.
- **Ausfallsicherheit**  
Gerade bei der Nutzung noch wenig erprobter Technologien kann es beispielsweise durch Fehler in der Anlagensteuerung zu Ausfällen bei der Wärmeversorgung kommen.
- **Planungs-/Genehmigungs-/Organisationsaufwand**  
Bei einer eigenen Anlagenerstellung ergibt sich ein hoher Planungs- und Organisationsaufwand. Insbesondere bei Anlagen, die unter die TA-Luft fallen, sind zudem aufwändigere Genehmigungsverfahren zu durchlaufen.

#### **4.3.1 Contracting**

Nach DIN 8930 Teil 5<sup>291</sup> können in ihrer Reinform folgende Contractingarten unterschieden werden:

---

<sup>291</sup> VGL. DIN 8930-5

### Einspar-Contracting

Das Einspar-Contracting bezeichnet eine Vertragsbeziehung, bei der der Contractor nach einer Analyse der Anlage dem Contracting-Nehmer einen Vorschlag für eine Optimierung bestehender Anlagen unterbreitet. Dabei übernimmt bei Vertragsannahme in der Regel der Contractor alle Maßnahmen, die für die Energieeinsparung notwendig sind (Planung, Finanzierung, Bau und z. T. auch den Betrieb). Dafür erhält der Contractor vollständig oder teilweise die eingesparten Energiekosten, bis seine Aufwendungen für Planung, Controlling und Finanzierung sowie sein Gewinnzuschlag abgegolten sind.

Insgesamt hat sich diese Form des Contractings bisher nur wenig verbreitet. Gerade für kleinere Gartenbaubetriebe, deren Gewächshäuser noch Optimierungspotenzial auch jenseits einer Heizungsumstellung aufweisen, könnte diese Form des Contracting interessant sein. Aufgrund des spezifischen Fachwissens, das neben Kenntnissen in der Heizungstechnik auch Fachwissen im Bereich des Gewächshausbaus etc. voraussetzt, ist zu vermuten, dass nur sehr wenige Firmen eine solche Dienstleistung anbieten können.

### Energieliefer-Contracting/Anlagen-Contracting

Unter diesem Begriff werden Modelle zusammengefasst, bei dem vom Contractor in der Regel eine Energieanlage auf eigenes Risiko geplant, gebaut und betrieben wird. Somit findet eine Risikoverschiebung vom Unternehmen hin zum Dienstleister statt. Die Anlagen verbleiben im Besitz des Contractors. Mit dem Contracting-Nehmer werden im Gegenzug langfristige Verträge, die zumeist Laufzeiten zwischen fünf und 20 Jahren aufweisen, über Energielieferungen abgeschlossen.

Die Refinanzierung beim Anlagen-Contracting findet über die Entgelte für die Energiebereitstellung und -lieferung statt. Dabei setzt sich der Energiepreis für den Contracting-Nehmer zumeist aus einem fixen Grund- und einem variablen Arbeitspreis und zum Teil aus einem Messpreis zusammen. Der Grundpreis, der beispielsweise in €/a, €/kW oder €/Monat abgerechnet wird, umfasst die Kapital-, Betriebs-, und Wartungskosten. Der Arbeitspreis, beispielsweise abgerechnet in €/MWh oder €/kWh, richtet sich nach dem Brennstoff- und Betriebsmittelverbrauch. Der Messpreis umfasst Kosten für die Verbrauchserfassung.

Aufgrund der langen Vertragslaufzeiten sind in der Regel auch vertragliche Möglichkeiten für Preisanpassungen notwendig. Dies muss auch im Interesse der Wärmeabnehmer sein, weil beispielsweise bei deutlichen Brennstoffpreissteigerungen, wie sie zum Teil bei Holz stattgefunden haben, sonst die Unwirtschaftlichkeit der Anlage droht, was letztlich zur Stilllegung und damit zur Einstellung der Wärmelieferung führen kann. Allerdings sollten diese Klauseln sorgfältig gestaltet werden, um einerseits keine willkürlichen Preisänderungen des Contractors zu ermöglichen, gleichzeitig aber einen Erhalt der Anlage sicherzustellen. Dabei sollten die richtigen Bezugsgrößen wie etwa die Lohnkosten oder der Brennstoffpreis sowie eine Definition der Gewichtung der Preisanteile berücksichtigt werden.<sup>292</sup>

### Finanzierungs-Contracting

Das Finanzierungs-Contracting wird auch als Anlagenbau-Leasing oder Third-Party-Financing bezeichnet und häufig mit dem Anlagenmanagement und dem Betriebsführungs-Contracting verbunden. Der Contractor übernimmt ausschließlich die Planung, Installation und Finanzierung bestimmter technischer Einrichtungen oder Anlagen, das Betreiberrisiko verbleibt weiterhin beim Contracting-Nehmer. Diese Finanzierungsform ist

---

<sup>292</sup> VGL. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) 2006A

vom Leasing bekannt und hat den Vorteil, dass der Contracting-Nehmer kein Eigenkapital aufweisen muss. Eingesetzt wird diese Contracting-Form bei abgrenzbaren technischen Einrichtungen oder Anlagen.<sup>293</sup>

#### Betriebsführungs-Contracting

Das Verfahren ähnelt dem des Anlagen-Contracting, jedoch stehen hier die Energieanlagen im Eigentum des Contracting-Nehmers und wurden auch von diesem finanziert. Der störungsfreie Betrieb der Anlagen obliegt dem Contractor und der Contracting-Nehmer verfolgt hier das Ziel, seine Anlagen technisch und wirtschaftlich, auch im Hinblick auf den Werterhalt, optimal betreiben zu lassen. In Abhängigkeit von dem geschlossenen Vertrag wird die Energie an einem definierten Punkt in der Anlage übergeben bzw. das Endprodukt "warmer Raum" ist Vertragsgegenstand. Der Vertrag kann vom Umfang der Betriebsführung auch den technischen und/oder kaufmännischen Bereich mit einschließen.

Die Vergütung ist flexibel nach dem erforderlichen Aufwand gestaltbar, meist erfolgt die Abrechnung pauschal nach Aufwand oder Leistung. In der Regel kommt diese Art des Contractings dort zum Einsatz, wo ein störungsfreier Betrieb unerlässlich ist. Als Beispiele lassen sich hier Heizungen in Krankenhäusern oder Druckluft für Produktionsanlagen nennen.<sup>294</sup>

In der Praxis ist eine klare Abgrenzung der Contractingmodelle nicht immer möglich. Neben gewerblichen Investoren, die eine Anlagenerstellung und den Betrieb realisieren, ist beispielsweise auch die Gründung einer Betreibergesellschaft unter Beteiligung verschiedener Betriebe denkbar. Contractingmodelle haben gerade im Bereich der Nutzung alternativer Brennstoffe an Bedeutung gewonnen, hier sind häufig Modelle vorzufinden, die vor allem dem Anlagen- oder Wärmelieferungs-Contracting zuzuordnen sind.

Contractingmodelle können folgende Vorteile für den Contracting-Nehmer haben:

- Liquiditätserhalt des Contracting-Nehmers  
Je nach Ausgestaltung des Vertrages kann eine Fremdkapitalaufnahme vermieden bzw. vorhandenes Kapital für andere Zwecke genutzt werden.
- Risikoreduzierung aus dem Anlagenbetrieb
- Einbindung externen Know-hows, das eine wirtschaftlich-technische Optimierung des Anlagenbetriebs ermöglichen kann
- Kostenreduzierung der Betriebsführung durch Synergieeffekte beim Personaleinsatz
- Nutzung von Förderprogrammen und oder Steuervorteilen, die dem Contracting-Nehmer nicht zugänglich sind (beispielsweise ist für Contractingmodelle eine Vergabe von zinsgünstigen Darlehen über die Kreditanstalt für Wiederaufbau möglich)

Zum Teil können die benannten Vorteile zu Kostenvorteilen bei der Anlagenerstellung und dem Betrieb für den Contractor führen. Inwieweit diese auch an den Contracting-Nehmer weitergegeben werden, hängt von den vertraglichen Regelungen und der Preisgestaltung ab.

Insgesamt ist eine Einbeziehung Dritter bei der Anlagengestaltung bzw. Wärmeversorgung nur dann sinnvoll, wenn zumindest einer der benannten Vorteile realisiert werden kann. In der Regel ist aufgrund von Rentabilitäts- bzw. Gewinnerwartungen des Contractors von höheren Wärmenutzungskosten im Verhältnis zu einer Eigenerstellung für den Contracting-Nehmer auszugehen. Zudem sind Leistungen des Contractors

---

<sup>293</sup> VGL. BREMER ENERGIE-KONSENS GMBH 2007

<sup>294</sup> VGL. BREMER ENERGIE-KONSENS GMBH 2007

mehrwertsteuerpflichtig, was auch eine Verteuerung der Wärmebereitstellung zur Folge haben kann. Auch entsteht zumeist ein geringer Einfluss für die Nutzer auf die Anlagengestaltung und Betriebsweise.

Contractingmodelle können auch dann interessant sein, wenn die Kapitalverfügbarkeit bzw. -beschaffung für eine Eigenfinanzierung problematisch ist. Allerdings kann es für Unternehmen, die sich in einer wirtschaftlich prekären Lage befinden, schwierig sein, einen geeigneten Contractor zu finden. Nach Angaben von Praktikern hat die Zahl der Anbieter von Contractinglösungen im Bereich des Anlagen-Contracting, die auch im Gartenbau genutzt werden können, in den letzten Jahren stark zugenommen. Hier ist davon auszugehen, dass sie insbesondere bei Biomasseheizanlagen Holzheizungen aufgrund ihrer Praxistauglichkeit von Bedeutung sind, wobei es beispielsweise in Bayern auch bereits eine Firma für ein Biogasanlagen-Contracting gibt.<sup>295</sup> Insgesamt stellt Vertrauen einen wichtigen Faktor bei der Entscheidungsfindung für einen geeigneten Contractor dar. Aufgrund der Gefahr weit reichender Produktionsausfälle bei einem Einbruch bei der Wärmelieferung, muss die Auswahl des Contractors sehr sorgfältig stattfinden.

Ein Betriebsleiter hat in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, möglichst auf Anbieter mit jahrelangen Markterfahrungen zurückzugreifen, die bereits zahlreiche Anlagen betreuen. Als weitere Absicherung sollten bei der Vertragsgestaltung ausreichende Haftungsklauseln berücksichtigt werden. Die Marktentwicklungen, beispielsweise bei Holz, können sich aber auch für Contractor-Geber als problematisch erweisen, wenn die langjährigen vertraglichen Bindungen keine ausreichenden Preisanpassungen zulassen. Gerade für kleinere Betriebe kann es sich, wie von einem Betriebsleiter berichtet wurde, aufgrund des geringen Wärmebedarfs schwierig gestalten, einen geeigneten Contractor zu finden.

#### **4.3.2 Abwärmepotenzial in Sachsen**

Während mit dem Anlagen-Contracting häufig Modelle umschrieben werden, die auf einer Neuerrichtung von Energieanlagen durch den Contractor beruhen, sind auch Ansätze denkbar, bei denen anfallende Abwärme bestehender Biogas-, Biomasse- oder Industrieanlagen genutzt wird. Aufgrund einer in der Regel fehlenden Standortnähe von bestehenden Unterglasbetrieben zu Abwärmeanbietern und den hohen Kosten für Wärmeleitungen entsteht diese Möglichkeit vor allem bei der *Neuplanung* von Anlagen. Aufgrund des Publikationsumfangs lässt sich vermuten, dass diese Möglichkeiten insbesondere zur Energiekrise Ende der 70er- bis Anfang der 80er-Jahre bereits als ein Lösungsansatz gesehen wurden.

Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen allerdings, dass eine Abwärmenutzung im Gartenbaubereich bisher nur eine geringe Bedeutung hat. Zu vermuten ist, dass aufgrund der in den 80er- und 90er-Jahren relativ geringen Energiekosten und der energetischen Optimierung der Gewächshäuser andere Standortfaktoren wie Verkehrsanschluss, Verbrauchernähe, Grundstückpreise etc. für die Wahl des Betriebsstandortes stärker von Bedeutung waren und die Betriebsleiter häufig eine eigene Heizungsanlage präferierten. Auch erscheint die Ansiedlung von Produktionsstandorten in der Nähe größerer Industrieanlagen alleine aus Marketinggründen nicht immer geeignet. Zudem ergeben sich je nach Abwärmearart höhere Anforderungen an das zu installierende Heizungssystem.

Inwieweit sich durch die Preissteigerungen im Energiebereich und den zunehmenden Wettbewerbsdruck eine Zunahme der Abwärmenutzung im Unterglasbau ergibt, ist derzeit nicht abzuschätzen. Die starke Zunahme der Biomassenutzung zur Energieerzeugung, die zumeist dezentral in kleineren bis mittleren Anlagen stattfindet, hat zu neuen Möglichkeiten geführt. Zudem weisen Aussagen von Praktikern darauf hin, dass eine

---

<sup>295</sup> VGL. o.V. 2006

Neuplanung von Anlagen ohne kostengünstige Energiekonzepte unter den Produktionsbedingungen in Deutschland nicht mehr rentabel ist.

Um bestehende Möglichkeiten einer Abwärmenutzung in Sachsen zu skizzieren, werden im Folgenden landwirtschaftliche und industrielle Anbieter aufgezeigt.

#### 4.3.2.1 Landwirtschaftliche Anbieter

Zur Verbesserung der Einnahmeseite landwirtschaftlicher Betriebe und aufgrund der von politischer Seite forcierten Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Austoßes hat in den letzten Jahren eine deutliche Anbauzunahme nachwachsender Rohstoffe stattgefunden. Zum Teil fungieren dabei die Landwirte als reine Rohstofflieferanten, beispielsweise für größere Biomassekraftwerke, gleichzeitig findet aber auch verstärkt eine Energieerzeugung im landwirtschaftlichen Betrieb bzw. in Kooperation mit anderen Betrieben statt. Aufgrund der Fördersituation im Rahmen des EEG (siehe Kapitel 4.2.3) spielen dabei Biogasanlagen eine zunehmende Rolle. So ist die Anzahl der sich in Betrieb, Bau und Planung befindlichen Biogasanlagen in Sachsen zwischen 2005 und 2006 um rund 39 Prozent von 95 auf 132 Anlagen gestiegen. Die durchschnittliche Leistung der sich in Betrieb befindlichen Anlagen liegt dabei allerdings nur bei 320 kW el., wobei die geplanten Anlagen mit durchschnittlich 400 – 500 kW el. etwas größer dimensioniert sein werden<sup>296</sup>.

In der Regel werden die Anlagen zur Stromerzeugung über Blockheizkraftwerke genutzt. Eine Abwärmenutzung findet nur zum Teil statt. So hat der Fachverband Biogas für 2005 geschätzt, dass rund 2 Mio. MWh Abwärme aus deutschen Biogasanlagen nicht genutzt werden. Gründe liegen zum einen in der schlechten Einschätzbarkeit des eigenen Prozesswärmebedarfes und damit des überschüssigen Abwärmangebotes und zum anderen bei fehlenden Abwärmekunden wie Gartenbaubetriebe in annehmbarer Entfernung<sup>297</sup>.

Für die Betreiber besteht der Anreiz für die Abwärmenutzung in zusätzlichen Einnahmemöglichkeiten, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen insgesamt verbessern kann. Die Mehreinnahmen resultieren dabei sowohl aus dem Wärmeverkauf als auch aus der zusätzlichen Förderung in Form des KWK-Bonus.

Der KWK-Bonus errechnet sich wie folgt:

|   |
|---|
| <b>Nutzwärme x Stromkennzahl x 2 ct/kWh</b> |
|---|

Die Nutzwärme ist der Wärmeanteil, der nachweislich sinnvoll verwendet wird. Nicht berücksichtigt wird dabei der Wärmeanteil für die Fermenterheizung sowie die über die Notkühler abgeführte Abwärme.

Die Stromkennzahl ist das Verhältnis von elektrischem zum thermischen Wirkungsgrad des BHKW. Bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 35 Prozent und einem thermischen Wirkungsgrad von rund 50 Prozent liegt die Stromkennzahl bei 0,7.

Bei einer 100 kW el. Biogasanlage mit 7 000 Volllaststunden/a entstehen folgende Mehreinnahmen:

<sup>296</sup> LAUT AUSSAGE DER SÄCHSISCHEN LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT.

<sup>297</sup> VGL. WIESE 2006

**Tabelle 43: Mehreinnahmen aufgrund des KWK-Bonus am Beispiel einer 100 kW el. Biogasanlage**

| Faktoren                      | Werte                             |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Erzeugte Abwärme:             | 1.050.000 kWh/a                   |
| Nutzwärme:                    | 700.000 kWh/a                     |
| Tatsächlich genutzte Abwärme: | 700.000 kWh/a                     |
| Einnahmen Wärmeverkauf:       | 700.000 kWh x 2,5 ct = 17.500 €/a |
| Einnahmen KWK Bonus:          | 700.000 x 0,7 x 2 ct = 9.800 €/a  |
| <b>Mehreinnahmen:</b>         | <b>27.300 €/a</b>                 |

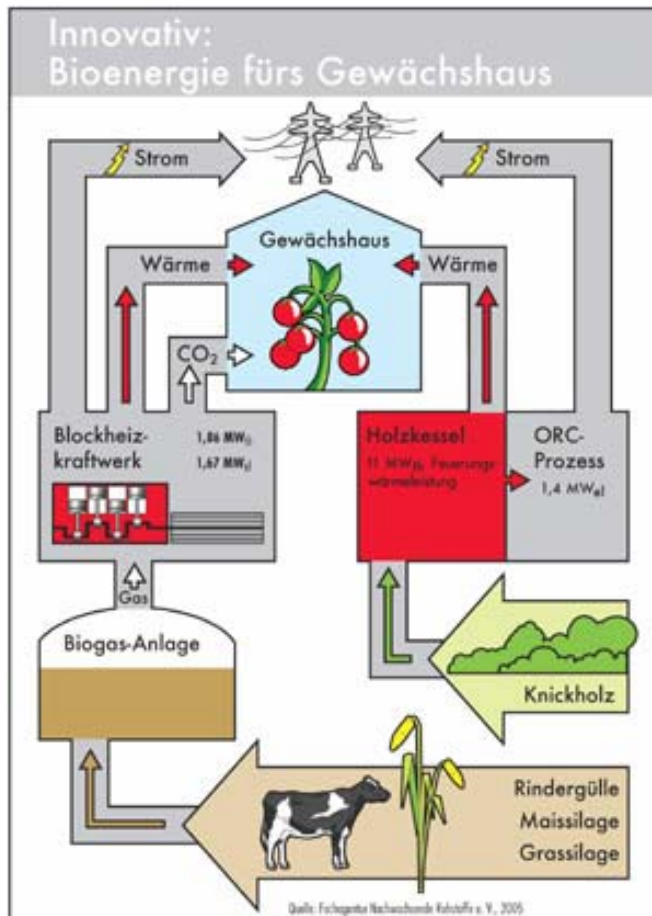
Die Mehreinnahmen machen allerdings nur rund 4 – 6 Prozent der Gesamteinnahmen aus.

Bei der Rechnung ist anzumerken, dass in Veröffentlichungen zumeist ein deutlich höherer Preis/kWh, der sich am Ölpreis orientiert, für den Wärmeverkauf angesetzt wird. Geht man davon aus, dass auch bei einer Abwärmenutzung Investitionskosten beispielsweise in Form von Pufferspeichern, Nahwärmeleitungen, Anschlüssen an das Heizungssystem entstehen, ist aus Sicht der Gartenbaubetriebe die Abwärmenutzung bei einer solchen Preiskopplung schnell unattraktiv. Praxisbeispiele zeigen aber, dass Preise in Höhe von 1,5 – 2,5 ct/kWh möglich sind. Zudem ist eine vollständige Nutzung der Abwärme gerade für den Unterglasanbau in der Regel nicht zu erreichen. Wie bereits in Kapitel 4.2.3 aufgezeigt, ergeben sich deutliche Differenzen bei der Wärmebereitstellung und dem Wärmebedarfsprofil im Unterglasanbau. Häufig ist Anlagenbetreibern der Jahreslastgang eines Gartenbaubetriebes nicht bekannt und der Energiebedarf wird überschätzt.

Wenn nicht gleichzeitig ein Kühlbedarf besteht, stellen Unterglasbetriebe für Anlagenbetreiber somit nicht die optimalen Abwärmenutzer dar. Aufgrund des bisher geringen Nutzungsgrades ist aber davon auszugehen, dass bisher keine Abwärmenutzungskonkurrenz besteht und somit dieser Bereich potenziell für Energiekonzepte im Gartenbau genutzt werden kann, wie dies durch Praxisbeispiele auch bestätigt wird. So wird ein solches Modell neben dem in Kapitel 4.2.3 dargestellten Betrieb auch in Hennstedt im Dithmarschen umgesetzt. Dort wird ein neu gebautes 6 ha-Gewächshaus eines Gemüsebaubetriebes durch die Abwärme einer angrenzenden Biogasanlage in Kombination mit einem Holzheizkraftwerk versorgt. Zusätzlich wird für die Pflanzendüngung CO<sub>2</sub> aus dem Blockheizkraftwerk der Biogasanlage ausgekoppelt.<sup>298</sup> Die Abbildung verdeutlicht das Prinzip.

<sup>298</sup> VGL. PAUL 2006





**Abbildung 76: Wärmenutzung aus Biogasanlage/Holzkessel durch Gewächshausbetrieb in Hennstedt<sup>299</sup>**

Aus gartenbaulicher Sicht stellt sich die Abwärme aus Biogasanlagen aufgrund der hohen Kühlwassertemperaturen von 50 – 90 °C im Vergleich zu einer teilweise niedriger temperierten Abwärme aus Industrieanlagen vorteilhaft dar, weil sie problemlos für eine Gewächshausbeheizung nutzbar ist. Allerdings passt, wie bereits dargestellt, das Wärmebedarfsprofil von Gewächshäusern nicht optimal zur Wärmebereitstellung der Biogasanlagen.

Neben der Preisgestaltung spielt vor allem die Versorgungssicherheit eine bedeutende Rolle. Bei bestehenden Betrieben ist oftmals noch ein z. T. bereits abgeschriebener Öl oder Gaskessel vorhanden, der als Spitzenlastkessel weiterbetrieben wird und beim Ausfall der Wärmelieferung den Wärmebedarf decken kann. Bei einer Neuplanung hängt es dagegen davon ab, wie sicher die Wärmeversorgung durch den Betreiber einzuschätzen ist. Gerade bei kleineren landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit nur einem Fermenter und BHKW, die nicht wie im oben beschriebenen Beispiel noch einen weiteren Wärmeerzeuger haben, besteht ein höheres Ausfallrisiko für die gesamte Wärmebereitstellung. Hier ist zu prüfen, inwieweit dieses technisch z.B. durch größere Spitzenlastenkessel und/oder Pufferspeicher abgefangen werden sollte. Allerdings entstehen hierdurch auch höhere Investitionskosten. Aufgrund der komplexen Prozesssteuerung und den gerade bei Anlagen mit sehr hohen NaWaRo-Anteilen z. T. instabiler ablaufenden Prozessen, sollten zudem Betreiber ausgewählt werden, die nachweislich über ausreichende Erfahrung mit dem Betrieb der Biogasanlage haben. Eine weitere Absicherung ist auch durch Haftungsklauseln vertraglich mit dem Wärmelieferanten zu regeln.

<sup>299</sup> FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) 2006

Aufgrund der hohen Kosten für Nahwärmeleitungen (hier ist von 200 - 500 €/m inklusive Verlegung auszugehen<sup>300</sup>), die häufig vom Gartenbaubetrieb zu tragen sind, ist eine Abwärmenutzung in der Regel nur standortnah zur Biogasanlage sinnvoll. Trotz der deutlichen Zunahme der Biogasanlagen in Sachsen ist daher davon auszugehen, dass die Abwärmenutzung vor allem bei Neuplanungen von Bedeutung sein kann.

In der folgenden Karte wurden die Standorte von sich in Betrieb und im Bau befindlichen sowie geplanten Biogasanlagen in Sachsen eingetragen. Ausgehend von einem überwiegenden Warmhausbetrieb und eines Abwärmenutzungsgrades zwischen 50 und 65 Prozent wurden zudem in der nachfolgenden Tabelle die durch die jeweilige Biogasanlage in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel potenziell zu beheizende Gewächshausfläche aufgeführt. Bei einem geringern Temperaturbedarf ist von größeren Flächen auszugehen.

---

<sup>300</sup> NACH ANGABEN VON INTERVIEWPARTNERN BEI DEN BETRIEBSBESICHTIGUNGEN.

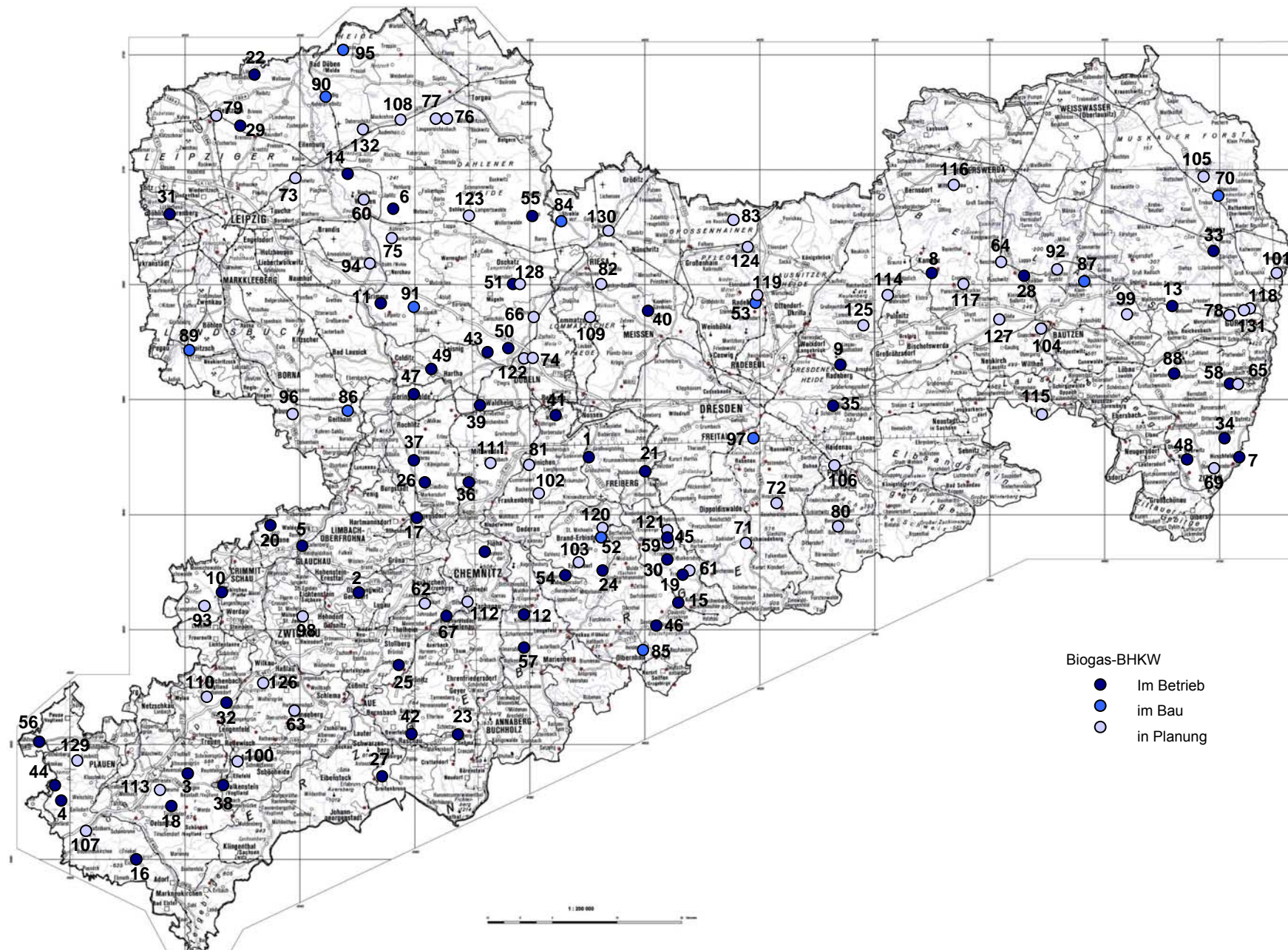


Abbildung 77: Standorte von Biogasanlagen in Sachsen

**Tabelle 44: Theoretisch beheizbare Gewächshausfläche bei unterschiedlichem Abwärmenutzungsgrad durch die in der Abbildung dargestellten Biogasanlagen in Sachsen (bei überwiegender Warmhausnutzung)**

| Anlagen in Betrieb, Stand<br>Dez.2006 |        | Anteil am Jahresenergiebedarf eines GWH |                             |
|---------------------------------------|--------|---|-----------------------------|
|                                       |        | 50%                                     | 60%                         |
| Nummer                                | kW el. | GWH Größe in m <sup>2</sup>             | GWH Größe in m <sup>2</sup> |
| 1                                     | 240    | 4.440                                   | 3.700                       |
| 2                                     | 400    | 7.400                                   | 6.167                       |
| 3                                     | 788    | 14.579                                  | 12.149                      |
| 4                                     | 340    | 6.290                                   | 5.242                       |
| 5                                     | 520    | 9.620                                   | 8.017                       |
| 6                                     | 34     | 629                                     | 524                         |
| 7                                     | 90     | 1.665                                   | 1.388                       |
| 8                                     | 150    | 2.775                                   | 2.313                       |
| 9                                     | 760    | 14.061                                  | 11.717                      |
| 10                                    | 223    | 4.126                                   | 3.438                       |
| 11                                    | 640    | 11.841                                  | 9.867                       |
| 12                                    | 165    | 3.053                                   | 2.544                       |
| 13                                    | 240    | 4.440                                   | 3.700                       |
| 14                                    | 160    | 2.960                                   | 2.467                       |
| 15                                    | 220    | 4.070                                   | 3.392                       |
| 16                                    | 460    | 8.510                                   | 7.092                       |
| 17                                    | 520    | 9.620                                   | 8.017                       |
| 18                                    | 330    | 6.105                                   | 5.088                       |
| 19                                    | 215    | 3.978                                   | 3.315                       |
| 20                                    | 500    | 9.250                                   | 7.709                       |
| 21                                    | 335    | 6.198                                   | 5.165                       |
| 22                                    | 110    | 2.035                                   | 1.696                       |
| 23                                    | 240    | 4.440                                   | 3.700                       |
| 24                                    | 385    | 7.123                                   | 5.936                       |
| 25                                    | 360    | 6.660                                   | 5.550                       |
| 26                                    | 500    | 9.250                                   | 7.709                       |
| 27                                    | 37     | 685                                     | 570                         |
| 28                                    | 511    | 9.454                                   | 7.878                       |
| 29                                    | 330    | 6.105                                   | 5.088                       |
| 30                                    | 360    | 6.660                                   | 5.550                       |
| 31                                    | 340    | 6.290                                   | 5.242                       |
| 32                                    | 340    | 6.290                                   | 5.242                       |
| 33                                    | 320    | 5.920                                   | 4.934                       |
| 34                                    | 139    | 2.572                                   | 2.143                       |
| 35                                    | 500    | 9.250                                   | 7.709                       |

|               |     |                |                |
|---------------|-----|----------------|----------------|
| 36            | 200 | 3.700          | 3.083          |
| 37            | 250 | 4.625          | 3.854          |
| 38            | 400 | 7.400          | 6.167          |
| 39            | 142 | 2.627          | 2.189          |
| 40            | 175 | 3.238          | 2.698          |
| 41            | 310 | 5.735          | 4.779          |
| 42            | 185 | 3.423          | 2.852          |
| 43            | 442 | 8.177          | 6.815          |
| 44            | 200 | 3.700          | 3.083          |
| 45            | 100 | 1.850          | 1.542          |
| 46            | 150 | 2.775          | 2.313          |
| 47            | 340 | 6.290          | 5.242          |
| 48            | 200 | 3.700          | 3.083          |
| 49            | 250 | 4.625          | 3.854          |
| 50            | 150 | 2.775          | 2.313          |
| 51            | 526 | 9.731          | 8.110          |
| 54            | 170 | 3.145          | 2.621          |
| 55            | 185 | 3.423          | 2.852          |
| 56            | 250 | 4.625          | 3.854          |
| 57            | 537 | 9.935          | 8.279          |
| 58            | 540 | 9.991          | 8.325          |
| 67            | 100 | 1.850          | 1.542          |
| 86            | 500 | 9.250          | 7.709          |
| 88            | 500 | 9.250          | 7.709          |
| 94            | 500 | 9.250          | 7.709          |
| 133           | 500 | 9.250          | 7.709          |
| <b>Gesamt</b> |     | <b>362.693</b> | <b>302.244</b> |

#### 4.3.2.2 Außerlandwirtschaftliche Anbieter

Neben Biogasanlagen hat in den letzten Jahren auch eine deutliche Zunahme von Biomasseanlagen wie Heizkraftwerke, Blockheizkraftwerke usw. in Sachsen stattgefunden. Weil es sich hier zum Teil auch um größere Kraftwerksanlagen handelt, die nicht direkt durch landwirtschaftliche Unternehmen betrieben werden, wurden diese den außerlandwirtschaftlichen Anbietern zugeordnet. Die Gesamtanzahl für Biomasseanlagen (ohne Biogasanlagen) lag 2005 bei 213 mit einer jährlichen Wärmeleistung von 25 612 kW. Hier ist davon auszugehen, dass bereits bei der Konzeption vieler Anlagen zur Steigerung der Rentabilität auch eine Wärmenutzung mit eingeplant wurde. Damit besteht nur bedingt eine Nutzbarkeit durch Gewächshausanlagen. Allerdings ließen sich bereits mit 5 Prozent der Wärmeleistung rund 35 - 40 ha (bei gleichzeitiger Nutzung eines Spitzenlastkessels) Gewächshausfläche (Warmhaus) beheizen.

Die folgenden Karten geben einen Überblick über die Standorte von Biomasseanlagen und Biogas-, Biomasseanlagen und Betriebsstandorten des Zierpflanzenbaus in Sachsen:

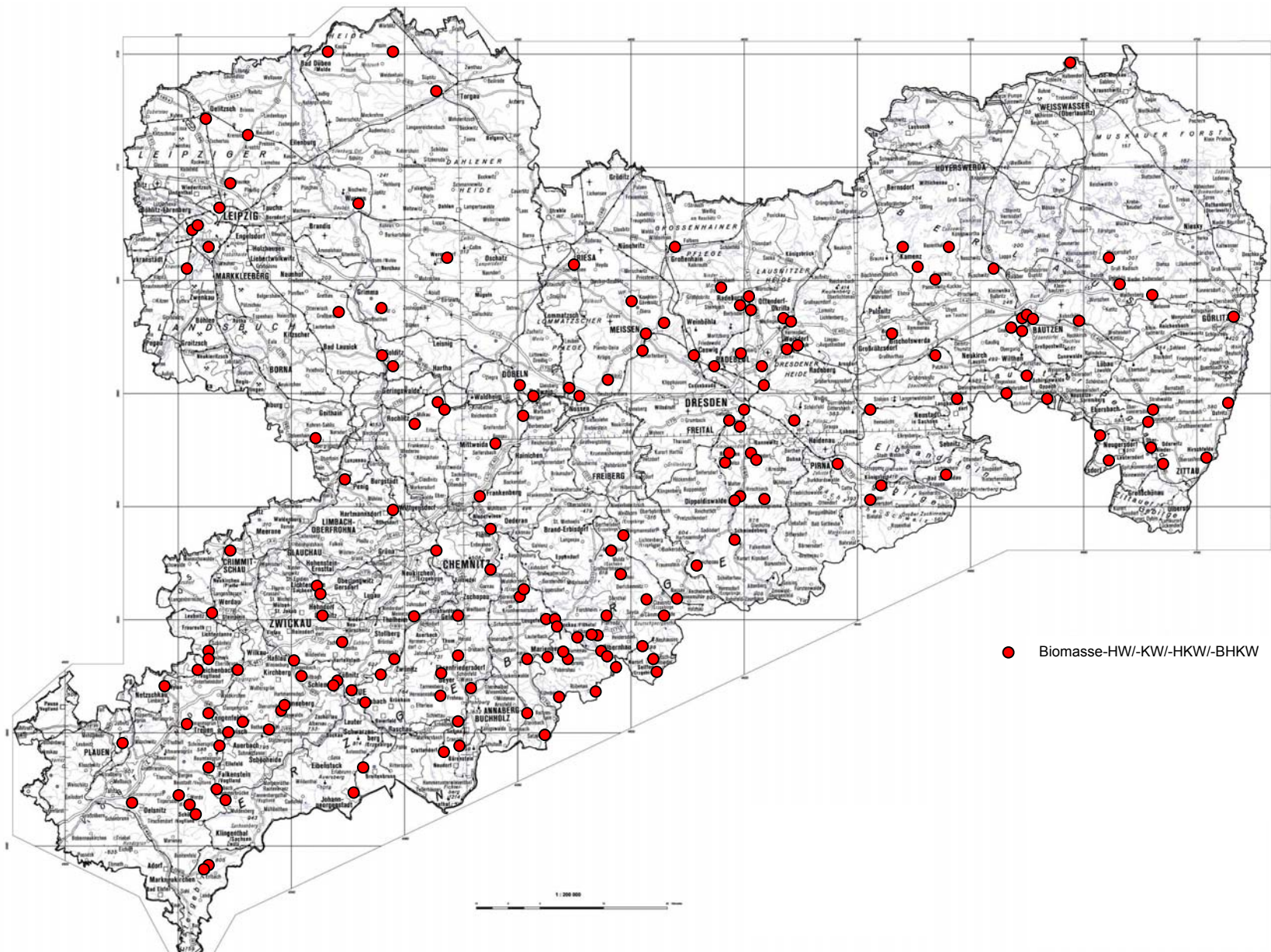


Abbildung 78: Standorte von Biomasseanlagen in Sachsen

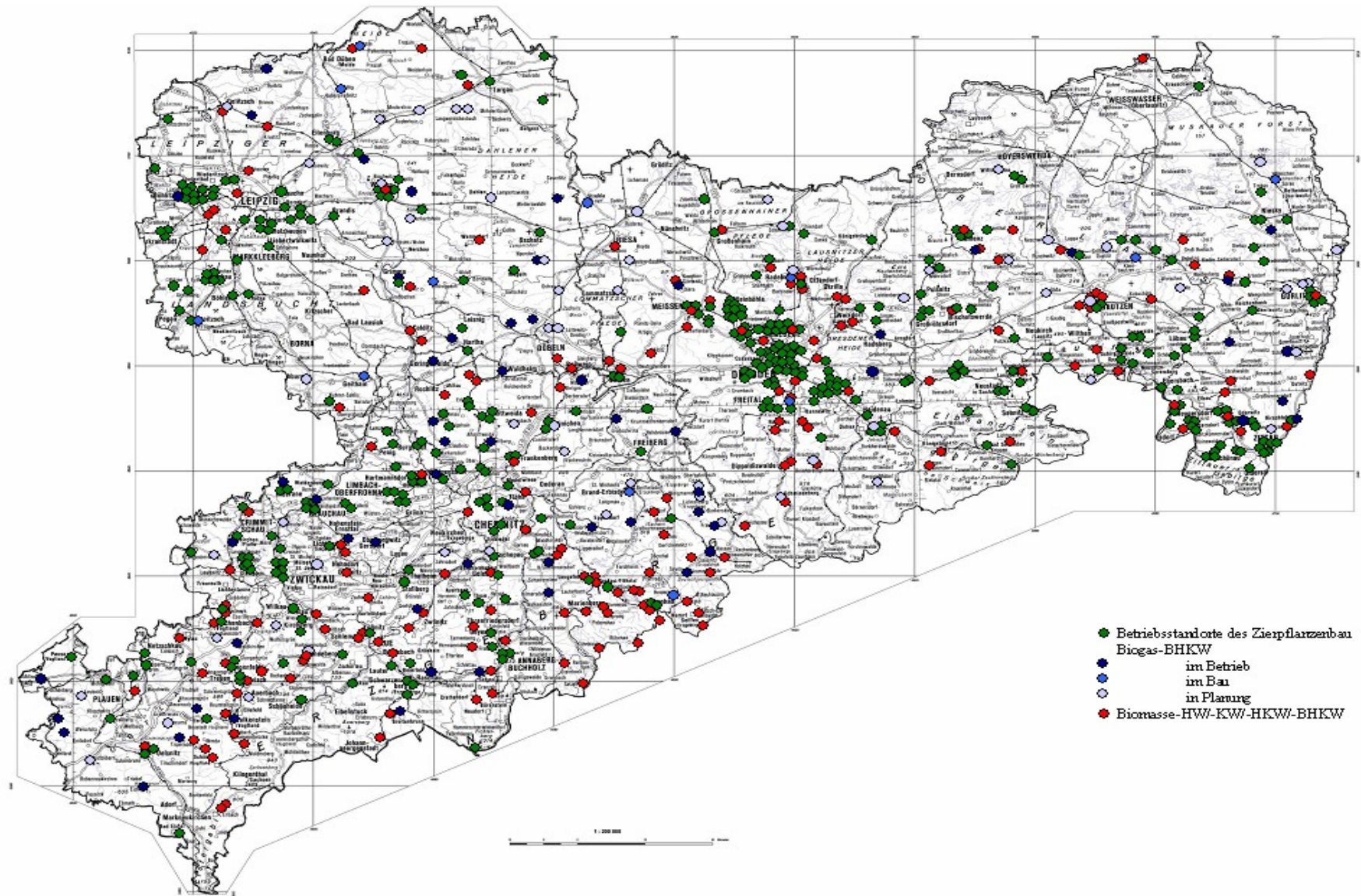


Abbildung 79: Standorte von Biogasanlagen, Biomasseanlagen und Betriebsstandorten des Zierpflanzenbaus

Das Angebot und die Höhe industrieller Abwärme sind von vielfältigen Faktoren abhängig: Art und Aufbau der Produktionsanlagen, Art der Produktion, Reinigungsrythmen u. a. Die größten Energie verbrauchenden und Abwärme produzierenden Industrien in Deutschland sind das Papiergewerbe, die Chemische Industrie, der Bereich Glas/Keramik/Steine-Erden, die Eisen- und Stahlindustrie und die NE-Metallindustrie. Industrien mit längeren Betriebspausen vorwiegend in der kalten Jahreszeit wie die Ziegelproduktion liegen nicht im Fokus. Mittlere und kleinere Betriebe gelten in allen Industriebereichen in ihrer Abwärmeproduktion als zu ungleichmäßig und unsicher. Die Anlagen in Sachsen fallen hauptsächlich unter diese Gruppe. Auch steht bei allen Produktionsanlagen eine betriebsinterne Nutzung der Prozess- und Abwärme im Vordergrund.

In Gesprächen mit Vertretern der Papierindustrie hat sich herausgestellt, dass hier Potenziale für eine Wärmenutzung liegen könnten.<sup>301</sup> Gerade die bis jetzt ungenutzte Niedertemperaturabwärme, welche bis zu 40 Prozente der Gesamtenergie ausmacht, gilt bis dato als ungelöstes Problem. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Abwärmenutzung leidet jedoch wieder mit steigender Entfernung und notwendigen Rohrverlegungsarbeiten. Die Situation ist nach Meinung von Experten jedoch vergleichbar mit einer Schwimmbadbeheizung mittels Abwärme, wofür es Praxisbeispiele gibt. Auch Gewächshäuser wurden schon mit Abwärme aus der Papierindustrie beheizt, wie es das Beispiel der Gewächshausanlagen in unmittelbarer Nähe der heutigen Biocel-Heinzl-Zellstofffabrik in Paskow (heutiges Tschechien) aus den 80er-Jahren zeigte. Weitere Pilotprojekte zur Abwärmenutzung könnten mit der Neuauflage der REN-Programme (Landesprogramm NRW) ab Februar 2007 gefördert werden.<sup>302</sup>

Bereits 1980 wurde in Zusammenarbeit zwischen KTBL und ZVG ein Kriterienkatalog entwickelt, der aufgrund der Anforderungen von Gartenbaubetrieben in Bezug auf die Höhe und Verfügbarkeit von Heizenergie bestimmte Industriebereiche beschreibt. Neben den bereits genannten werden auch Kraftwerke der Energiewirtschaft, Erdgas-Kompressorstationen und Anlagen der Müllverbrennung und Mülllagerung benannt.<sup>303</sup> In der nachfolgenden Karte sind ihre Standorte in Sachsen verzeichnet.

---

<sup>301</sup> LAUT AUSSAGEN VON: PAPIERTECHNISCHE STIFTUNG MÜNCHEN, MYLLYKOSKI PAPER, PAPIERFABRIKATION UND MECHANISCHE VERFAHRENSTECHNIK TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT.

<sup>302</sup> LAUT AUSSAGE DER EFFIZIENZ - AGENTUR NRW DUISBURG.

<sup>303</sup> VGL. LANGE ET AL. 2002



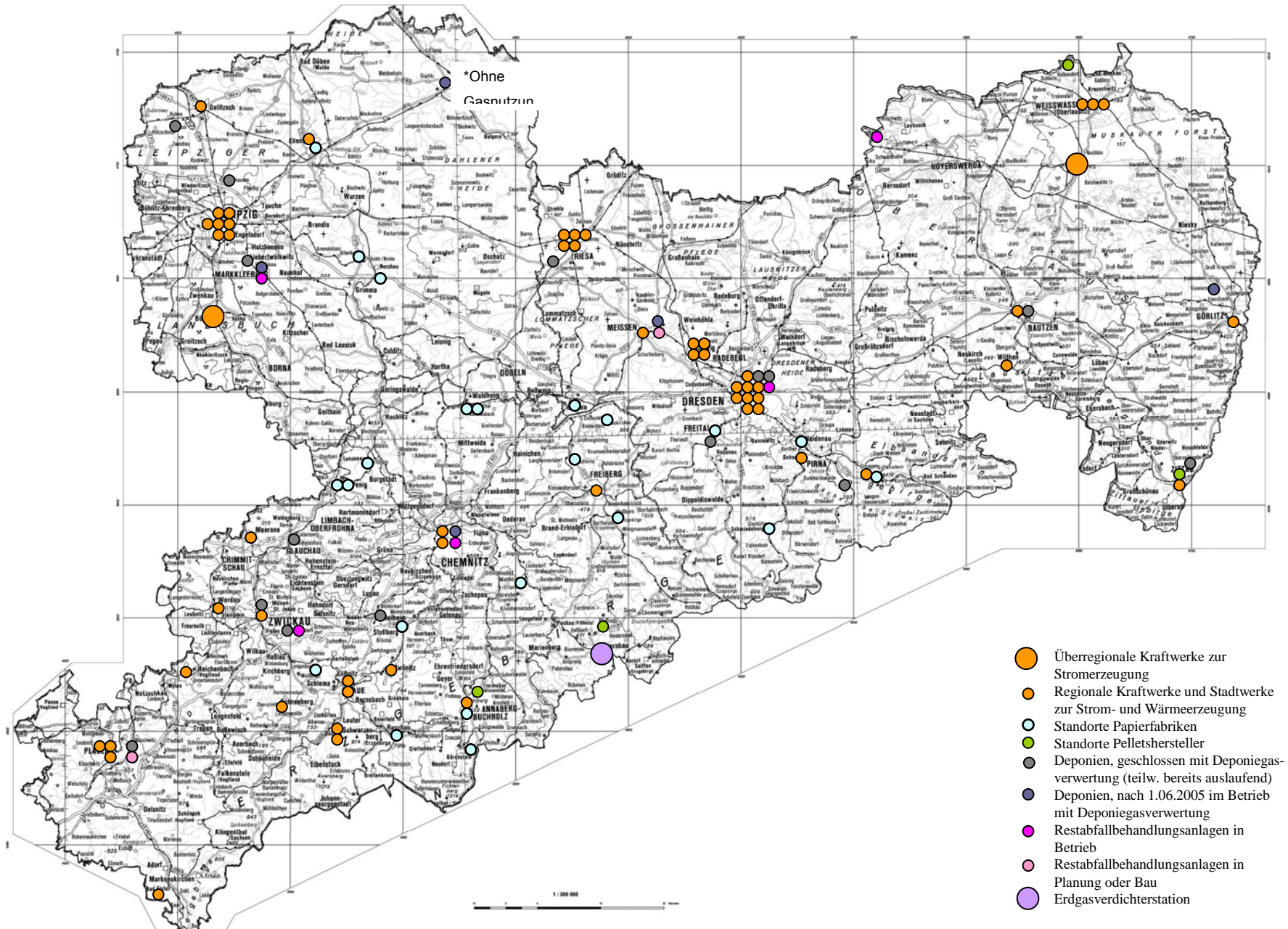


Abbildung 80: Kraftwerks-, Papierfabrik- und Deponiestandorte in Sachsen

In der sächsischen Energiewirtschaft ist die Braunkohle bis heute prägend, so wurden beispielsweise 2003 89 Prozent der Elektrizität und Wärme zur allgemeinen Versorgung aus Rohbraunkohle gewonnen.<sup>304</sup> Hauptstromerzeuger sind das Kraftwerk Lippendorf (2005: 1 840 MW el.) bei Leipzig und das Kraftwerk Boxberg (2005: 1 900 MW el.) im Niederschlesischen Oberlausitzkreis.<sup>305</sup> Beide Kraftwerke weisen einen Brennstoffnutzungsgrad von ungefähr 40 Prozent auf, 300 bzw. 150 MW an Fernwärme werden ausgekoppelt. Weil die sächsische Braunkohle relativ schwefelhaltig ist, ist ein hoher interner Stromverbrauch zur Abgasreinigung notwendig. Daneben existieren zahlreiche kleinere Stadtwerke und regionale Versorger mit unterschiedlichen Heizmedien. (Ab-)Wärmeconzepte sind zumeist vorhanden.

Neben dem möglichen Einstieg in vorhandene Fernwärmenetze bietet sich für die Beheizung von Gewächshausanlagen die Nutzung der Kraftwerksabwärme an. Von BATKIEWICZ (1985) und WEHRUM (1983) wurden Kriterien für geeignete Kraftwerke bestimmt.<sup>306</sup> Demnach eignen sich Kraftwerke mit einer Mindestrestlaufzeit von 20 Jahren, einer hohen Versorgungssicherheit (d.h. Heizblöcke mit mindestens 100 MW, besser 600 MW, Arbeit bei Grund- und Mittelast) und einer Übergabetemperatur von mindestens 25 °C, besser 30 °C ganzjährig (d.h. keine Flusswasserkühlung). Theoretisch ist die Abwärme eines 600 MW-Kraftwerkes ausreichend für die Beheizung von 100 ha Glasfläche.<sup>307</sup> Nur die beiden großen Kraftwerke können den Anforderungen entsprechen. Weil die kleineren Kraftwerke und vor allem die Zierpflanzenbetriebe eher in Nähe der Ballungszentren zu finden sind, könnten sich jedoch für kleinere Betriebe praktikable Lösungen ergeben.

Ergaskompressionsstationen dienen der Erzeugung oder Wiederherstellung (ungefähr alle 200 km) des maximalen Transportdruckniveaus des Erdgases. Diese geschieht mit Hilfe von Gasturbinen. In Sachsen gibt es nur eine Verdichterstation der Erdgasleitung STEGAL in Olbernhau im Erzgebirge nahe der tschechischen Grenze.

Bei der Lagerung und Verrottung von Müll entstehen methanhaltige Gase aufgrund von anaeroben mikrobiellen Zersetzungsprozessen im verdichteten Abfall. Das Gasgemisch kann bis zu 70 Prozent Methan enthalten und wird zur Sicherung des Deponiekörpers zumeist in Gasbrunnen aufgefangen/abgesaugt und verbrannt. Eine Verstromung ist ab einem Methangehalt von 45, besser 55 Prozent möglich. Es kommt jedoch zu Schwankungen der Gasbildung durch den Anteil der organischen Stoffe, den Verdichtungsgrad des Abfalls, klimatische Bedingungen, Witterung usw. Auch nimmt die Deponiegasbildung während der Deponielaufzeit fortwährend ab. Die ersten 10 bis 15 Jahre werden als sichere Verstromungszeit eingeschätzt. Durchschnittlich liefert eine Tonne Abfall jährlich 100 bis 200 m<sup>3</sup> Deponiegas.

Seit dem 1. Juni 2005 dürfen laut Abfallablagereungsverordnung nicht vorbehandelte organische Abfälle nicht mehr deponiert werden. Dadurch sollen die Methanemissionen von Deponien bis 2008 um 0,1 Millionen Tonnen und bis 2012 um 0,4 Millionen Tonnen deutschlandweit zurückgehen.<sup>308</sup> Dadurch sinkt auch die potenzielle Nutzung der Deponiegas oder der BHKW-Abwärme der Deponie durch angesiedelte Gewächshausanlagen. In Sachsen dürfen ab diesem Zeitpunkt nur noch fünf Deponien (von 93

---

<sup>304</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2003

<sup>305</sup> VATTENFALL EUROPE GENERATION AG&CO. KG 2007

<sup>306</sup> VGL. BATKIEWICZ 1985; WEHRUM 1983

<sup>307</sup> VGL. LANGE ET AL. 2002

<sup>308</sup> VGL. KIDA - KOOPERATION IN DER ABFALLWIRTSCHAFT 2005

Siedlungsabfalldeponien in 1990) betrieben werden. Im unbefristeten Betrieb laufen die Deponien in Gröbern (Meißen), Kunnersdorf (Görlitz), Cröbern (Leipzig). Bis Mitte 2009 ist der Betrieb der Deponien in Chemnitz und Torgau zugelassen.<sup>309</sup> Im Jahre 2004 fand in 20 der noch in der Statistik geführten 42 Anlagen eine Deponiegasnutzung statt. Diese konnten abzüglich des Eigenverbrauchs und der Fackelverluste 3,4 Mio m<sup>3</sup> an Deponiegas an die Energieversorgungsunternehmen weiterleiten.<sup>310</sup> Eine Übersicht über die Lage der stillgelegten und sich noch im Betrieb befindenden Deponien mit Gasnutzung lässt sich der Abbildung 79 entnehmen.

Die Müllverbrennung als thermische Abfallbehandlung wird heute häufig der Deponierung vorangestellt. Bei der Verbrennung von nicht vorbehandeltem Siedlungsabfall wird von einem Heizwert von ungefähr 10 MJ/kg Abfall ausgegangen. Die heißen Rauchgase werden gereinigt und abgekühlt, bevor sie über Schornsteine an die Atmosphäre abgegeben werden.

Beim Abkühlungsprozess wird Abwärme ausgekoppelt und häufig als Fernwärme verwertet. Als ideale externe Abwärmenutzer gelten Industrieverbraucher mit Prozesswärmebedarf, weil hier im Gegensatz zur Heizung die Energie unabhängig von der Jahreszeit gleichmäßig benötigt wird. Im Freistaat Sachsen waren 2004 fünf thermische Behandlungsanlagen in Betrieb. Zwei davon hatten eine Nennleistung von 10 000 bis 50 000 t/a, drei Anlagen verwerteten mehr als 100 000 t/a.<sup>311</sup> In diesen findet auch die Restabfallbehandlung seit 2005 statt.

**Tabelle 45: Inbetriebnahmezeitpunkt von Müllverbrennungsanlagen in Sachsen**

| Name der Anlage <sup>312</sup> | Inbetriebnahme |
|--------------------------------|----------------|
| T.A. Lauta                     | Juli 2004      |
| MBA Cröbern                    | Juni 2005      |
| MBA Dresden                    | Mai 2001       |
| RABA Chemnitz                  | Juni 2005      |
| MA Zwickau                     | Juni 2005      |

Die Thermische Abfallbehandlungsanlage TA-Lauta war der erste Neubau in Sachsen, sie ist seit 2004 im Betrieb. Die Nutzung der Abwärme durch ein Gartenbauunternehmen lag von Anfang an im Konzept der Betreiber, konnte jedoch bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht realisiert werden.<sup>313</sup> Die Restabfallbehandlungsanlage in Gröbern bei Meißen befindet sich noch im Bau bzw. in der Auftragsvergabe. Die Standorte der Anlagen sind Abbildung 79 zu sehen.

Im Gegensatz zur Abwärme aus Biogasanlagen liegt der Temperaturbereich industriell anfallender Abwärme größtenteils zwischen 20 und 40°C. Dadurch ergeben sich höhere Anforderungen an das Heizungssystem. So müssen für den Transport der gleichen Wärmeleistung in Nieder temperaturheizsystemen größere Wassermengen transportiert werden. Dadurch bedarf es einer größeren Dimensionierung der Bauteile, wie Armaturen, Pumpen, Rohre, wodurch sich höhere Investitionskosten ergeben. Zudem ist mit einem höheren

<sup>309</sup> VGL. SÄCHSISCHES ABFALL – FACHINFORMATIONSSYSTEM 2007

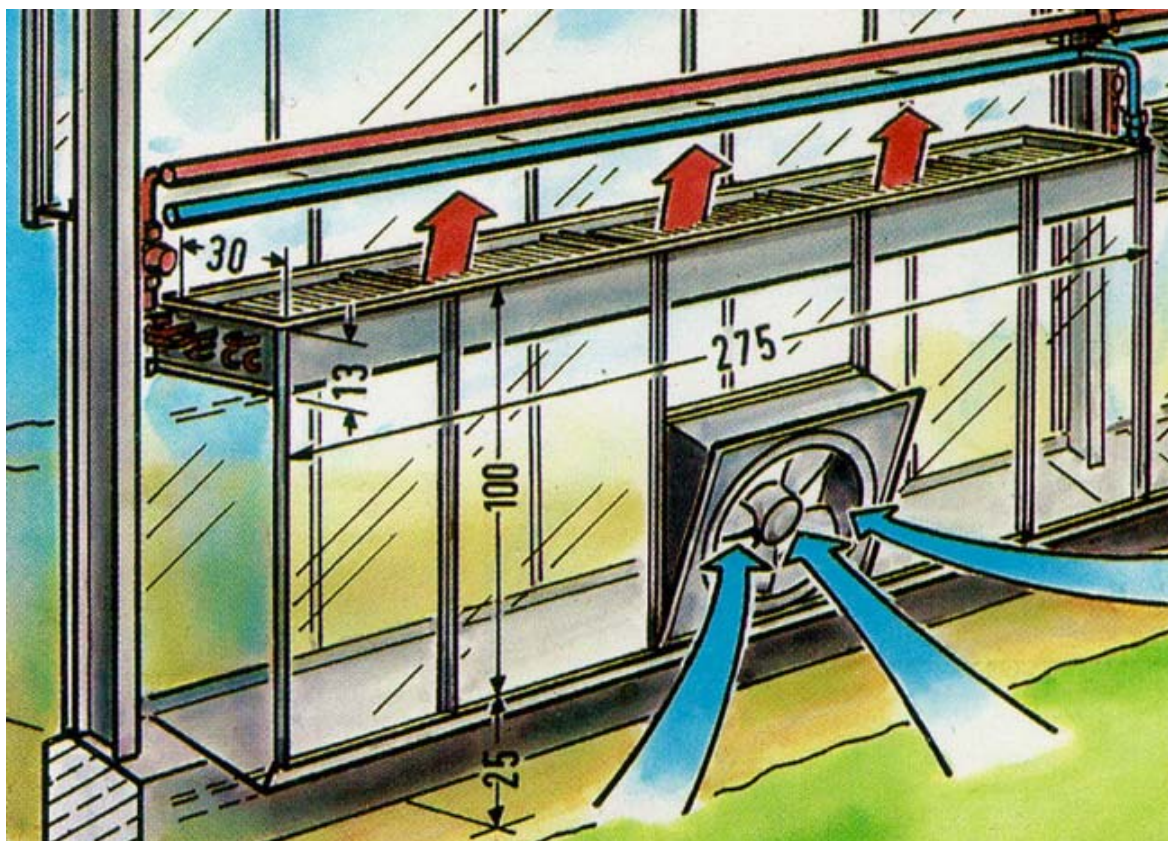
<sup>310</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2004

<sup>311</sup> VGL. STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2004

<sup>312</sup> SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2005

<sup>313</sup> VGL. WAGNER ET AL.; REGIONALER ABFALLVERBAND OBERLAUSITZ-NIEDERSCHLESIESEN 2006

Stromverbrauch zu rechnen. Um zu einer mit herkömmlichen Heizanlagen vergleichbaren Wärmeabgabe zu gelangen, bedarf es einer Vergrößerung der Heizflächen oder des Wärmeübergangskoeffizienten durch einen Ventilatoreinsatz, mit der Folge eines höheren Strombedarfs. Die folgende Abbildung zeigt einen über Ventilatoren zwangsbelüfteten Niedertemperaturwärmetauscher. Zur Minimierung der Beeinträchtigung des Lichteinfalls ist der Luftkanal lichtdurchlässig ausgelegt.



**Abbildung 80: Schema eines zwangsbelüfteten Niedertemperaturwärmetauschers mit lichtdurchlässigem Kanal**<sup>314</sup>

Weil bei Niedertemperaturheizungen mehrere Komponenten aufeinander abgestimmt werden müssen und größere Luft- und Wassermengen zu bewegen sind, ergibt sich auch im Hinblick einer Minimierung der Hilfsenergie ein höherer Aufwand im Vergleich zu konventionellen Heizungssystemen für die wärmebedarfsabhängige Regelung.<sup>315</sup>

Die Entfernung zwischen dem Abwärmebereitsteller und -nutzer sollte aus wärmetechnischen und Kostengründen 1 – 2 km nicht überschreiten und die Übergabetemperatur ganzjährig nicht unter 25 °C liegen.<sup>316</sup> Praxisbeispiele zeigen, dass trotz des höheren technischen Aufwandes und der damit verbundenen höheren Investitions- und Betriebsmittelkosten eine gartenbauliche Nutzung von Kraftwerksabwärme möglich ist. So wird beispielsweise bereits seit 1985 in Bergheim-Niederaußem (Nordrhein-Westfalen) ein Betrieb mit der Abwärme eines in der Nähe gelegenen Braunkohlekraftwerkes versorgt. Das Konzept der

<sup>314</sup> VGL. RWE ENERGIE AG 1998

<sup>315</sup> VGL. BATKIEWICZ 1985

<sup>316</sup> VGL. BATKIEWICZ 1985

Abwärmebereitstellung und Nutzung einschließlich der notwendigen technischen Auslegung wurde dort unter dem Namen „Hortitherm“ in Zusammenarbeit zwischen den Kraftwerksbetreibern und einem Gartenbaubetrieb entwickelt.

## 5 Praxisbeispiele

Aufgrund der steigenden Brennstoffpreise lassen sich zunehmend Praxisbeispiele im Gartenbau finden, bei denen neue Energiekonzepte geplant oder umgesetzt werden. Dabei spielen neben einer eigenen Anlagenerstellung auch vermehrt Contractinglösungen eine Rolle. Durch die Besichtigung verschiedener Anlagen und Gesprächen mit Betriebsleitern/Geschäftsführern, Projektplanern, Contractoren und Angestellten konnten wichtige Erkenntnisse beispielsweise bezüglich der Entscheidungsfindung und technischen Umsetzung gewonnen werden. Obschon zumeist keine detaillierten Angaben zu wirtschaftlichen Kenngrößen wie eine genaue Aufschlüsselung der Investitionskosten und z. T. Wärmeeinkaufspreise gemacht wurden, ließen sich aus den Interviews insgesamt Schlussfolgerungen zur Beurteilung neuer Energiekonzepte aus Sicht einer gartenbaulichen Nutzung ableiten. Diese sind z. T. bereits in die entsprechenden Kapitel mit eingeflossen und wurden neben weiteren Ergebnissen der Untersuchung zur Gesamtbeurteilung möglicher Anpassungsstrategien in Kapitel 7 verwendet.

Insgesamt wurden Betriebe mit folgenden Wärmeversorgungskonzepten im Rahmen der Studie besucht:

- Abwärmenutzung einer Biogasanlage (Contractingmodell)
- Holzhackschnitzelkraftwerk (Contractingmodell )
- Holzpellettheizung
- Kohlekraftwerk (Contractingmodell)
- Nutzung von Tierfett zur Gewächshausbeheizung

### 5.1 Abwärmenutzung einer Biogasanlage für einen Gewächshausneubau

Wie in Kapitel 4.2.3 dargelegt, gibt es bereits durch Gartenbauunternehmen gebaute und betriebene Biogasanlagen. Gespräche mit Praktikern haben aber gezeigt, dass einer Errichtung eigener Anlagen durch einen oder mehrere Gartenbaubetriebe die hohen Anforderungen bei der Planung und Umsetzung, der Kapitalverfügbarkeit und auch der Prozesssteuerung entgegenstehen. Daher sind gerade in diesem Bereich Contractingmodelle interessant, zumal auch die Betreiber zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit funktionierender Wärmenutzungskonzepte interessiert sind.

Aufgrund häufig nicht gegebener Standortnähe zwischen Biogasanlagen und bestehenden Unterglasbetrieben und den relativ hohen Kosten für Nahwärmeleitungen, wird eine Abwärmenutzung von Biogasanlagen, insbesondere bei der Neukonzeptionierung von Unterglasbetrieben eine Rolle spielen.

Ein Beispiel hierfür stellt eine Betriebsneuplanung in der Nähe von Jüterbog (Brandenburg) dar. Die Projektplanung sieht vor, einen Unterglasbetrieb in unmittelbarer Nähe zu einer bereits bestehenden Biogasanlage einer Agrargenossenschaft zu errichten und die dort anfallende und bisher kaum genutzte Abwärme zur Beheizung der Gewächshäuser zu verwenden. Nach Angaben der Planer sind Neuplanungen aufgrund des zunehmenden internationalen Wettbewerbsdrucks und steigender Energiepreise für Öl und Gas nur auf Grundlage eines nachhaltigen und kostengünstigen Energiekonzeptes sinnvoll, welches im Rahmen dieses Contractingmodells umgesetzt werden soll. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Projektplanung:

**Tabelle 46: Übersicht über Projektplanung GWH mit Abwärmenutzung aus Biogasanlage<sup>317</sup>**

| Geplante Gewächshausanlage                            |                           |
|---|---------------------------|
| Vorgesehene überdachte Folien-Gewächshausfläche       | 41.420 m <sup>2</sup>     |
| Vorrangige Produktionsausrichtung                     | Gurken und Tomaten        |
| Wärmebedarf/Heizungssystem                            |                           |
| Angenommener durchschn. Energiebedarf Tomaten, Gurken | 520 kWh/m <sup>2</sup> /a |
| Angenommener durchschn. Jahreswärmebedarf             | 21.530 MWh                |
| Veranschlagter Wärmebedarf für die Gewächshausfläche  | 8.280 kW                  |
| 3 Heizkreisläufe: niedrige Rohrheizung                | Vorlauf/Rücklauf 60/40°C  |
| Vegetationsheizung 1                                  | Vorlauf/Rücklauf 40/25°C  |
| Vegetationsheizung 2                                  | Vorlauf/Rücklauf 50/35°C  |
| Kesselauslegung Spitzenlastkessel Öl                  | 5.010 kW                  |
| Kesselauslegung Spitzenlastkessel Gas                 | 2.260 kW                  |
| Wärmeleistung BHKW-Biogasanlage (Nutzleistung)        | 1.380 kW                  |
| 3 Pufferspeicher                                      | a 100 m <sup>3</sup>      |

Für die Kesselanlage (ohne Biogasanlage) inklusive Nahwärmeleitung zur Biogasanlage und Pufferspeicher wird eine Gesamtinvestitionssumme von rund 1,9 Mio. € veranschlagt. Der Pufferspeicher ist so ausgelegt, dass bei einer Außentemperatur von 9 °C eine Gewächshaustremperatur von 18 °C ohne Zuschaltung der Kessel bzw. BHKW für rund drei Stunden gehalten werden kann.

Die Biogasanlage der nahe gelegenen Agrargenossenschaft wurde für die geplante Gewächshausanlage durch die Betreiber auf eine thermische Nutzleistung von 1 380 kW erweitert. Sie verfügt über zwei Fermenter (à 500 und 1 300 m<sup>3</sup>) und drei Gas-Otto BHKW. Das Gesamtinvestitionsvolumen lag bei rund 2 Mio. €. Die Agrargenossenschaft wirtschaftet auf einer Fläche von rund 1 500 ha und baut größtenteils die Substrate selbst an. Als Substrate werden hauptsächlich Mais, Gras und Getreide und zu einem geringen Anteil Gülle verwendet.

Der Anschluss soll über eine noch zu verlegende ca. 100 m lange Nahwärmeleitung stattfinden, deren veranschlagte Investitionskosten von rund 39 000 € (inklusive Erdbauarbeiten) durch den

<sup>317</sup> Die Angaben beziehen sich auf das durch die Planer zur Verfügung gestellte Informationsmaterial. Im Interview wurde deutlich, dass hier noch Anpassungen stattgefunden haben, die allerdings im Detail nicht zu benennen waren. Somit geben die aufgeführten Daten nicht exakt die Planung wieder.

Gewächshausbetreiber getragen werden. Die Gesamtbrennstoffkosten (Öl, Gas, Wärmeeinkauf)/Jahr werden auf rund 510 000 € geschätzt, was einem Preis von ca. 2,35 ct/kWh entspricht.

Ausschlaggebend für die Abwärmenutzung der Biogasanlage war, dass der Preis deutlich (>50 Prozent, bezogen auf den Preis pro kWh) unter dem aktuellen Ölpreis liegt, was nach längeren Verhandlungen auch erreicht wurde. Sowohl die Gewächshausplaner als auch die Betreiber der Biogasanlage haben sich zufrieden mit dem Preismodell gezeigt.

Ein eigener Betrieb einer Biogasanlage wurde als zu aufwändig und risikoreich gesehen. Der Trend würde stärker zum Outsourcing gehen und die Gärtner sollten sich auf ihre Kernkompetenzen in der Produktion konzentrieren. Als weitere Energieträger ist die Holznutzung in einer eigenen Anlage zwar technisch für den Gartenbau als ausgereift zu sehen, aber bei weiter steigenden Preisen kritisch zu bewerten. Stroh ist, falls es überhaupt in Erwägung gezogen wird, derzeit eher für kleinere Betriebe als Möglichkeit zu sehen und die Nutzung von Solarenergie momentan zu teuer. In Pflanzenöl BHKW wurde noch eine Alternative gesehen, allerdings auch nur, wenn sie durch landwirtschaftliche Betriebe gebaut und betrieben würden.

Sowohl die Gewächshausplaner als auch die Betreiber der Biogasanlage haben die Versorgungssicherheit als einen sehr wichtigen Faktor bei der Konzeption der Energieversorgung benannt. Bei der Entscheidungsfindung für die dargestellte Projektplanung waren vor allem vorhandene persönliche Kontakte von Bedeutung, was eine fundierte Vertrauensbasis zwischen den Projektteilnehmern gewährleistete. Zudem verfügt der Anlagenbetreiber der Biogasanlage über langjährige Erfahrungen in diesem Bereich und besitzt neben fundierten Kenntnissen über die Prozesssteuerung auch Erfahrungswerte über Wartungsaufgaben. Durch einen in Reserve gehaltenen Motor für die BHKW sollen Ausfallzeiten noch weiter verringert werden.

Insgesamt sieht der Anlagenbetreiber aber noch Verbesserungsbedarf beim Betrieb von Biogasanlagen, damit diese langfristig auch als vertrauenswürdige Partner bei der Wärmeenergieversorgung wahrgenommen werden und somit beispielsweise auch für eine Gewächshausbeheizung eine Rolle spielen können. Kritisch sieht er vor allem, dass in den vergangenen Jahren einige Betreiber die Substratkombination zu sehr aufgrund der Verfügbarkeit günstiger Substrate gewählt haben, ohne die Folgen für die Biogasproduktion ausreichend zu berücksichtigen. Auch werden zum Teil Fehler bei der Wartung gemacht, wodurch es zu starken Einbrüchen bei der Biogasproduktion kommen kann. In diesem Sinne sieht er die geplante Wärmebereitstellung für die Gewächshausanlage als Pilotprojekt, um die Machbarkeit und Zuverlässigkeit bei der Wärmenutzung von Biogasanlagen zu demonstrieren.

Neben den beschriebenen Faktoren, durch die eine Versorgungssicherheit gewährleistet werden soll, wurden auch Haftungsklauseln in den Wärmeliefervertrag mit aufgenommen, die eine Haftung des Betreibers der Biogasanlage unter bestimmten Bedingungen festlegt.

Von den Planern des Gewächshauses wird die Anpassung bzw. Kosten sparende Planung der Energieversorgung nur als ein Bestandteil gesehen. Zugleich müssen kulturbezogene Maßnahmen und weitere Möglichkeiten der Energieeinsparung wahrgenommen werden. So wurde beispielsweise in einem Betrieb der Anbau von Gurken von Februar – Oktober auf den Zeitraum April – September umgestellt. Auch die Klimaregelung war ein wichtiger Ansatz. Die Situation von kleineren Betrieben in Deutschland wurde allgemein aufgrund der Energiepreis- und Marktsituation als sehr kritisch gesehen, weil zumeist kein Kapital für notwendige Anpassungsmaßnahmen wie etwa eine Umstellung der Heizanlage zur Verfügung steht.



## 5.2 Holz

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 deutlich wurde, kommt Holz als Biomasse-Energieträger im Gartenbau derzeit die größte Bedeutung zu. Dabei lassen sich in der Praxis sowohl Contracting-Lösungen als auch ein Eigenbetrieb von Heizanlagen finden. Aufgrund der Bedeutung dieses Energieträgers wurden im Rahmen der Studie zwei unterschiedliche Anlagen besucht.

### 5.2.1 Holzhackschnitzelkraftwerk als Contractingmodell

Nahe Stresow (Thüringen) befindet sich eine 2 x 10 ha große Gewächshausanlage, die für die Tomaten- und Gurkenproduktion genutzt wird. Die Anlage wurde 1999 durch die jetzigen Betreiber erworben. Errichtet wurde sie 1996 durch einen holländischen Investor, der 1999 in die Insolvenz gegangen ist.



**Abbildung 81: Holzhackschnitzelkraftwerk**<sup>318</sup>

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Betrieb und die Neuplanung der Wärmenutzung:

---

<sup>318</sup> GRUDA UND HATTERMANN 2006

**Tabelle 47: Übersicht über Projektplanung GWH mit Abwärmenutzung aus einem Holzhackschnitzelkraftwerk**

| Gewächshausanlage  |                            |
|--|----------------------------|
| Venlohäuser,<br>4 m Stehwandhöhe, 4,60 m Giebelhöhe<br>Noppenfolie außen und innen<br>Energieschirme | 2 x 100.000 m <sup>2</sup> |
| vorrangige Produktionsausrichtung  | Gurken und Tomaten         |
| Wärmebedarf / Heizungssystem   |                            |
| durchschn. Jahreswärmebedarf   | 60.000 - 70.000 MWh        |
| veranschlagter Wärmebedarf für die Gewächshausfläche   | 8.280 kW                   |
| tiefe und mittlere Rohrheizung   |                            |
| bisherige Kesselauslegung Öl und Gas (zukünftig als Notkessel und bei Bedarf für Spitzenlast)        | 2 x 24.800 kW              |
| Wärmeleistung Holzschnitzelkraftwerk   | 19.100 kW                  |
| Elektrische Leistung Holzschnitzelkraftwerk (über Organic Rankine Cycle)                             | 1.750 kW                   |

Die Beheizung der Anlage fand ursprünglich durch eine Erdgas-/Heizölanlage statt, wobei Ergas den Hauptenergieträger bildete. Aufgrund der steigenden Energiekosten wurde nach Abwägung verschiedener Energiekonzepte (siehe unten) ein Contractingmodell auf Grundlage eines Holzhackschnitzelkraftwerkes umgesetzt. Zur Zeit des Besuchs war der Bau der Anlage nahezu abgeschlossen, aber die Anlage noch nicht in Betrieb.

Die Investitionssumme für das durch den Contractor erstellte und betriebene Holzschnitzelkraftwerk beträgt ca. 10 Mio. €. Genaue Preisangaben für den Wärmeeinkauf waren nicht zu erhalten, aber der verbrauchsgebundene Preis wurde als deutlich unter dem derzeitigen Gaspreis beschrieben. Das Kraftwerk soll den Wärmebedarf möglichst vollständig decken, im Bedarfsfall können aber auch die noch vorhandenen Gas- und Ölkessel genutzt werden. Auch zur CO<sub>2</sub>-Bereitstellung wird zunächst noch der Gaskessel genutzt, wobei langfristig auch eine Nutzung aus der Holzfeuerung angestrebt ist. Der Wärmeliefervertrag wurde auf 15 Jahre festgelegt und in einem gewissen Umfang sind auch Möglichkeiten zur Preisanpassung vorgesehen, um auf Preisveränderungen im Holzmarkt reagieren zu können. Dies wird auch von dem Gartenbauunternehmen für notwendig erachtet, um den Erhalt des Holzschnitzelkraftwerks zu sichern. In der unmittelbaren Nähe zum Holzhackschnitzelkraftwerk wird zudem von einem anderen Investor derzeit eine Biogasanlage gebaut, deren Abwärme z. T. auch noch für das Gewächshaus genutzt werden soll.

Für den Betrieb des Kraftwerks wird von einem ungefähren Holzbedarf von 30 000 t im Jahr und ca. fünf Lkw-Lieferungen am Tag ausgegangen. Für die Ascheentsorgung sind im Jahr rund 50 Lkw-Ladungen notwendig. Für die Holzbeschaffung des Contractors existieren langfristige Lieferverträge. Aufgrund der Preissituation wird

dabei nur 1/3 des benötigten Holzes aus Thüringen und 2/3 überregional beschafft. Die derzeitige Preissituation für Holzhackschnitzel wurde in Thüringen insbesondere aufgrund eines geringen Anbieterwettbewerbs als überzogen eingeschätzt. Nach Einschätzung des Geschäftsführers des Gartenbauunternehmens ist der Holzpreis gegenwärtig insgesamt überbewertet und es kann hier in den nächsten Jahren durchaus wieder zur sinkenden Preisen kommen.

Neben der Wärmebereitstellung für die Gewächshäuser hat der Contractor in einem separaten Kreislauf im Kraftwerk über den so genannten Organic Rankine Cycle (ORC) Prozess auch eine Stromerzeugung vorgesehen. Der Strom soll, vergütet nach dem EEG, ins Netz eingespeist werden und somit zusätzliche Einnahmen sichern.

Beim ORC-Prozess wird ein Arbeitsmedium mit niedriger Verdampfungstemperatur (häufig Silikonöl) verwendet. Dieses wird durch die übertragene Wärme verdampft und dieser Dampf über einer Axialturbine, die einen Generator antreibt, entspannt. Über einen Regenerator findet eine Wärmerückgewinnung statt, indem dem entspannten, aber noch heißen Dampf Wärme entzogen wird. Abschließend gelangt der Dampf in einen Kondensator und verflüssigt sich, so dass der Prozess wieder von vorne beginnen kann.<sup>319</sup>

Ausgangspunkt für die Entscheidung zu einem neuen Energiekonzept im Gartenbauunternehmen waren die seit 2004 zunehmend steigenden Gaspreise. Dabei wurden zunächst verschiedene Optionen im Bereich alternativer Energien erwogen. Zunächst wurden Möglichkeiten einer Geothermienutzung geprüft. Auf Grundlage vorhandenen Kartenmaterials wurde eine Firma beauftragt, die Nutzungsmöglichkeiten einzuschätzen. Weil mit hoher Wahrscheinlichkeit keine heißen Thermalwasserschichten am Standort vorhanden sind, wurden Probebohrungen als zu risikoreich eingeschätzt, zumal Tiefenbohrungen rund 4 Mio. € kosten. Eine Nutzung des oberflächennahen Grundwassers wäre zwar eventuell möglich gewesen, der sich aus der Beurteilung der Gesamtinvestition ergebende Energiepreis hätte aber nur geringfügig unter dem derzeitigen Gaspreis gelegen. Aus Sicht des Geschäftsführers kann die Geothermie, insbesondere bei vorhandenen heißen Thermalwasserschichten, für größere Anlage eine interessante Alternative darstellen.

Die Möglichkeit einer eigenen Holschnitzelheizanlage in der notwendigen Größe wurde als zu kompliziert und aufwändig eingeschätzt, so dass das Anbieterpotenzial (u. a. auf Messen) für eine Contractinglösung geprüft wurde. Zunächst erschien kein Anbieter für das angedachte Projekt ausreichend qualifiziert und so fiel die Entscheidung für den jetzigen Contractor erst im Oktober 2005. Der Contractor hat im Rahmen eines Anlagen-Contractings das Kraftwerk in Abstimmung mit dem Gartenbauunternehmer geplant, gebaut, finanziert und übernimmt die Betreuung und Wartung. Angestrebt ist eine Vollwärmeabdeckung. Grundsätzlich wurde auch die Nutzung von Biogasanlagen als Möglichkeit zur Wärmeversorgung im Gartenbau gesehen, wobei ein eigener Betrieb als zu risikoreich eingeschätzt wurde und Contractinglösungen der Vorzug einzuräumen sei. Allerdings muss auch dann sehr genau geprüft werden, inwieweit der Anbieter die Versorgungssicherheit garantieren kann. Zudem bedürfe es einer ausreichenden vertraglichen Absicherung.

Auch Pflanzenöl-BHKW wurden als Alternative gesehen, gelten aber als sehr wartungsintensiv. Eine Beheizung über Kohle schloss der Geschäftsführer für den Betrieb grundsätzlich aus, weil es nicht ins ökologische Gesamtkonzept passe. So würden pro Tonne Tomaten 1,5 Tonnen CO<sub>2</sub> freigesetzt.

---

<sup>319</sup> FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) 2006B

Insgesamt wurde insbesondere für die Anlagenneuplanung eine Nutzung von Gas und Öl in Deutschland als zu kostenintensiv angesehen. Eine wirtschaftliche Produktion gerade bei sehr wärmebedürftigen Kulturen sei bei der jetzigen Preissituation für neu zu planende Anlagen nur noch mit einem Kosten sparenden Energiekonzept möglich. Grundsätzlich müsse aber neben der Wärmeversorgung auch die Kulturplanung betrachtet werden. Eine Optimierung wird dabei aber nicht allein anhand der Wärmeenergiekosten verfolgt und so werden beispielsweise keine Qualitätsminderungen aufgrund von Temperaturabsenkungen hingenommen. Die Kulturführung muss neben den Wärmekosten vor allem auf der Basis der Nachfrage- und Preissituation sowie der Qualitätsstandards optimiert werden. So wird erwogen, den Gurkenanbau von zwei auf drei Sätze umzustellen, um bessere Qualitäten zu erzielen. Nach Einschätzung des Geschäftsführers haben holländische Betriebe noch einen gewissen Know-how-Vorsprung, zudem liegen die Gaspreise dort niedriger.

### **5.2.2 Holzpellettheizung**

Im Zuge der Studie wurde eine Zierpflanzengärtnerei mit einer Holzpellettheizung in Südbrandenburg besichtigt. Die Gewächshausanlagen (2 000 m<sup>2</sup>) entstanden vor 1990 und wurden nach der politischen Wende bis zur Umstellung auf Holzpellets im Jahre 2000 mit Flüssiggas beheizt. Die Anschaffung der Holzpellettheizung erfolgte als Reaktion auf die steigenden Flüssiggaspreise. Es wurden verschiedene Alternativen, darunter auch Erdgas und Heizöl betrachtet. Erwartete und dann nicht verlegte Erdgasleitungen sowie Preissteigerungen für die Brennstoffe Erdgas und Heizöl erzwangen Neuorientierungen. Contractingmodelle ließen sich aufgrund der geringen Betriebsgröße nicht verwirklichen. Für eine Hackschnitzelanlage ergaben sich Probleme bei Anlieferung und Mengenbewegung des Festbrennstoffes wegen fehlender Lager- und Rangiermöglichkeiten und enger Bebauung der Nachbargrundstücke.

Die Entscheidung für die Holzpellettheizung erfolgte nach der Besichtigung bestehender Anlagen im Raum Leipzig, dem Besuch eines Brennstofflieferanten in Hoyerswerda und eigenen Recherchen. Beratungsangebote gab es kaum, vor allem bei der Finanzierung fehlten fachliche Informationen.

Die Investitionssumme für die Heizanlage lag bei ca. 60 000 Euro. Sie wurde durch einen langfristigen Kredit (15 Jahre) und, nach Ausbleiben von Geldern aus dem Brandenburgischen Gartenbauförderprogramm, mit Zuschüssen aus dem Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) finanziert. Den größten Teil der Summe verbrauchte die Anschaffung des Kessels mit Befüllsystem (50 000 Euro). Viele Umbauarbeiten wurden unter Eigenregie durchgeführt. Die Installationsfirma ist inzwischen insolvent gegangen, auf Brenner und Anlage gibt es keine Garantie, bei Wartungsarbeiten werden betriebsinterne Möglichkeiten ausgenutzt. Der verwendete Kessel ist ein Hackschnitzelkessel, der auch mit Pellets beheizt werden kann. Neben genannten Hindernissen werden Holzpellets auch aufgrund der gleich bleibenden Qualität (Heizeigenschaften) bevorzugt. Bei der Inbetriebnahme der Anlage (2000) lagen die Pelletpreise zwischen 100 und 110 Euro/t, und stabilisierten sich eine Zeitlang bei 120 Euro/t. Aufgrund von Lieferproblemen musste 2002 ein neuer Lieferant gesucht werden. Es erfolgte ein langfristiger Vertrag mit einem Pellethersteller aus Südsachsen, der einen Preis von 131 Euro/t netto für Industrieware und 138 Euro/t für Normware anbot. Heiztechnisch können die Betriebsinhaber keine großen Unterschiede zwischen Industrie- und Normware feststellen, spürbarer ist nur die Verwendung von belasteten Hölzern, weil sie mehr Schlacke produzieren. Ab letztem Jahr stieg der Preis des Lieferanten auf 148 Euro/t. Er wird im Vergleich zu den allgemeinen Marktpreisen jedoch immer noch als günstig angesehen. Durch die Preissteigerungen werden jetzt jährlich etwa 1 800 bis 2 000 Euro pro Heizperiode mehr ausgegeben als zunächst kalkuliert.

Weil die Kesselleistung nur für 300 kW ausgelegt ist, war bei der Inbetriebnahme lediglich eine Genehmigung durch den Schornsteinfeger erforderlich. Das aus Platzgründen im Gewächshaus integrierte Lager ist ursprünglich für 20 t Holzpellets ausgelegt. Allerdings bleibt trotz des Einblasens ein Schüttkegel, so dass es nicht bis ganz unters Dach gefüllt werden kann und der Lagerraum somit den begrenzenden Faktor bildet. Verbraucht werden ca. 100 bis 120 t pro Jahr in der Heizperiode. Wichtiger als der reine Brennstoffpreis ist daher die Liefersicherheit, die auch kurzfristig innerhalb einer Woche erfolgen muss.

Weil eine Unterschubfeuerung angewandt wird, fällt der Heizaufwand relativ gering aus. In der Regel reicht ein täglicher Kontrollgang im Heizraum. In der Heizperiode wird alle 4 - 6 Wochen eine Reinigung des Heizkessels vorgenommen. Dieses dauert etwa eine Stunde. Es fällt generell nicht viel Asche an, diese kann auf einem Nachbargrundstück gelagert und später als Dünger verwertet werden.

Die Gärtnerei ist ein reiner Endverkaufsbetrieb, der überwiegend Topfpflanzen, Beet- und Balkonpflanzen produziert. Nach der Ausweitung der Weihnachtssternproduktion stieg der Verbrauch an Pellets wegen des höheren Wärmebedarfes. Vor der Umstellung wurde mit einem etwas geringeren Verbrauch kalkuliert. Um Energie zu sparen, werden die Kulturtermine versetzt, beispielsweise der Kulturstart der Pelargonien von der 5. in die 7. Woche. Es wurde von bewurzelten Stecklingen auf etwas größere Jungware gewechselt, um den Anzuchtprozess zu beschleunigen. Die Winterkulturen (Stiefmütterchen, Primeln) werden maximal frostfrei gehalten. Als Folge ist der Kessel noch nie in Volllast durchgelaufen.

Im Nachhinein betrachtet waren die Betriebsinhaber froh, keine Contractingmodell gewählt zu haben, weil sie größere Abhängigkeiten befürchten und der große Anteil an Eigenleistung vielleicht nicht möglich gewesen wäre. Begünstigend für die Investition trat das Alter der Heizungsanlage (12 Jahre) hinzu, die Anschaffung neuer Heizgeräte wäre in nächster Zeit auf jeden Fall nötig gewesen. Einschränkend muss hinzugefügt werden, dass zu Beginn der Umstellung noch eine größere Euphorie in Bezug auf Holzpellets vorhanden war. Zur Zeit der Planung des Umbaus wurde von minimalen Preisschwankungen ausgegangen und obendrein nicht mit Rohstoffknappheit und Lieferschwierigkeiten gerechnet.

### **5.3 Kohlekraftwerk als Contractingmodell**

Wie bereits in Kapitel 4.2.2 erwähnt, zählt Kohle zu den Brennstoffen im Gartenbau, die eine Renaissance erleben. Dabei ist es nicht die früher oft verwendete Braunkohle, sondern Anthrazitkohle in vollautomatischen Heizanlagen, die für die Gewächshausgärtner wieder attraktiv wird.

Im Rahmen der Studie wurde ein Zierpflanzenbetrieb im Raum Dresden besichtigt, der sich für eine Anthrazitanlage als Contractingmodell entschieden hat.

Der Betrieb besitzt am Altstandort um die 2 ha unter Glas und Folie, welche jedoch nicht einheitlich entstanden, sondern in mehreren Phasen erweitert und umgebaut worden sind. Bis vor fünf Jahren wurden die Gewächshäuser mit Fernwärme beheizt. Danach erfolgt eine Umstellung auf Heizöl, zu Zeiten, wo der Preis schon ungünstiger lag und weiter kontinuierlich stieg. Daher ergab sich zunehmend die Notwendigkeit, eine günstigere Alternative zu finden. Weil das Unternehmen im gleichen Zeitraum auch andere Betriebsinvestitionen tätigen musste, erschien ein Contractingmodell, um technische und wirtschaftliche Risiken auszulagern, von Anfang an am attraktivsten. Verschiedene Möglichkeiten wie eine Hackschnitzelanlage mit einem Contractor und eine Steinkohleanlage in Eigenregie wurden überprüft und verworfen. Die nun entstandene Anlage wurde vom Contracting-Unternehmen entworfen, finanziert, gebaut und wird auch von ihm

betrieben. Die Heizanlage besteht neben den schon vorhandenen zwei Heizölkesseln (zusammen 3,5 MW) und den Leitungen, aus einem Anthrazit-Grundlastkessel (910 kW), einem Bunker (50 m<sup>3</sup>) mit Förderband und dem Pufferspeicher. Die Investitionskosten für die Anthrazitheizanlage waren sehr niedrig, weil einige Elemente gebraucht und damit verbilligt beschafft werden konnten. Verschiedene betriebspezifische Anpassungen waren notwendig. Es wurde ein neuer Anthrazit-Automatik-Heizkessel der Fa. Omical Kessel- und Apparatebau GmbH eingesetzt, durch das Contracting-Unternehmen besteht eine Garantieleistung für den Kessel über 10 Jahre.

Weil Anthrazitanlagen höhere Erstellungskosten haben, ergeben sich Kosteneinsparungen nur über die günstigeren verbrauchsgebundenen Kosten. Die Frachtkosten sind von der Entfernung zur Zeche abhängig, außerdem besteht ein Nord-Süd-Gefälle.

Wegen der gegebenen Verhältnisse vor Ort konnte die Lage des Bunkers nicht optimal gewählt werden, so dass er nur mit einem Förderband befüllt werden kann. Eine inzwischen übliche direkte Belieferung aus dem Liefer-Lkw mit Förderschlauch ist somit nicht möglich. Weil sich keine Förderschnecke im Bunker befindet, kann das Bunkervolumen nicht vollständig ausgenutzt werden und eine Neubefüllung (25 bis 26 t) wird ca. alle 12 Tage nötig. Der Heizkessel musste in das bestehende, tiefer liegende Heizhaus integriert werden. Die Ascheförderung kann darum nicht mit Schneckenförderung bewerkstelligt werden. Sie erfolgt mit Hilfe großer Aschesäcke, die regelmäßig (ca. einmal monatlich) mit einem Kran entfernt und mit einem Container zur nahe gelegenen Deponie abtransportiert werden. Die Asche ist relativ fest, schlackehaltig und staubt etwas, ist jedoch mit Flugasche nicht vergleichbar. Als Baugrundstoff hat die Asche bis jetzt noch keine Verwendung gefunden, weil sie für den Einsatz als Füllmaterial zu sehr verdichtet ist. Weil die Frachtkosten zurzeit zu hoch sind, lässt sich ein möglicher Preisvorteil bei einer direkten Anlieferung an die Zeche zu einer Wiederbefüllung der Gruben nicht nutzen. Ein Steigen der Deponiepreise bzw. ein Schließen von nahe gelegenen Deponien würde zu einer anderen Sachlage führen.

Weil die Emissionswerte unter den Grenzwerten lagen, wurde die Anlage ohne Rauchgasreinigung vom Schornsteinfeger abgenommen. Bei 2,5 MW wäre der Kauf eines Entstaubers empfehlenswert. Dadurch käme es durch einen erhöhten Stromverbrauch zu höheren Betriebskosten.

Der Brennstoffeintrag erfolgt vollautomatisch. Von den Betriebsmitarbeitern sind lediglich die tägliche Sichtkontrolle der Flamme und das Auswechseln des Aschesacks zu gewährleisten. Die Leistung des Kessels wird über eine automatische Klappen- und Lüftungsregelung angepasst. Ein Pufferspeicher sichert eine bessere Ausnutzung für die Nachtstunden.

Kohleanlagen werden zu einem großen Teil von der DSK in Ibbenbüren (Nordrhein-Westfalen) abgenommen, deren Anlagen sind auf die Anthrazitkohle der einzigen deutschen Zeche in Ibbenbüren eingestellt. Importierte Kohle hat andere Eigenschaften (Ascheanteil, Energiedichte, Schlackeverhalten), die sich negativ auf den vollautomatischen Betrieb auswirken können. Es sind aber auch Gartenbauunternehmen bekannt, die beispielsweise mit Anthrazitkohle aus Kolumbien ihre Gewächshausanlagen heizen. Die verwendete Körnung beträgt NUSS 5, mit einem Durchmesser von ca. 12 mm. In Bezug zu Körnungsaufbau sowie Grundanalyse muss Kohle für Heizanlagen folgende Parameter aufweisen:

**Tabelle 48: Körnungsaufbau (Bestimmung nach DIN 23006) <sup>320</sup>**

---

<sup>320</sup> Carbocal: Prospekt der Fa. Omical Kessel- und Apparatebau GmbH

|         |          |         |        |
|---------|----------|---------|--------|
| +16     | 16-8     | -8      | mm     |
| ca. 2,1 | ca. 96,9 | ca. 1,0 | Gew. % |

**Tabelle 49: Grundanalyse** <sup>321</sup>

|                           | Bestimmung nach DIN | Grenzwerte    | Durchschnitt |
|---------------------------|---------------------|---------------|--------------|
| Wasser (roh) in %         | 5178                | 2,0 - 4,0     | 2,2          |
| Asche (wf) in %           | 5179                | 3,0 - 5,0     | 3,7          |
| Flüchtige Best. (wf) in % | 5120                | 4,5 - 6,1     | 5,5          |
| Cfix (wf) in %            | errechnet           | 89,0 - 92,5   | 90,8         |
| Schwefel                  | 51274               | 0,69 - 0,85   | 0,75         |
| Heizwert (roh) kJ/kg      | 51900               | 31800 - 33400 | 33073        |
| Heizwert (wf) kJ/kg       | 51900               | 33500 - 34300 | 33872        |

Mit der deutschen Zeche ist ein langfristiger Vertrag, momentan bis 2012, abgeschlossen, der eine Preissteigerung von max. 2 Prozent im Jahr erlaubt. Dadurch ist auch die Sicherheit und Attraktivität für Gartenbauunternehmen gewährleistet. Problematisch sind die Transportkosten, weil von der Zeche bis nach Dresden eine Entfernung von ca. 500 km zu bewältigen ist.

Ein Contracting-Modell lohnt sich aus Sicht des Contractingunternehmens ab einem umgerechneten Heizölverbrauch von mindest. 250 000 l jährlich. Ein hoher Heizbedarf besteht für das Gartenbauunternehmen neben der bevorzugten Kultur Pelargonien und der Jungpflanzenproduktion auch aufgrund des großen, alten, unflexiblen Leitungsnetzes. Kleinere Contractoren haben eher Berührungsängste mit dem Brennstoff Kohle, weil er für dieses Modell ein eher seltener Brennstoff ist. Über den Anlagenbetriebsaufwand existieren weniger Informationen.

Eine Spezifik von Gartenbaubetrieben ist, dass sowohl verhältnismäßig hohe Leistungsspitzen als auch ein Verbrauch im unteren Bereich auftreten können. In Spitzenzeiten werden alle Kessel gebraucht und generell besteht ganzjährig ein hoher Bedarf und Verbrauch. Eine exakte Kalkulation der benötigten Heizmenge ist dennoch sehr schwierig und sehr abhängig von den angebauten Kulturen. Beschließt z. B. der Betrieb Weihnachtssterne anzubauen, wird schon ab August Wärme benötigt, ansonsten dauert die Heizperiode bis Juni an (andere GB-Betriebe heizen bis März).

Zur Zeit des Besuches lief die Anlage halbautomatisch, weil noch ein elektronisches Bauteil fehlte. Die besichtigte Anthrazitanlage lief in dieser Form seit drei Monaten. Aussagen über die sich ergebenden Kostenvorteile durch die Entscheidung für das Contracting-Modell werden frühestens in drei Jahren erwartet. Diese wird vom Gartenbauunternehmen wesentlich skeptischer als vom Contracting-Unternehmen eingeschätzt.

#### 5.4 Nutzung von Tierfett als Brennstoff

Eine ungewöhnliche Lösung für die problematischen Heizpreissteigerungen wird im Norden von Dresden angestrebt. Dort läuft zurzeit die Verbrennung von Tierfett im Probelauf an.

<sup>321</sup> Carbocal: Prospekt der Fa. Ominical Kessel- und Apparatebau GmbH

Tierfett ist bezüglich des Heizwertes mit Leichtöl vergleichbar, d. h. Kessel und Brenner müssen nicht extra für den Brennstoff angepasst werden. Das Fett muss für die Verbrennung jedoch auf über 70°C erhitzt werden und darf nicht unter 30°C abkühlen, weil es sonst nicht mehr pumpfähig ist, sondern fest wird. Weiterhin muss es mittels eines Separators von Knochensplittern, Haaren usw. gereinigt werden, damit die Düsen des Brenners nicht verstopfen. Diese Vorreinigung muss schon beim Lieferanten erfolgen.

Erst mit der BSE-Krise entstand die Idee, das anfallende Tierfett in den Tierkörperbeseitigungsanlagen für die benötigte Prozesswärme zu nutzen. Dort konnten erste Erfahrungen mit dem Brennstoff gewonnen werden.

Der besuchte Gewächshauskomplex ist ein vier Jahre alter Komplettneubau von 1,4 ha, zunächst für die Beheizung mit Heizöl konzipiert wurde. Das Tierfett kann von der 15 km entfernten Tierkörperbeseitigungsanlage geliefert werden. Die Anlieferung erfolgt mit normalen Tankwagen bzw. Thermolastwagen, in denen die gewünschte Temperatur gehalten wird. Zwei Tanks mit je 30 000 l Füllvolumen stehen dem Gartenbauunternehmen zur Verfügung. Die Tanks werden mit einer Heizschlange mit Warmwasser beheizt. Dafür wird eine Elektroheizung eingesetzt. Die benötigte Menge an Energie ist noch nicht zu beziffern. Es werden Spezialbrenner der Firma Saacke, die früher für Leicht- und Schweröl eingesetzt wurden, verwendet. Der Arbeits- und Wartungsaufwand bei der Verwendung von Tierfett ist verhältnismäßig höher als bei Heizöl oder Gas. Neben den Spezialtanks, der Beheizung und dem Vorwärmer kommen häufigere Wartungskosten (Kesselreinigung zweimal im Jahr) und eine höhere Störanfälligkeit der Zerstäuber hinzu. Auch die Einstellung der Anlage ist aufwändiger. Dagegen liegt der Preis für Tierfett deutlich unter dem derzeitigen Preisniveau für Heizöl. Für die besichtigte Anlage wird zunächst mit einem Verbrauch von ca. 30 t pro Woche gerechnet. Die Anlage wurde so ausgerichtet, dass Nachbarbetriebe sowie ein geplanter weiterer Neubau integriert werden können.

## **6 Modellbetriebe**

Die bereits dargestellten unterschiedlichen Ansätze zur Energiekosteneinsparung werden im Folgenden anhand von Modellrechnungen vertieft. Dies gestattet den Vergleich verschiedener Anpassungsstrategien in ihrer Wirkung auf die Energiekostensituation unter unterschiedlichen betrieblichen Rahmenbedingungen.

In den Voruntersuchungen zu diesem Projekt wurden Daten zur Betriebsgröße, Ausstattung und Angaben zur Kulturführung sächsischer Unterglasbetriebe zusammengetragen. In der Realität ist jeder Betrieb baulich individuell ausgestattet und durch die räumlichen Gegebenheiten festgelegt. Um dennoch diese Variabilität annähernd abbilden zu können, wurden auf Grundlage der Ergebnisse aus Kapitel 3.2 anhand von Durchschnittswerten Modellbetriebe gebildet, die als Grundlage für Vergleichsrechnungen zu verschiedenen Anpassungsstrategien genutzt wurden.

Fünf Größenkategorien wurden abgeleitet (1 500 m<sup>2</sup>, 2 500 m<sup>2</sup>, 4 000 m<sup>2</sup>, 8 000 m<sup>2</sup>, 16 000 m<sup>2</sup>), wobei die Betriebsgröße von 2 500 m<sup>2</sup> als modellhaft für den kleineren Vollerwerbsbetrieb steht. In Sachsen handelt es sich zumeist um ältere Bausubstanz vom Typ des *deutschen Normgewächshauses*. Die Ausstattung ist aus energetischer Sicht eher einfach, die Eindeckung besteht überwiegend aus Einfachglas an den Stehwänden sowie in der Bedachung. Etwas über die Hälfte der Betriebe ist mit (evtl. nachgerüsteten) Energieschirmen ausgestattet, so dass mit einem einlagigen, gering aluminisierten Schirm mit mittlerer Abdichtung gerechnet



wurde. Weil Noppenfolie als kostengünstige und wenig aufwändige Nachrüstungsmaßnahme zur Energieeinsparung zu sehen ist, wurde für die Berechnungen von einer Nutzung an den Stehwänden ausgegangen. Das *Heizungssystem* in den Gewächshäusern ist gemischt, d.h. neben einer Stehwandheizung verfügen die Betriebe zumindest über ein weiteres Heizungssystem (Bodenheizung, Untertischheizung o. ä.).

Fast alle der mit Energieschirmen ausgerüsteten Betriebe besitzen Klimacomputer mit der entsprechenden Regelungstechnik, so dass von einer Regelung nach Strahlung ausgegangen wird.

Um auch bei der Temperaturführung verschiedene Betriebsausrichtungen nachzuvollziehen, ohne die Betrachtung zu sehr auf bestimmte Kulturen einzuschränken, wurde hier eine Orientierung an den Kategorien Warmhaus, temperiertes Haus und Kalthaus gewählt. Somit können Berechnungen unabhängig von den Kulturen durchgeführt werden, weil eine Ausrichtung des Betriebes auf überwiegend Warmhauskulturen bzw. überwiegend Kalthauskulturen in der Praxis üblich ist. Ebenso wird bei großen Gemüsebauanlagen häufig von ein oder zwei Kulturen mit ähnlichen Temperaturansprüchen auf der gesamten Fläche ausgegangen (z. B. Tomaten, Gurken). Als Temperaturstrategie wurde eine Nachttemperaturabsenkung um 3 K zugrunde gelegt.

Die folgende Tabelle gibt die berücksichtigten Ausstattungs- und Temperaturvarianten wieder:

**Tabelle 50: Ausstattungs- und Temperaturvarianten der Modellbetriebe**

| Größe:                              | 1.500 m <sup>2</sup>   | 2.500 m <sup>2</sup> + Extravarianten  | 4.000 m <sup>2</sup>  | 8.000 m <sup>2</sup>  | 16.000 m <sup>2</sup>   |
|-------------------------------------|--|--|---|---|---|
| <b>Hausart</b>                      | dt. Normgewächshaus  | dt. Normgewächshaus<br>+ Variante Venlohaus (4 m Stehwand)   | dt. Normgewächshaus   | dt. Normgewächshaus   | dt. Normgewächshaus   |
| <b>Temperatur</b>                   | a) > 18 °C (Warmhaus)<br>b) 12 - 18 °C (Temp. Haus)<br>c) < 12 °C (Kalthaus) | a) > 18 °C (Warmhaus)<br>b) 12 - 18 °C (Temp. Haus)<br>c) < 12 °C (Kalthaus)                             | a) > 18 C (Warmhaus)<br>b) 12 - 18 C (Temp. Haus)<br>c) < 12 C (Kalthaus) | a) > 18 C (Warmhaus)<br>b) 12 - 18 C (Temp. Haus)<br>c) < 12 C (Kalthaus) | a) > 18 C (Warmhaus)<br>b) 12 - 18 C (Temp. Haus)<br>c) < 12 C (Kalthaus) |
| <b>Eindeckung Dach</b>              | Einfachglas  | Einfachglas  | Einfachglas   | Einfachglas   | Einfachglas   |
| <b>Eindeckung Stehwand / Giebel</b> | Einfachglas + Noppenfolie  | Einfachglas + Noppenfolie<br>(+ Variante ohne Noppenfolie)   | Einfachglas + Noppenfolie   | Einfachglas + Noppenfolie   | Einfachglas + Noppenfolie   |
| <b>Energieschirm</b>                | einlagig, gering aluminert, mittlere Abdichtung, Regelung nach Strahlung     | einlagig, gering aluminert, mittlere Abdichtung, Regelung nach Strahlung (+ Variante ohne Energieschirm) | einlagig, gering aluminert, mittlere Abdichtung, Regelung nach Strahlung  | einlagig, gering aluminert, mittlere Abdichtung, Regelung nach Strahlung  | einlagig, gering aluminert, mittlere Abdichtung, Regelung nach Strahlung  |
| <b>Temp.-führung</b>                | Tag-/ Nachtdifferenz (3 K)   | a) Tag-/ Nachtdifferenz (3 K) (+ Variante Tag/Nacht konst.)  | Tag-/ Nachtdifferenz (3 K)  | Tag-/ Nachtdifferenz (3 K)  | Tag-/ Nachtdifferenz (3 K)  |
| <b>Auslegungstemp.</b>              | a) 25 °C (Warmhaus)<br>b) 20 °C (Temp. Haus)<br>c) 16 °C (Kalthaus)          | a) 25 °C (Warmhaus)<br>b) 20 °C (Temp. Haus)<br>c) 16 °C (Kalthaus)                                      | a) 25 °C (Warmhaus)<br>b) 20 °C (Temp. Haus)<br>c) 16 °C (Kalthaus)       | a) 25 °C (Warmhaus)<br>b) 20 °C (Temp. Haus)<br>c) 16 °C (Kalthaus)       | a) 25 °C (Warmhaus)<br>b) 20 °C (Temp. Haus)<br>c) 16 °C (Kalthaus)       |
| <b>Heizungssystem</b>               | gemischt   | gemischt   | gemischt  | gemischt  | gemischt  |

Um Auswirkungen auf den Brennstoffbedarf und verschiedener Ausstattungsvarianten zu zeigen, wurden, wie aus der Tabelle hervorgeht, bei der Betriebsgröße 2 500 m<sup>2</sup> einige Ausstattungsparameter bei ansonsten gleichen Bedingungen variiert. Es wurden eine Variante ohne Energieschirm, eine ohne Noppenfolie und eine mit der Bauart Venlohaus berechnet. Dazu kommt eine Beispielrechnung mit einer veränderten Kulturführung, d.h. ohne Nachttemperaturabsenkung.

Ausgangspunkt für Vergleichsrechnungen von alternativen Heizungsanlagen war der in Sachsen am häufigsten eingesetzte Brennstoff Heizöl EL. Für folgende Heizungsanlagen bzw. Blockheizkraftwerke wurde das Potenzial zur Kosteneinsparung gegenüber einer Heizölanlage bewertet:

- Holzhackschnitzel (< 30 Prozent Wassergehalt, G 30/G 50, ohne Laub, wenig Astanteil, inkl. Lieferung und MwSt.)
- Holzpellets
- Stroh
- Biogas (beispielhaft für 2 500 m<sup>2</sup> Warmhausbetrieb)
- Kohle (Anthrazit NUSS 5)

Grundsätzlich wurde von einem in der Regel üblichen und sinnvollen bivalenten Betrieb mit Biomasseheizung (und Kohleheizung) in Kombination mit einem Heizölkessel ausgegangen. Zur Ermittlung der Verbrauchswerte und der benötigten Auslegeleistung von Kesselanlagen bei verschiedenen Energieträger- und Ausstattungs-/Temperaturvarianten bei Gewächshäusern wurde das Planungsprogramm „Hortex“<sup>322</sup> genutzt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurden zunächst die Brennstoffkosten unter verschiedenen Preisszenarien für Erdgas und Heizöl ermittelt, weil diese bereits die unterschiedliche Kostenbelastung für die Brennstoffbeschaffung in Abhängigkeit von der Betriebsgröße und dem Temperatursanspruch der Kulturen verdeutlicht. Auch sind hier Rückschlüsse auf Veränderungen bei den Energiekosten bei einem z. T. in der Praxis vollzogenen Wechsel zu weniger wärmedürftigen Kulturen möglich.

Weil aufgrund der unterschiedlichen Höhe der Investitions- und Betriebskosten eine Beurteilung verschiedener alternativer Heizungssysteme allein anhand der Brennstoffkosten zu falschen Ergebnissen führen würde, wurden im weiteren in Anlehnung an die VDI 2067 die jährlich anfallenden Gesamtkosten unter verschiedenen Rahmenbedingungen bestimmt. Die Gesamtkosten lassen sich folgendermaßen einteilen:

- . Kapitalgebundene Kosten
  - Kapitalgebundene und Instandhaltungskosten
- . Verbrauchsgebundene Kosten
  - Kosten für Brennstoffe, Hilfsenergie, Ascheentsorgung und sonstige Betriebsstoffe u. a.
- . Betriebsgebundene und sonstige Kosten
  - Kosten für Personal, Emissionsmessungen, Wartungsverträge, Versicherung und Verwaltung u.a.

---

<sup>322</sup> HORTEX: PLANUNG DER ENERGIEVERSORGUNG VON GEWÄCHSHAUSANLAGEN, VERSION 4.1 PLUS UPDATE, INSTITUT FÜR BIOLOGISCHE PRODUKTIONSSYSTEME, LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER

Zur Bestimmung der Investitions- und betriebsgebundenen Kosten insbesondere für Biomasseheizanlagen wurde in Anlehnung an das Programm Horteb<sup>323</sup> und den darin enthaltenen Kostenfunktionen ein Kalkulationsmodell erstellt, in das die Ergebnisse aus den Berechnungen mit Hortex übernommen wurden. Ausgangspunkt bei der Bestimmung der Investitionskosten war dabei, dass eine Erneuerung der Heizungsanlagen in den Betrieben ansteht.

Zum Teil fand eine Anpassung einzelner Kostengrößen, die sich aus den Berechnungen auf Grundlage von Horteb ergeben haben, in Bezug auf den spezifischen Brennstoff und auf Grundlage verschiedener Veröffentlichungen statt.<sup>324</sup> Beispielsweise ist in der Praxis von einer gewissen Streuung bei den Investitionskosten auszugehen, die sich u. a. auch in der Anlagenausgestaltung wie etwa der Nutzung einer Unterschub- oder Rostfeuerung begründet und auch anhand von Beispielrechnungen in der Literatur nachvollzogen werden kann. Daher wurden hier ausgehend von den auf Grundlage von Horteb ermittelten Werten auch Szenarien berücksichtigt, die von 15 bis 30 Prozent niedrigeren Investitionskosten für die Biomasseanlagen ausgehen. Obschon in den Berechnungen keine Fördermittel berücksichtigt wurden, um zunächst die Anlagen bei maximalen Kosten zu vergleichen, geben diese Szenariorechnungen auch einen Anhaltspunkt, welche Auswirkungen eine Förderung, ausgehend von hohen Investitionskosten für die jeweilige Anlage, haben kann.

Weil eine exakte Festlegung der Brennstoffpreise aufgrund der nicht konstanten Entwicklung in den vergangenen Monaten schwierig war, wurde mit verschiedenen Preisszenarien sowohl bei den Alternativen als auch bei der Vergleichsanlage gerechnet, wodurch sich auch eine Einschätzung der Auswirkungen von Veränderungen der Brennstoffpreise ergibt. Während für die alternativen Energieträger, ausgehend von einem aktuellen Grundpreis, eine Variation von +15 und -15 Prozent Berücksichtigung fand, um auch die Angebotsbreite besser abzubilden, erfolgte für Heizöl, ausgehend von einem Grundpreis, auch eine Betrachtung mit bis zu 15 und 30 Prozent höheren Preisen. Zwar wurde erstmals seit einigen Jahren der steile Aufwärtstrend bei den Erdölpreisen gestoppt, mittel- bis langfristig ist hier aber mit weiteren Preisanstiegen zu rechnen.

Folgende Grundpreise wurden verwendet:

- 0,47 €/l Heizöl
- 0,53 €/m<sup>3</sup> Erdgas
- 0,068 €/kg Holzhackschnitzel
- 0,23 €/kg Holzpellets
- 0,186 €/kg Kohle
- 0,05 €/kg Stroh

---

<sup>323</sup> HORTEB: PLANUNGSPROGRAMM ZUR ENERGETISCHEN NUTZUNG VON BIOMASSE, INSTITUT FÜR BIOLOGISCHE PRODUKTIONSSYSTEME, LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER

<sup>324</sup> Werte für die Kohleheizanlage stammen aus Literaturangaben. Für die Biogasanlage wurde ein eigenes Rechenmodell auf Grundlage von Literaturangaben genutzt.

Um die verschiedenen Heizungsanlagen vergleichen zu können, wurden aus den jährlichen Gesamtkosten jeweils die Wärmegestehungskosten ermittelt und die Kostenvorteile im Vergleich zur Heizölanlage unter verschiedenen Rahmenbedingungen berechnet. Die Bestimmung der Amortisationszeit ermöglicht eine überschlägige Risikobewertung der Investitionen.

Für die Berechnungen wurde von einem Kalkulationszinssatz von 5 Prozent, für die Biomassefeuerungsanlage und die Vergleichsanlage von einer Nutzungsdauer von 15 Jahren (20 Jahre für den Spitzenlastkessel) und für die Gebäude von 50 Jahren ausgegangen. Für die Instandsetzungsrate wurden 2 Prozent (1 Prozent bei der Vergleichsanlage) für die Feuerungsanlage (und Zubehör) und für die Gebäude von 1 Prozent veranschlagt. Zusätzlich zu den Wärmegestehungskosten fanden auch Auswirkungen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß für einige Alternativen Berücksichtigung.

Es folgen Ergebnisse für die unterschiedlichen Varianten.

### **6.1 Modellbetrieb 2 500 m<sup>2</sup>**

Zunächst wird der Modellbetrieb mit einer Betriebsgröße von 2 500 m<sup>2</sup> betrachtet, weil hier wie beschrieben exemplarisch auch Auswirkungen verschiedener Ausstattungsvarianten des Gewächshauses in ihrem Ergebnis auf den Brennstoffbedarf bzw. die Heizkosten hin untersucht wurden. Anhand dieses Modellbetriebes werden auch die Vergleichsrechnungen für die einzelnen Heizungsanlagen detailliert dargestellt und erläutert.

#### **6.1.1 Brennstoffbedarf/Auswirkungen unterschiedlicher Ausstattungsvarianten**

Die folgenden Tabellen zeigen zunächst den Brennstoffbedarf und die jährlichen Brennstoffkosten einer monovalenten Heizöl- oder Erdgasnutzung bei unterschiedlichem Temperaturniveau (Kalthaus, temperiertes Haus, Warmhaus) und verschiedenen Brennstoffpreisen. Ausgehend von den Preisen der rechten Spalte in Tabelle 52 wurden Preiserhöhungen um 15 bzw. 30 Prozent betrachtet.

**Tabelle 51: Jährlicher Brennstoffbedarf Heizöl/Erdgas bei unterschiedlichen Temperaturvarianten/  
2 500m<sup>2</sup> GWH**

| Jährlicher Brennstoffbedarf Heizöl                            |                        | Jährl. CO <sub>2</sub> Ausstoß |
|---|------------------------|--------------------------------|
| Brennstoffbedarf Kalthaus in l/m <sup>2</sup>                 | 17 l                   |                                |
| Brennstoffbedarf Kalthaus gesamt in l                         | 42.042 l               | 113.513 kg                     |
| Brennstoffbedarf temp. Haus in l/m <sup>2</sup>               | 37 l                   |                                |
| Brennstoffbedarf temp. Haus gesamt in l                       | 91.967 l               | 248.311 kg                     |
| Brennstoffbedarf Warmhaus in l/m <sup>2</sup>                 | 58 l                   |                                |
| Brennstoffbedarf Warmhaus gesamt in l                         | 144.483 l              | 390.104 kg                     |
| Jährlicher Brennstoffbedarf Erdgas                            |                        |                                |
| Brennstoffbedarf Kalthaus in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>   | 18 m <sup>3</sup>      |                                |
| Brennstoffbedarf Kalthaus gesamt in m <sup>3</sup>            | 44.520 m <sup>3</sup>  | 84.588 kg                      |
| Brennstoffbedarf temp. Haus in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 39 m <sup>3</sup>      |                                |
| Brennstoffbedarf temp. Haus gesamt in m <sup>3</sup>          | 97.389 m <sup>3</sup>  | 185.039 kg                     |
| Brennstoffbedarf Warmhaus in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>   | 61 m <sup>3</sup>      |                                |
| Brennstoffbedarf Warmhaus gesamt in m <sup>3</sup>            | 152.999 m <sup>3</sup> | 290.698 kg                     |

**Tabelle 52: Jährliche Brennstoffkosten Heizöl/Erdgas bei unterschiedlichen Brennstoffpreisen und  
Temperaturvarianten/2 500m<sup>2</sup> GWH**

| Brennstoffkosten Heizöl                 |        |        |         |
|---|--------|--------|---------|
| Heizölpreis in €/l                      | 0,47   | 0,54   | 0,61    |
| Brennstoffkosten Kalthaus gesamt in €   | 19.760 | 22.724 | 25.688  |
| Brennstoffkosten temp. Haus gesamt in € | 43.224 | 49.708 | 56.192  |
| Brennstoffkosten Warmhaus gesamt in €   | 67.909 | 78.093 | 88.279  |
| Brennstoffkosten Erdgas                 |        |        |         |
| Erdgaspreis in €/ m <sup>3</sup>        | 0,53   | 0,61   | 0,69    |
| Brennstoffkosten Kalthaus gesamt in €   | 23.596 | 27.135 | 30.764  |
| Brennstoffkosten temp. Haus gesamt in € | 51.616 | 59.359 | 67.101  |
| Brennstoffkosten Warmhaus gesamt in €   | 81.089 | 93.253 | 105.416 |

In Abhängigkeit des Temperaturniveaus (überwiegend Kalthaus, temperiert, Warmhaus) und somit der produzierten Kulturen, ergibt sich ein sehr unterschiedlicher Brennstoffmengenbedarf und eine sehr

unterschiedliche Kostenbelastung für die Betriebe. So machen die Heizkosten eines vorwiegend Kaltthaus-Betriebes nur rund 29 Prozent der Kosten im Warmhaus-Betrieb aus.

Die Modellrechnungen bestätigen die Wirksamkeit der bereits in Kapitel 4.1 angeführten Möglichkeiten zur Energieeinsparung durch eine Optimierung der Gewächshausausstattung. So führt das Fehlen eines einfachen Energieschirmes zu ca. 17 Prozent höheren Jahresenergiekosten, das Fehlen von Noppenfolie im Vergleich zum ansonsten unveränderten Modellbetrieb zu einem Anstieg von ca. 8 Prozent der Kosten.

Ein deutlicher Unterschied der Energieverbrauchspreise ist auch bei einer Veränderung der Temperaturstrategie festzustellen. Das Fehlen der Nachtabsenkung um 3 K, d.h. eine konstante Tag- und Nachttemperatur, verursacht jährlich eine Energiekostenerhöhung im vierstelligen Bereich (15 - 26 Prozent höhere Kosten).

Überraschend ist ein leichter Anstieg des Brennstoffverbrauchs von ca. 3 Prozent bei der Venlo-Bauweise zu verzeichnen. Erklären lässt sich dies zum einen durch die Wahl des hohen Stehwandmaßes von 4 m und zum anderen durch die Dachraumisolierung mittels Energieschirm beim deutschen Normgewächshaus, wodurch sich der zu beheizende Innenraum größenbezogen nicht sehr unterscheidet. Bei einem Stehwandmaß von nur 3 m ergibt sich dementsprechend ein um rund 2 Prozent niedriger Brennstoffbedarf.

Findet beispielsweise von Mitte November bis Ende Dezember keine Gewächshausnutzung statt wie in der Gurken- und Tomatenproduktion üblich, so ergeben sich für die Warmhausvariante rund 33 Prozent niedrigere Energiekosten gegenüber einer Ganzjahresnutzung. Wird das Gewächshaus im Dezember und Januar nicht genutzt, so sinken die Energiekosten sogar um rund 45 Prozent.

Eine Stilllegung von Gewächshausflächen muss allerdings im betriebsspezifischen Gesamtkonzept gesehen werden und ist nicht als grundsätzlicher Lösungsansatz zu verstehen. Neben Fragen zur Ausrichtung der Produktpalette und der Marktsituation ist zu bedenken, dass bei einer geringeren Flächenauslastung die baren und unbaren Gemeinkosten durch die verbleibenden Kulturen zu tragen sind.

Neben den in ihrer Wirkung auf die Brennstoffkosten aufgezeigten Optimierungsmöglichkeiten kann insbesondere bei einer Erneuerung der Heizungsanlage auch ein Wechsel auf andere Energieträger Kosteneinsparungen bringen. Im Folgenden werden verschiedene Varianten im Vergleich zu einer Heizölanlage dargestellt.

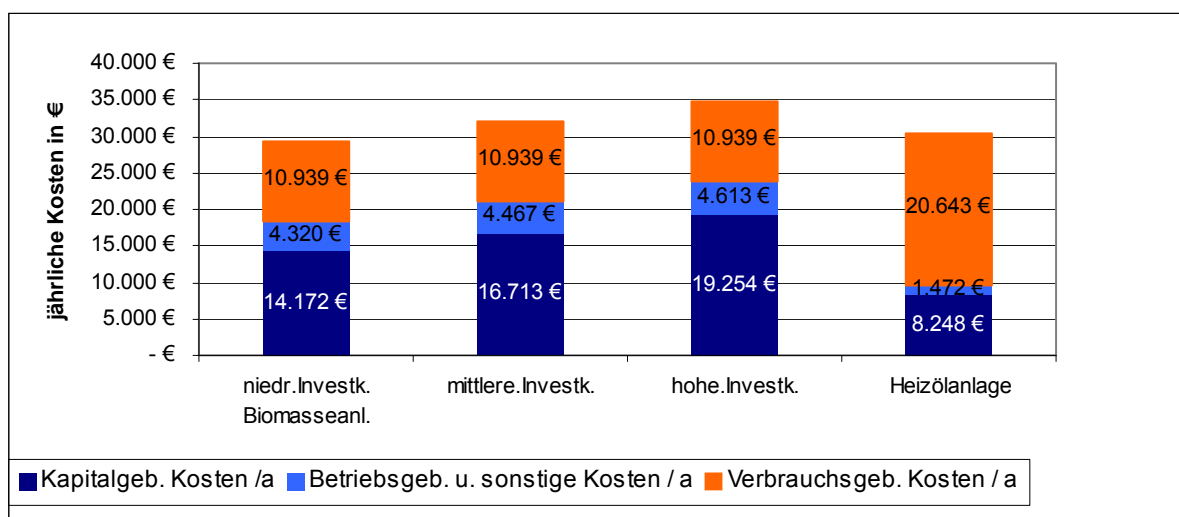
### **6.1.2 Holzhackschnitzelheizung**

Aufgrund der mittlerweile als relativ ausgereift einzuschätzenden Feuerungstechnik und der Brennstoffpreise sind Holzhackschnitzelanlagen nach Aussagen von Interviewpartnern in Abhängigkeit von den betrieblichen Rahmenbedingungen als eine praktikable Lösung zur Wärmeversorgung im Gartenbau anzusehen. Allerdings wird auch hier das Kosteneinsparpotenzial gegenüber herkömmlichen Energieträgern bei steigenden Brennstoffpreisen skeptisch eingeschätzt. Wie die folgenden Berechnungen zeigen, sind in Abhängigkeit des Wärmebedarfs bei derzeitigem Preisniveau unter folgenden Annahmen aber noch Kostenvorteile zu realisieren.

**Tabelle 53: Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Holzhackschnitzel- und Heizölanlage**

| Leistungsauslegung und Investitionskosten Holzhackschnitzel- und Vergleichsanlage |                         |                         |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   | Kalt                    | Temp.                   | Warm                    |
| Leistung Ölkessel kW  | 480/650 <sup>325</sup>  | 580/800                 | 625/900                 |
| Leistung Holzhackkessel kW  | 170                     | 220                     | 275                     |
| Gesamtinvestitionskost. Biomasseanlage in € <sup>326</sup>                        | 216.518/187.506/158.494 | 260.495/225.435/190.372 | 293.573/253.789/214.005 |
| Gesamtinvestitionskost. Vergleichsanlage (Heizöl) in €                            | 86.237                  | 102.127                 | 112.214                 |

Zunächst werden die Ergebnisse für das Kalthaus dokumentiert. Die folgende Abbildung zeigt die jährlichen Kosten der Holzhackschnitzelheizung bei unterschiedlichen Annahmen zu den Investitionskosten.



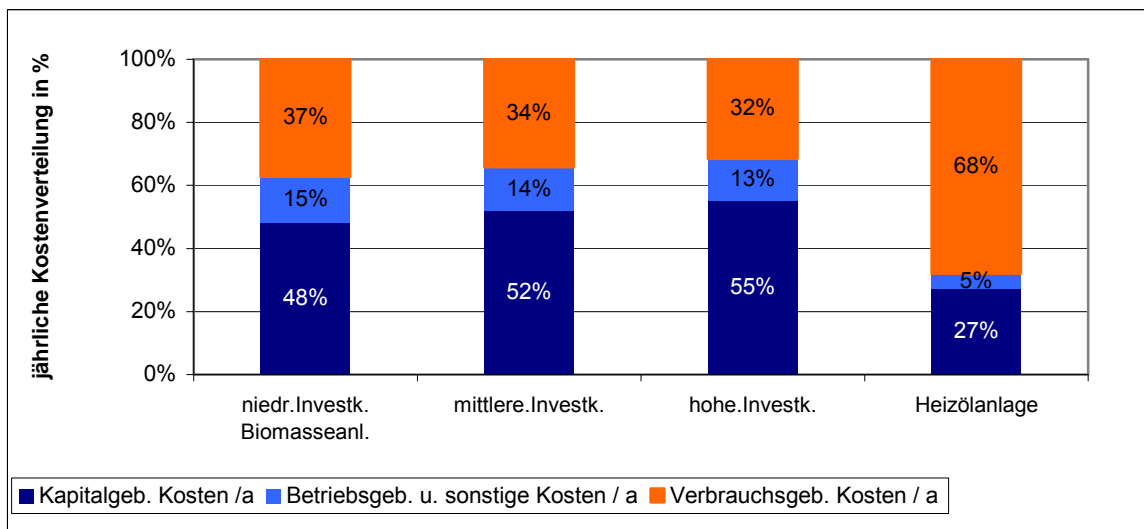
**Abbildung 82: Jährliche Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

<sup>325</sup> Der linke Wert gibt die Leistung des Spitzenlastkessels für die Biomasseanlage an. Der jeweils rechte Wert wurde für die Leistungsauslegung der Vergleichsanlage genutzt. Insgesamt wurde eine etwas höhere Leistung für den Spitzenlastkessel gewählt, um eine Absicherung bei Ausfall der Grundlastheizung und auch bei sehr kalten Wintern eine ausreichende Reserve zu haben.

<sup>326</sup> Wie beschrieben wurden hier unterschiedlich hohe Investitionskosten berücksichtigt.



Bereits hier wird deutlich, dass sich unter der Annahme aktueller Brennstoffpreise<sup>327</sup> nur bei sehr niedrigen Investitionskosten (bzw. möglichen Fördergeldern) ein sehr geringer Kostenvorteil gegenüber der Vergleichsanlage ergibt. Die folgende Abbildung zeigt den relativ hohen Anteil der kapitalgebundenen Kosten an den Gesamtkosten für die Holzhackschnitzelanlage.

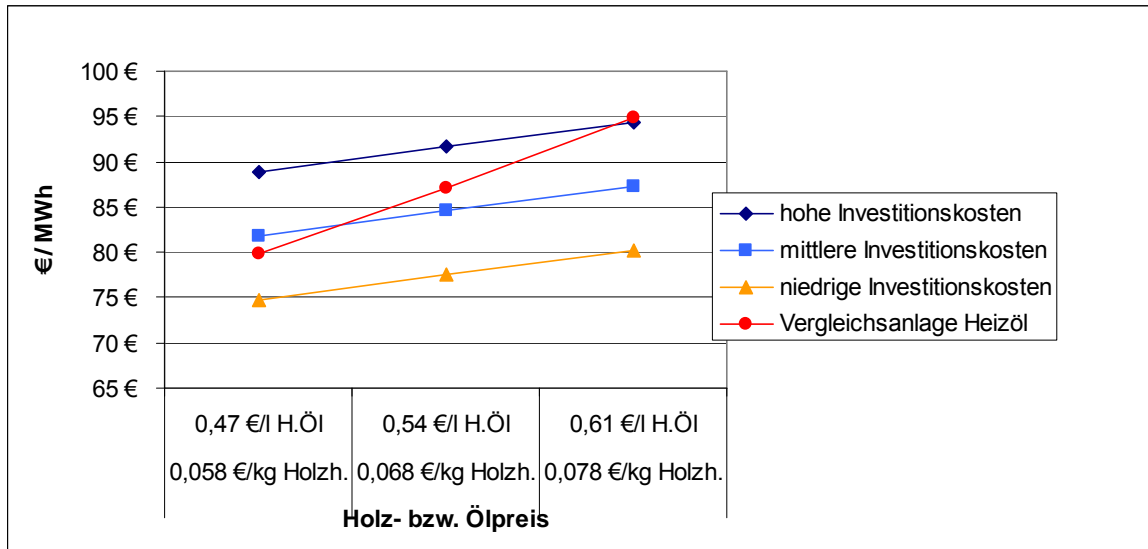


**Abbildung 83: Kostenverteilung der jährlichen Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Aufgrund des relativ geringen Wärmebedarfs lassen sich somit trotz der niedrigeren Brennstoffpreise für Holzhackschnitzel bei mittleren bis hohen Investitionskosten keine Kostenvorteile bei der aktuellen Preissituation gegenüber der Vergleichsanlage erreichen. Insbesondere durch die höheren Investitionskosten im Verhältnis zur Heizölanlage ergeben sich hohe Gesamtkosten.

Bei steigenden Heizölpreisen stellen sich zumindest bei günstigen Rahmenbedingungen etwas höhere Kostenvorteile für die Holzhackschnitzelanlage ein, wie die folgende Abbildung zu den Wärmegestehungskosten bei unterschiedlichen Brennstoffpreisen und Investitionskosten zeigt.

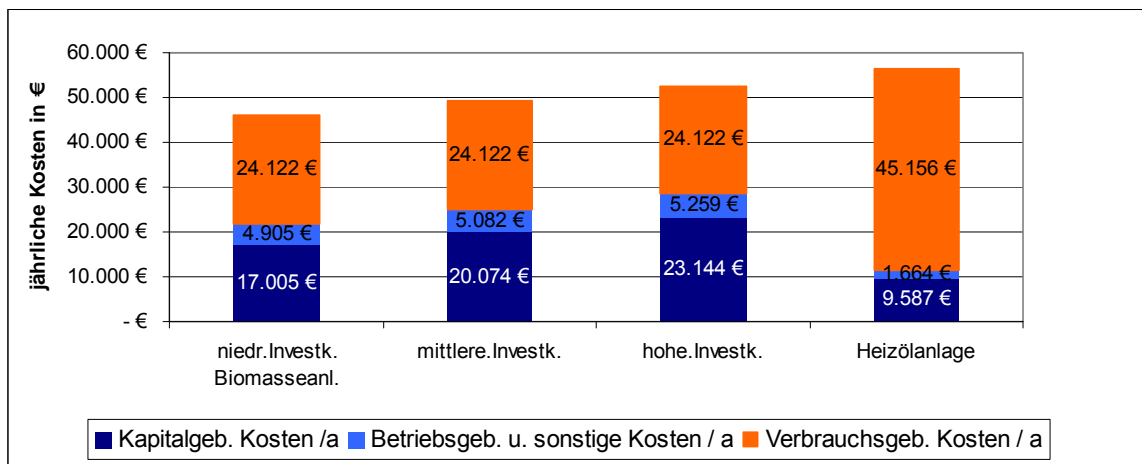
<sup>327</sup> Es wurden die oben genannten Preise zugrunde gelegt.



**Abbildung 84: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Holzhackschnitzelanlage im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Ein Umstieg auf eine Holzhackschnitzelanlage bei sehr niedrigem Wärmebedarf lässt insgesamt nur bedingt Kostenvorteile gegenüber der Vergleichsanlage erwarten. Bei niedrigen Investitionskosten bzw. einer umfangreichen Förderung und steigenden Ölpreisen (0,61 Euro/l) können sich Vorteile von rund 18 Prozent ergeben. Ein deutlicher Anstieg bei den Holzpreisen, der aufgrund der Entwicklungen der letzten Jahre nicht auszuschließen ist, lässt eine Umstellung aber insgesamt als risikoreich erscheinen und ist nur unter sehr günstigen Rahmenbedingungen (langfristige Lieferverträge für Holzhackschnitzel zu moderaten Preisen und Ausnutzung von Fördermöglichkeiten bzw. möglichst niedrige Investitionskosten) sinnvoll. Dies zeigen auch Berechnungen zur Amortisationszeit, die selbst unter sehr günstigen Rahmenbedingungen mit 12 Jahren relativ hoch liegt.

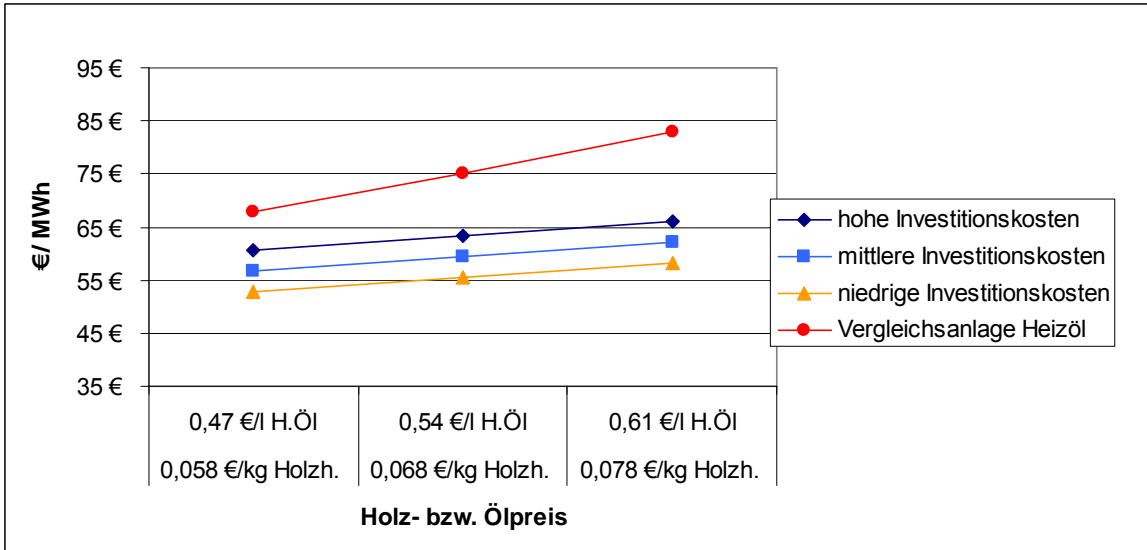
Ausgehend von einem temperierten Haus stellt sich die Situation aufgrund des höheren Wärmebedarfs bereits anders dar.



**Abbildung 85: Jährliche Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/temp. Haus 2 500 m<sup>2</sup>**

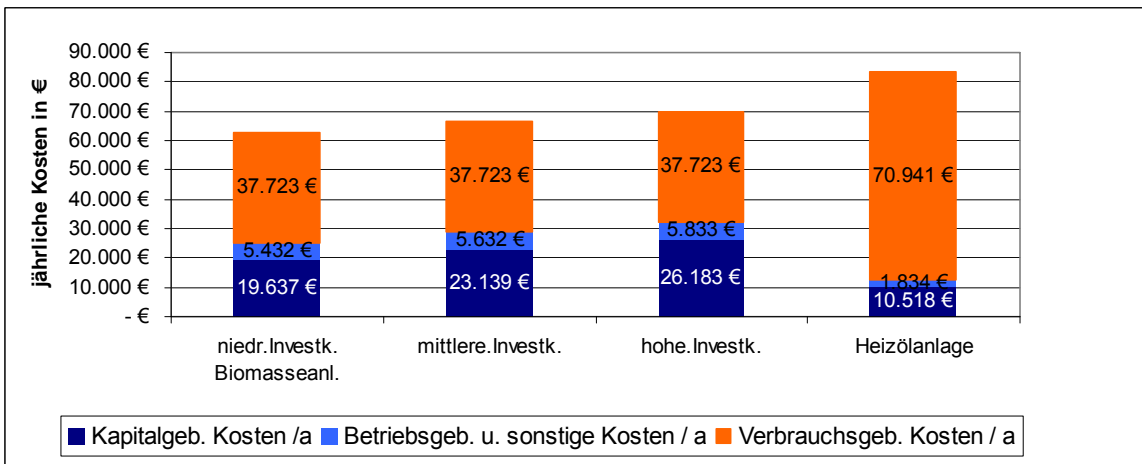
Zwar ergeben sich durch den höheren Wärmebedarf auch ein höherer Leistungs- und Lagerraumbedarf und somit höhere Investitionskosten und kapitalgebundene Kosten pro Jahr, insgesamt zeigen sich aber durch die niedrigeren Brennstoffkosten für Holzhackschnitzel und den höheren Wärmebedarf im Unterschied zum Kalthaus durchweg Kostenvorteile im Vergleich zu einer Heizölanlage. In Abhängigkeit von den Investitionskosten und den Brennstoffpreisen lassen sich Kosteneinsparungen zwischen drei (bei hohen Investitionskosten für die Biomasseanlage, hohen Brennstoffpreisen für Holz und aktuellen Heizölpreisen) und 36 Prozent (bei niedrigen Investitionskosten, niedrigen Brennstoffpreisen für Holz und hohen Heizölpreisen) realisieren. Bei mittleren Investitionskosten und aktuellen Preisen für Holzhackschnitzel (0,068 ct/kWh) und Heizöl (0,47 ct/kWh) sind jährliche Kostensparungen in der Größenordnung von 13 Prozent möglich. Bei einer Amortisationszeit von in diesem Fall rund 13 Jahren ist das Risiko für einen Umstieg als hoch einzuschätzen.

Die folgende Abbildung zeigt die Wärmegestehungskosten unter verschiedenen Rahmenbedingungen, die im Verhältnis zum Kalthaus deutlich niedriger liegen.

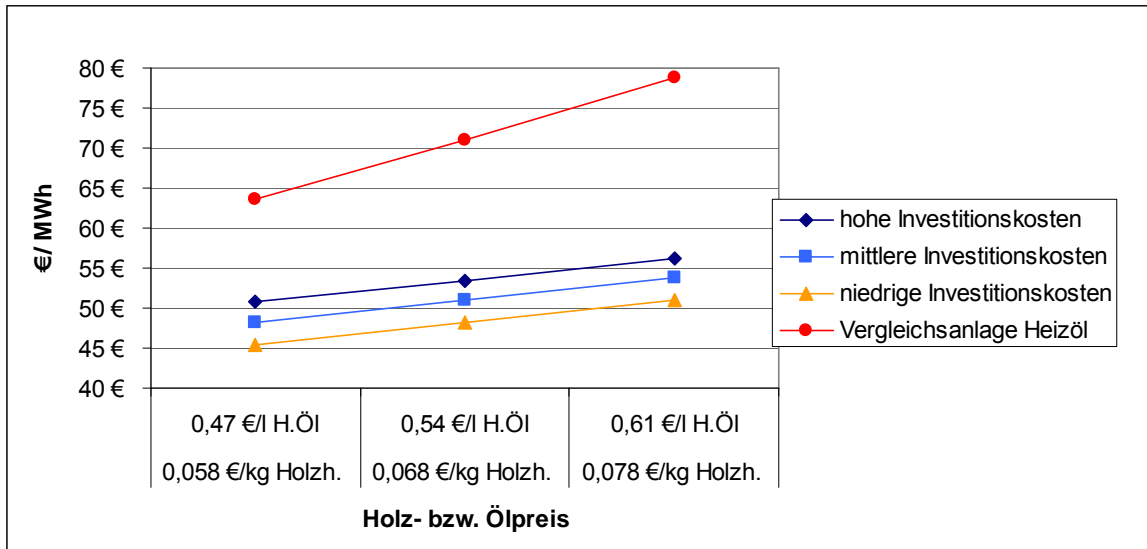


**Abbildung 86: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Holzhackschnitzelanlage im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/temp. Haus 2 500 m<sup>2</sup>**

Ausgehend von einer Warmhausnutzung ist von zunehmenden Kostenvorteilen der Holzhackschnitzelanlage gegenüber der Vergleichsanlage auszugehen, wie die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen.

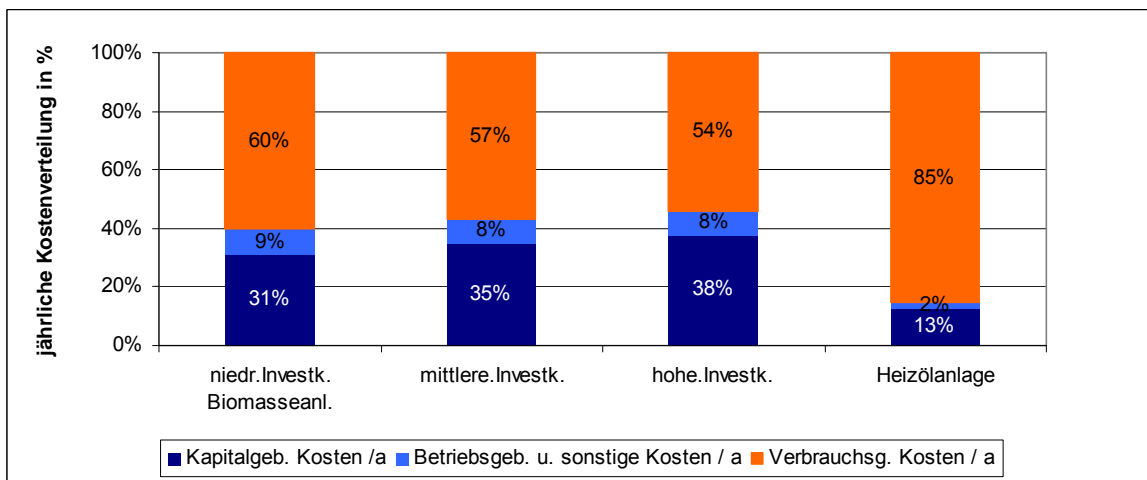


**Abbildung 87: Jährliche Gesamtkosten einer Holzhackschnitzelheizung bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/temp. Haus 2 500 m<sup>2</sup>**



**Abbildung 88: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Holzhackschnittelanlage im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Im Mittel sind jährliche Kostenvorteile von rund 20 Prozent gegenüber der Vergleichsanlage bei einer Amortisationszeit von rund neun Jahren zu realisieren. Im Verhältnis zur Kalthausnutzung ist eine deutliche Verschiebung der Kostenanteile zu sehen.



**Abbildung 89: Kostenverteilung der jährlichen Gesamtkosten einer Holzhackschnittelheizung bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Bei deutlich steigenden Ölpreisen ergeben sich signifikant günstigere Werte. Selbst bei hohen Investitionskosten liegt die Amortisationszeit dann bei rund sechs bis sieben Jahren.

Insgesamt zeigt sich, dass Holzhackschnitzelanlagen (unter den angenommenen Rahmenbedingungen) insbesondere für Betriebe mit hohem (und unter günstigen Rahmenbedingungen auch bei mittlerem) Wärmebedarf, die die höheren Investitionskosten im Vergleich zu einer Heizölanlage bereit stellen können, deutliche Kostenvorteile erwarten lassen. Bei einem überwiegenen Warmhausbetrieb würden sich, geht man von hohen Investitionskosten aus und mittelfristig von einem Heizölpreis von 0,54 €/l, erst ab einer Preissteigerung für Holzhackschnitzel (ausgehend von der aktuellen Preissituation) um 59 Prozent keine jährlichen Kostenvorteile mehr realisieren lassen.

Geht man von einer CO<sub>2</sub>-Neutralität bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln aus, so lässt sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß unter den beschriebenen Annahmen auf rund 12 Prozent einer Heizölanlage absenken.

### 6.1.3 Holzpellettheizung

Bei Holzpellettheizungen zeigen sich aufgrund der höheren Dichte und des guten Heizwertes u.a. Vorteile beim Lagerraumbedarf und insgesamt ist von etwas niedrigeren Investitionskosten im Vergleich zu Hackschnitzelanlagen auszugehen.

**Tabelle 54: Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Holzpellet- und Heizölanlage<sup>328</sup>**

| Leistungsauslegung und Investitionskosten Holzpellet- und Vergleichsanlage |                             |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
|  | Temp.                       | Warm                        |
| Leistung Ölkessel kW   | 580 / 800                   | 625 / 900                   |
| Leistung Holzpelletkessel kW   | 220                         | 275                         |
| Gesamtinvestitionskost. Biomasseanlage in € <sup>329</sup>                 | 226.186 / 196.271 / 151.628 | 254.818 / 220.848 / 186.877 |
| Gesamtinvestitionskost. Vergleichsanlage (Heizöl) in €                     | 102.127                     | 112.214                     |

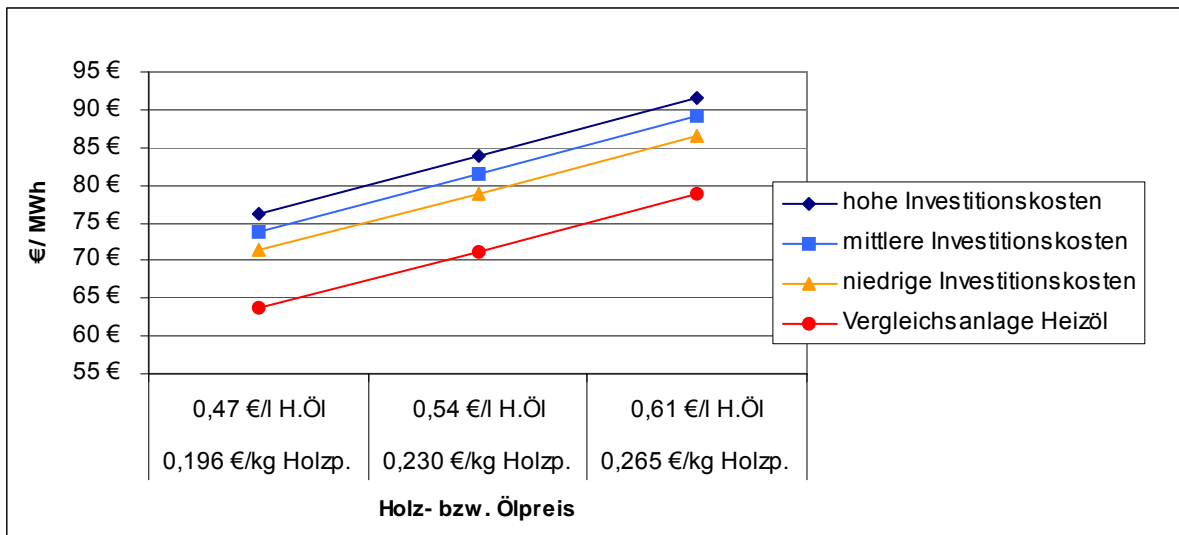
Dem gegenüber stehen allerdings die höheren und vor allem in diesem Bereich in der letzten Zeit stark gestiegenen Brennstoffkosten. Die Berechnungen wurden auf Grundlage aktuell recherchierter Durchschnittswerte durchgeführt, anhand des dargestellten Beispielbetriebes ist aber deutlich geworden, dass die Preisspanne für Holzpellets sehr groß ist und sich in der Praxis im Einzelfall auch noch deutlich niedrigere Preise realisieren lassen.

Die Berechnungen haben gezeigt, dass bei dem derzeitigen durchschnittlichen Preisniveau bei geringem bis mittlerem Wärmebedarf (Kalthaus, temperiertes Haus) keine Kostenvorteile zu erwarten sind. Erst unter der

<sup>328</sup> Weil die Nutzung einer Holzpelletanlage für einen Kalthausbetrieb deutlich höhere Gesamtkosten als eine Heizölanlage erwarten lässt, wurde auf eine ausführliche Darstellung an dieser Stelle verzichtet.

<sup>329</sup> Wie beschrieben, wurden hier unterschiedlich hohe Investitionskosten berücksichtigt.

Annahme hoher Ölpreise (0,61 €/l) bei gleichzeitig niedrigen Holzpelletpreisen (0,196 €/kg) und niedrigen bis mittleren Investitionskosten ergeben sich hier leichte Kostenvorteile von drei bis sieben Prozent. Auch bei einer überwiegenden Warmhausnutzung ist unter den dargestellten Annahmen nur von einem Einsparungspotenzial von sieben bis 10 Prozent auszugehen. Die Ergebnisse korrespondieren auch mit den Aussagen von Betriebsleitern, dass insbesondere eine Umstellung auf Holzpellets aufgrund der deutlich gestiegenen Brennstoffpreise keine Kostenvorteile mehr gegenüber herkömmlichen Energieträgern wie Gas oder Öl erwarten lassen.



**Abbildung 90: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für ein Holzpelletanlage im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Zwar bieten Holzpellets Vorteile u. a. beim Handling und der Lagerung, bei einem Wechsel zu diesem Brennstoff ist bei dem aktuellen Preisniveau im Vergleich zu Heizöl aber nur unter optimalen Rahmenbedingungen von geringen Kostenvorteilen auszugehen. Insgesamt ist ein Umstieg derzeit als sehr risikoreich einzuschätzen, zumal weitere Preissteigerungen nicht auszuschließen sind.

#### 6.1.4 Kohleheizung

In den letzten Jahren ist aufgrund des Energiepreises auch eine Kohlenutzung für die Gewächshausbeheizung wieder interessanter geworden. Vorteile liegen im hohen Heizwert und der hohen Dichte, insbesondere bei Anthrazitkohle sowie den Brennstoffkosten, die allerdings im Vergleich zu aktuellen Holzhackschnittelpreisen, bezogen auf die kWh, etwas höher liegen. Vorteilhaft ist jedoch, dass sich in den letzten Jahren nur moderate Preissteigerungen gezeigt haben.

Im Verhältnis zu beispielsweise einer Hackschnitzelanlage ist für Kohleheizungen von etwas niedrigeren Investitionskosten auszugehen.<sup>330</sup> Die folgende Tabelle gibt die ermittelten Ergebnisse zur Leistungsauslegung und den Investitionskosten wieder.

**Tabelle 55: Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Kohle- und Heizölanlage**

| Leistungsauslegung und Investitionskosten Kohle- und Vergleichsanlage |                         |                         |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   | Kalt                    | Temp.                   | Warm                    |
| Leistung Ölkessel kW  | 480/650 <sup>331</sup>  | 580/800                 | 625/900                 |
| Leistung Holzhackkessel kW  | 170                     | 220                     | 275                     |
| Gesamtinvestitionskost. Kohleheisanlage in € <sup>332</sup>           | 170.892/148.725/126.557 | 205.146/178.387/151.682 | 230.821/200.450/170.079 |
| Gesamtinvestitionskost. Vergleichsanlage (Heizöl) in €                | 86.237                  | 102.127                 | 112.214                 |

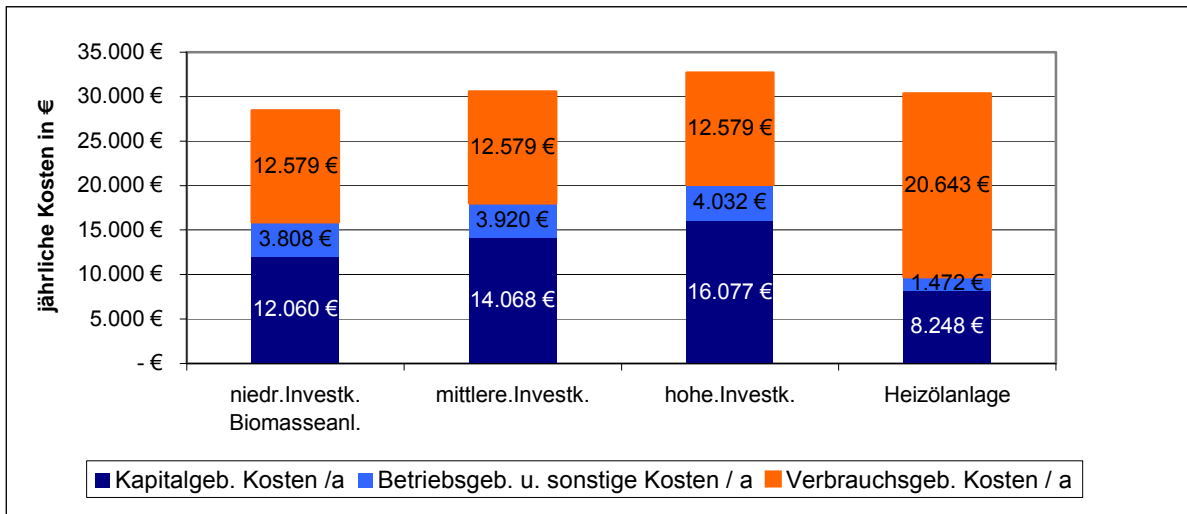
Bei einer Nutzung im Kalthaus zeigen sich aufgrund der etwas niedrigeren Investitionskosten und somit niedrigeren jährlichen kapitalgebundenen Kosten, die bei geringem Wärmebedarf einen hohen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen, leichte Vorteile im Vergleich zu einer Holzhackschnitzelanlage.

<sup>330</sup> Vgl. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft 2006

<sup>331</sup> Der linke Wert gibt die Leistung des Spitzenlastkessels für die Kohleheizung an. Der jeweils rechte Wert wurde für die Leistungsauslegung der Vergleichsanlage genutzt.

<sup>332</sup> Wie beschrieben, wurden hier unterschiedliche hohe Investitionskosten berücksichtigt.

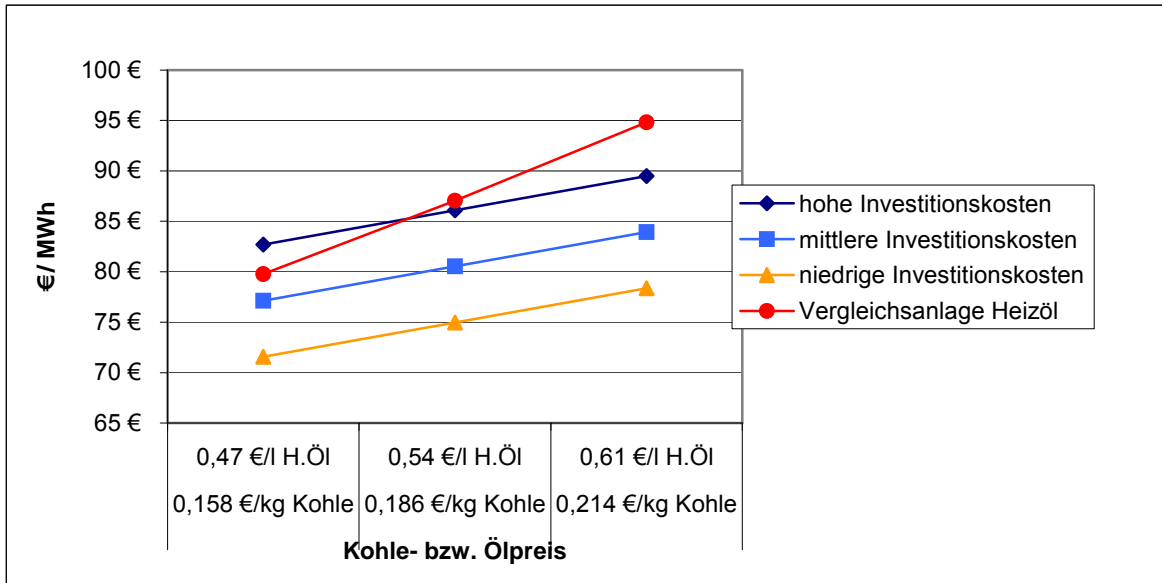




**Abbildung 91: Kostenverteilung der jährlichen Gesamtkosten einer Kohleheizanlage bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

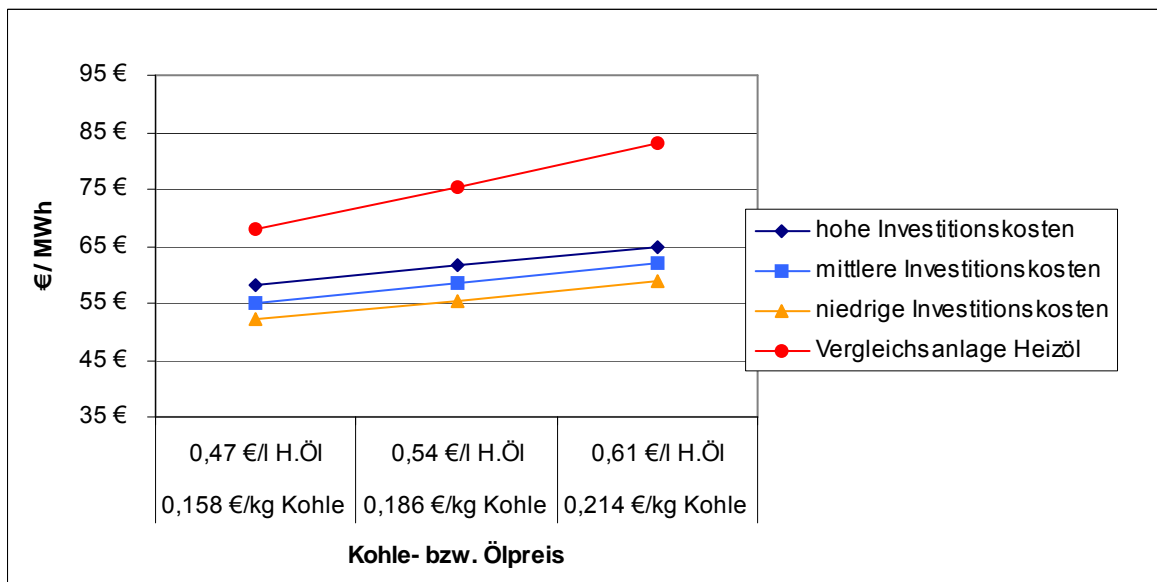
Dennoch sind auch hier ausgehend von der aktuellen Preissituation für die Brennstoffe nur geringe Kostenvorteile (ca. 6 Prozent) bei sehr günstigen Rahmenbedingungen zu erwarten.

Bei steigenden Ölpreisen ergibt sich ein deutlicheres Potenzial zur Kosteneinsparung. So liegen die Kosteneinsparungen bei mittleren bis hohen Investitionskosten bei einem Heizölpreis von 0,54 €/l bei rund 1 – 7 Prozent. Steigt der Heizölpreis zukünftig auf 0,61 €/l und der Kohlepreis auf 0,214 €/kg, so liegen die Kostenvorteile bei 6 – 12 Prozent.



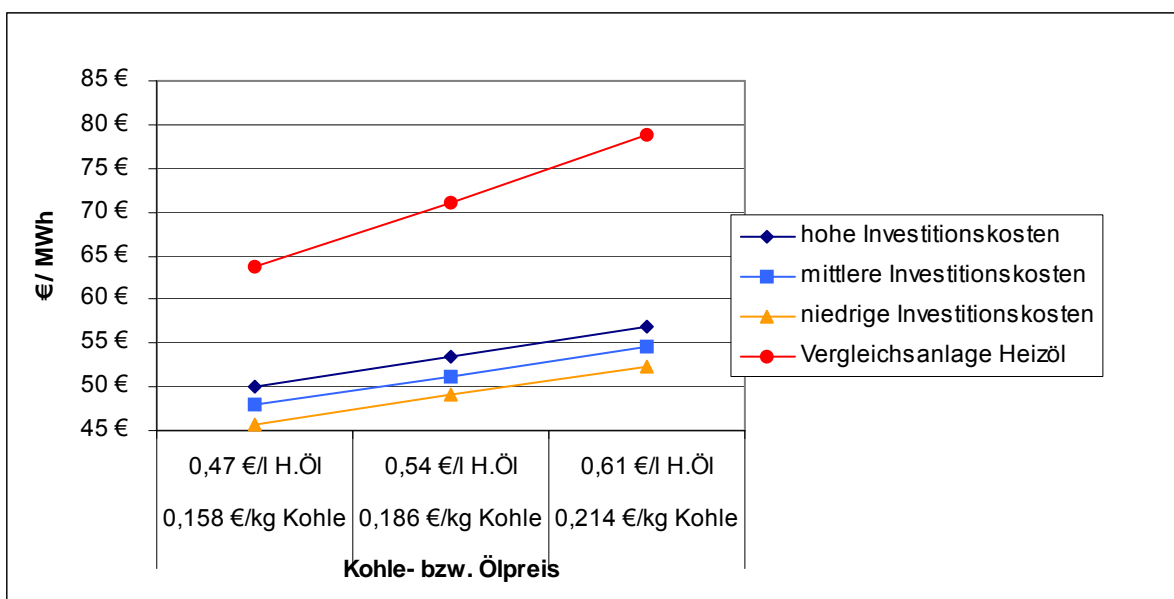
**Abbildung 92: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Kohleheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Ausgehend von einem temperierten Haus ist von nachdrücklicheren Kostenvorteilen auszugehen. Bei mittleren bis hohen Investitionskosten und aktuellen Preisen für Kohle (0,186 €/kg) und Öl (0,47 €/l) zeigen sich Kostenvorteile von 9 – 14 Prozent. Die Amortisationszeit liegt in diesem Fall zwischen 11 und 14 Jahren. Sie ist damit immer noch hoch, liegt aber bei günstigen Rahmenbedingungen noch leicht unter der einer Holzhackschnitzelanlage. Bei steigendem Ölpreis, sonst gleichen Bedingungen und somit zunehmenden Kostenvorteilen sinkt die Amortisationszeit auf 8 bis 10 Jahre (in Abhängigkeit des Ölpreises).



**Abbildung 93: Wärmegestehungskosten in Euro/ MWh für eine Kohleheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/temp. Haus 2 500 m<sup>2</sup>**

Bei einem Warmhausbetrieb nähern sich aufgrund des höheren Brennstoffpreises gegenüber Holzhackschnitzeln die Werte für die Wärmegestehungskosten an. Wobei sich aufgrund der als etwas niedriger angenommenen Investitionskosten leichte Vorteile bei der Amortisationszeit ergeben, die bei einer mittleren bis hohen Investitionskostenhöhe und aktuellen Brennstoffpreisen bei rund 8 bis 10 Jahren liegt. Die Kostenvorteile im Verhältnis zu der Heizölanlage liegen in diesem Fall bei rund 16 – 20 Prozent. Im ungünstigen, aber auch unwahrscheinlichen Fall stagnierender Heizölpreise und steigender Kohlepreise (hier wurde ein Preisanstieg um 15 Prozent betrachtet, siehe oben), ergäbe sich noch ein Kostenvorteil von rund 11 Prozent, was allerdings eine Amortisationszeit von 11 Jahren zur Folge hätte. Geht man von deutlich steigenden Heizölpreisen aus, liegt die Amortisation selbst bei hohen Investitionskosten bei rund 5 bis 7 Jahren.



**Abbildung 94: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Kohleheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Aus ökonomischer Sicht sind mit modernen Kohleheizanlagen bei derzeitigem Preisniveau und mittlerem bis hohem Wärmebedarf deutliche Kosteneinsparungen zu erreichen, insbesondere wenn die Heizölpreise wieder ansteigen. Ausgehend von den gemachten Grundannahmen zeigen sich bei niedrigem Wärmebedarf leichte Vorteile von Kohleanlagen (bei niedrigeren Investitionskosten) gegenüber Holzhackschnitzelanlagen, eine Umstellung erscheint aber auch hier nur unter sehr günstigen Rahmenbedingungen sinnvoll und bleibt risikoreich.

Wie sich auf der IPM 2007 gezeigt hat, scheint das Interesse an Kohleheizanlagen im Gartenbau deutlich zu wachsen. Aus umweltpolitischer Sicht ist diese Entwicklung kritisch zu sehen. So setzt die hier betrachtete Kohleheizanlage (inklusive Spitzenlastkessel) in einem Warmhausbetrieb jährlich rund 480 000 kg CO<sub>2</sub> frei,

rund 90 000 kg mehr als eine vergleichbare Heizölanlage und 190 000 kg mehr als eine vergleichbare Erdgasheizung.

### 6.1.5 Strohheizung

Strohheizungen haben bisher nur eine sehr geringe Verbreitung im Gartenbau gefunden, obschon hier ein hohes Brennstoffpotenzial vorhanden und Stroh derzeit ein sehr preisgünstiger Brennstoff ist. Die ungünstigeren Brennstoffeigenschaften und strengeren Grenzwerte bedingen allerdings eine aufwändigere Anlagentechnik, bei der noch Optimierungsbedarf besteht. Zudem ist aufgrund der geringen Dichte, beispielsweise im Verhältnis zu Holz, von einem höheren Lagerraumbedarf auszugehen, so dass hier insgesamt mit höheren Investitionskosten zu rechnen ist. Zudem kann es aufgrund des niedrigen Ascheschmelzpunktes zu Verschlackungen kommen. Zwar gibt es bereits technische Ansätze (vgl. Kapitel 4.2.5) dieses Problem zu bewältigen, derzeit ist aber insgesamt von einem etwas höherem Wartungsaufwand auszugehen.

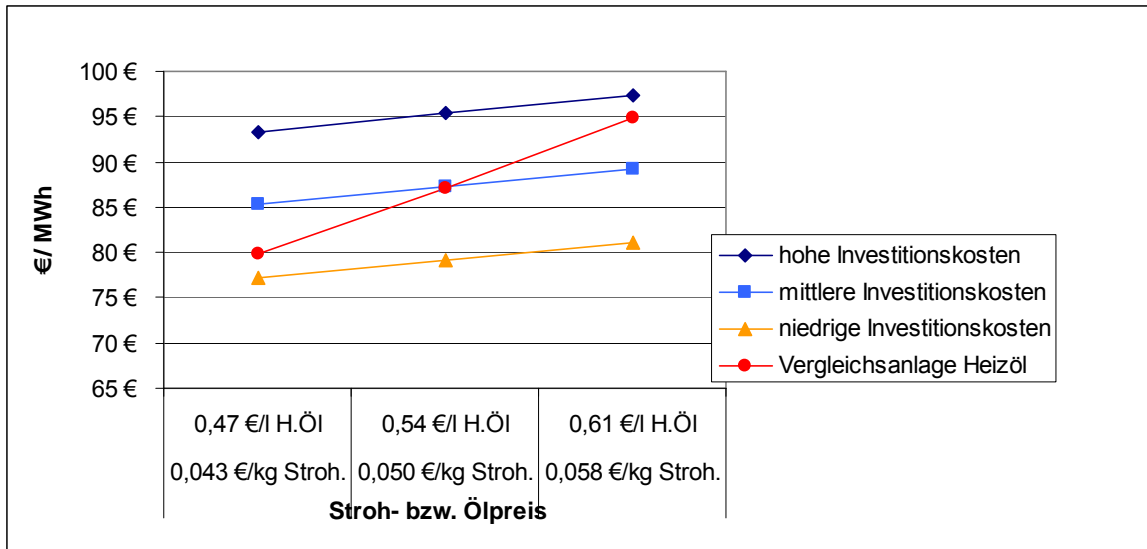
**Tabelle 56: Leistungsauslegung Gesamtinvestitionskosten Stroh- und Heizölanlage**

| Leistungsauslegung und Investitionskosten Stroh- und Vergleichsanlage |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   | Kalt                     | Temp.                    | Warm                     |
| Leistung Ölkessel kW  | 480/650 <sup>333</sup>   | 580/800                  | 625/900                  |
| Leistung Holzhackkessel kW  | 170                      | 220                      | 275                      |
| Gesamtinvestitionskost. Kohleheizung in € <sup>334</sup>              | 248.039/ 214.299/180.559 | 298.771/ 257.968/217.165 | 337.564/ 291.182/244.799 |
| Gesamtinvestitionskost. Vergleichsanlage (Heizöl) in €                | 86.237                   | 102.127                  | 112.214                  |

Insbesondere aufgrund der anzunehmenden höheren Investitionskosten zeigt sich eine Strohheizung gerade bei niedrigem Wärmebedarf gegenüber einer Holzhackschnitzelanlage als etwas ungünstiger. Ausgehend von den verwendeten Grundpreisen ergeben sich bei mittleren bis hohen Investitionskosten keine Kostenvorteile, bei niedrigen Investitionskosten liegen diese in Abhängigkeit des Ölpreises zwischen 1 und 17 Prozent. Aber selbst unter diesen günstigen Rahmenbedingungen liegt die Amortisationszeit im besten Fall bei 13 Jahren. Ein Umstieg unter diesen Bedingungen ist somit nicht zu empfehlen.

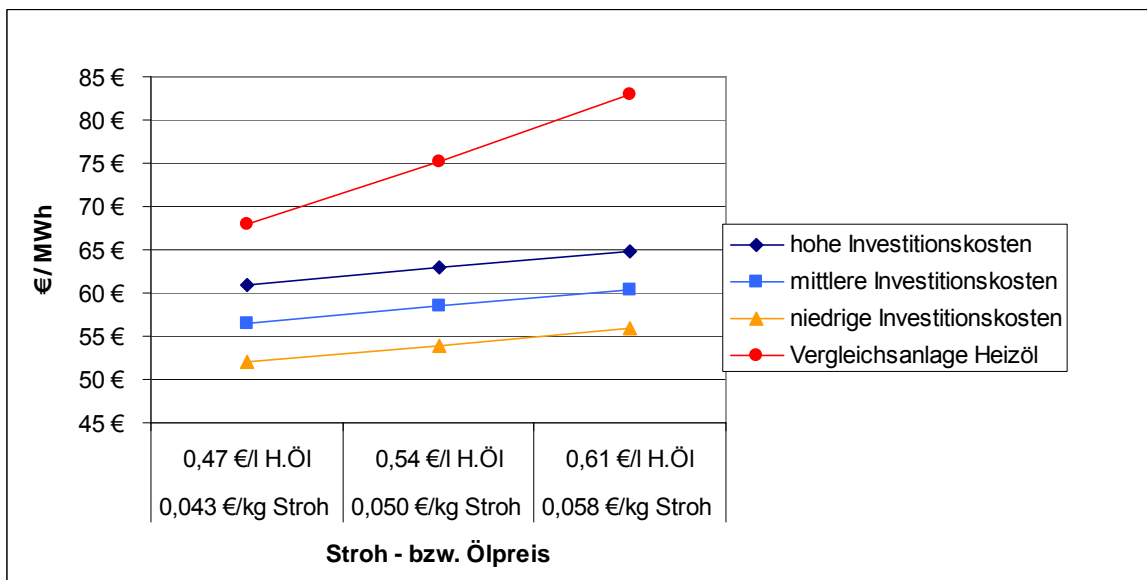
<sup>333</sup> Der linke Wert gibt die Leistung des Spitzenlastkessels für die Kohleheizung an. Der jeweils rechte Wert wurde für die Leistungsauslegung der Vergleichsanlage genutzt.

<sup>334</sup> Wie beschrieben, wurden hier unterschiedlich hohe Investitionskosten berücksichtigt.



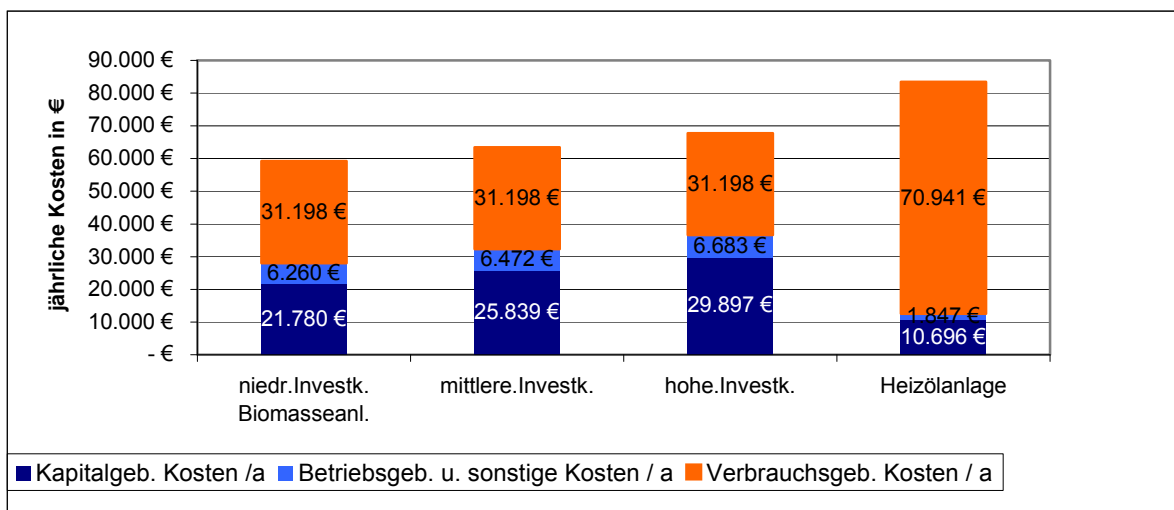
**Abbildung 95: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Strohheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Kalthaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Bei steigendem Wärmebedarf (temp. Haus) ergeben sich auch hier höhere Kostenvorteile gegenüber der Vergleichsanlage, sie liegen aber mit 7 – 14 Prozent bei derzeitigem Preisniveau und mittleren bis hohen Investitionskosten immer noch etwas unter denen einer Holzhackschnitzelanlage. Geht man von einer Nutzungsdauer von 15 Jahren für Hauptteile der Anlage aus, ist eine Amortisation im ungünstigsten Fall nicht gegeben.



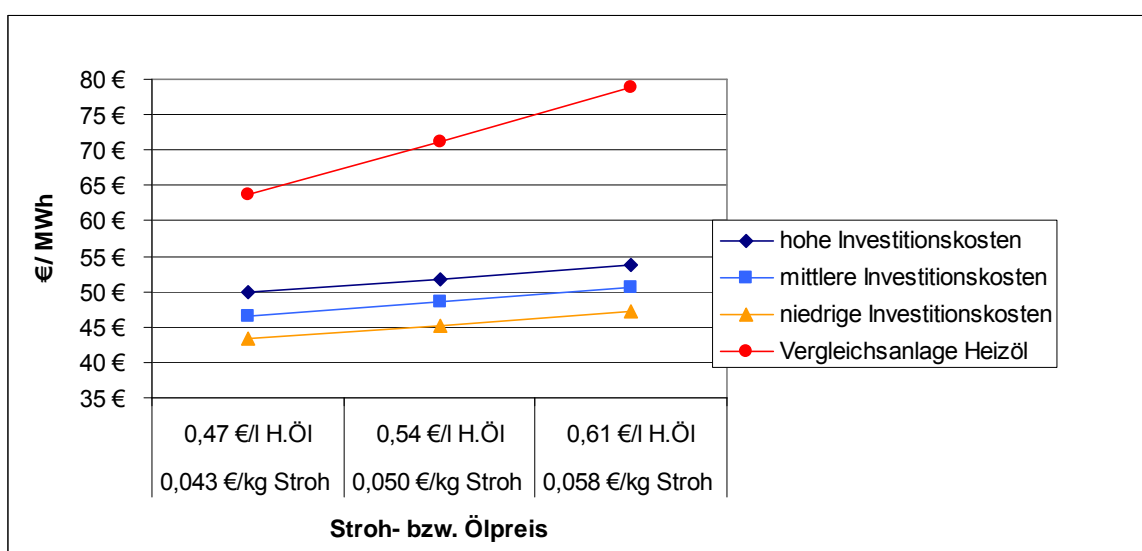
**Abbildung 96: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Strohheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/temp. Haus 2 500 m<sup>2</sup>**

Bei einer Nutzung im Warmhaus zeigen sich aufgrund der niedrigen Brennstoffpreise und des hohen Brennstoffbedarfs deutliche Kostenvorteile gegenüber einer Heizölanlage, die etwas über denen einer Holzhackschnitzelanlage liegen.



**Abbildung 97: Jährliche Gesamtkosten einer Strohheizung bei unterschiedlicher Investitionskostenhöhe im Vergleich zu einer Heizölanlage/Warmhaus 2 500 m<sup>2</sup>**

So lassen sich Kostenvorteile bei mittleren bis hohen Investitionskosten und aktuellen Preisannahmen von 19 – 24 Prozent realisieren. Die Amortisationszeit liegt in diesem Fall bei 9 - 11 Jahren. Geht man von steigenden Ölpreisen (0,54 €/l) aus, liegt das Einsparpotenzial bei 27 – 32 Prozent (bei niedrigen Investitionskosten bzw. einer Förderung liegt der Wert bei 36 Prozent) und die Amortisation verkürzt sich auf rund 8 (6 bei niedrigen Investitionskosten) Jahre.



**Abbildung 98: Wärmegestehungskosten in Euro/MWh für eine Strohheizung im Vergleich zu einer Heizölanlage bei verschiedenen Rahmenbedingungen/Warmhaus 2 500 m<sup>2</sup>**

Wenn die Strohpreise in etwa auf dem hier betrachteten Niveau verbleiben, können Strohheizanlagen unter den hier bewerteten Annahmen aus ökonomischer Sicht insbesondere bei hohem Wärmebedarf eine interessante Alternative darstellen. Allerdings sind aus gartenbaulicher Sicht noch Fragen über die Ausfallsicherheit der Anlagen und die logistische Abwicklung und regionale Verfügbarkeit des Brennstoffes zu klären. Nach aktueller Einschätzung besteht noch ein hohes Optimierungspotenzial bei der Verbrennungstechnik.

**6.1.6 Biogasanlage**

Der Bau und Betrieb von Biogasanlagen durch Gartenbauunternehmen stellt hohe Anforderungen u. a. bezüglich der Kapitalverfügbarkeit, Organisation und Prozesssteuerung. Dennoch zeigen sich in der gartenbaulichen Praxis erste Beispiele, bei denen Biogasanlagen zur Wärmeversorgung von Gewächshausanlagen genutzt werden. Anhand von Modellrechnungen wurde eine Wärmeversorgung für ein 2 500 m<sup>2</sup> großes Gewächshaus durch eine Biogasanlage (inklusive eines Spitzenlastkessels, der mit Heizöl betrieben wird) bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen (drei Varianten) im Vergleich zu einer Heizölanlage bewertet. Neben der Variation der Investitionskosten wurden dabei u. a. auch verschiedene Substratkosten berücksichtigt. Für die Kalkulation wurden Angaben aus verschiedenen Literaturquellen genutzt.<sup>335</sup>

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse bei verschiedenen Grundannahmen auf.

**Tabelle 57: Grundannahmen Biogasanlage bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen**

| Installierte el. Leistung                 | 190 kW    | 200 kW    | 210 kW    |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Szenario (Rahmenbedingungen)              | günstig   | mittel    | ungünstig |
| Wirkungsgrad elektrisch/thermisch         | 35% / 50% | 35% / 50% | 35% / 50% |
| Stromkennzahl                             | 0,70      | 0,70      | 0,70      |
| Benötigte Prozesswärme                    | 25%       | 25%       | 25%       |
| Anteil zur Beheizung genutzte Wärme       | 70%       | 60%       | 55%       |
| Nutzungsstunden / Jahr                    | 7.800     | 7.500     | 7.200     |
| Vergütung (inkl. NaWaRo Bonus) ct/kWh el. | 16,68     | 16,61     | 16,56     |

<sup>335</sup> VGL. JÄGER ET AL. 2007; MATTHIAS 2004 , EDER/SCHULZ 2006 U.A.

**Tabelle 58: Kosten Biogasanlage bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen**

| Installierte el. Leistung   | 190 kW         | 200 kW         | 210 kW           |
|---|----------------|----------------|------------------|
| Szenario (Rahmenbedingungen)  | <b>günstig</b> | <b>mittel</b>  | <b>ungünstig</b> |
| <b>Investitionskosten</b>   |                |                |                  |
| Bau (20 Jahre, Instandsetzung 1%) €   | 294.500        | 320.000        | 346.500          |
| Technik (10 Jahre, Inst. 3%) €  | 259.160        | 281.600        | 304.920          |
| Motor (8 Jahre, Inst. 3%) €   | 35.340         | 38.400         | 41.580           |
| Wärmeleitung (15 Jahre, Inst. 1%) €   | 15.000         | 15.000         | 15.000           |
| Pufferspeicher (15 Jahre, Inst. 1%) €   | 120.000        | 120.000        | 120.000          |
| Planung und Genehmig. (20 Jahre) €  | 66.440         | 72.050         | 77.880           |
| <b>Gesamt in €</b>  | <b>790.440</b> | <b>847.050</b> | <b>905.880</b>   |
| <b>Kosten/kW in el. Leistung (ohne Pufferspeicher, Wärmeleit. und Pl. u. Genehmigung)</b> | <b>3.100</b>   | <b>3.200</b>   | <b>3.300</b>     |
| <b>Jährliche Kosten</b>   |                |                |                  |
| Kapitalgebundene Kosten €   | 94.129         | 101.025        | 108.191          |
| Reparatur / Wartung / Versicherung €  | 20.600         | 21.883         | 23.190           |
| Arbeitskosten €   | 6.840          | 7.200          | 7.560            |
| Kosten Prozessenergie €   | 15.561         | 18.000         | 20.412           |
| Gärrestentsorgung €   | 7.000          | 7.000          | 7.000            |
| Substratkosten €  | 103.740        | 120.000        | 136.080          |
| <b>Jährl. Gesamtkosten € Biogasanlage</b>   | <b>247.870</b> | <b>275.108</b> | <b>302.433</b>   |
| <b>Jährl. Gesamtkosten € Spitzelastanlage</b>   | <b>36.116</b>  | <b>40.016</b>  | <b>42.043</b>    |



**Tabelle 59: Erlöse und Kostenvorteile einer Biogasanlage gegenüber einer Heizölanlage bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen**

| Installierte el. Leistung                                 | 190 kW          | 200 kW          | 210 kW           |
|---|-----------------|-----------------|------------------|
| Szenario  | <b>günstig</b>  | <b>mittel</b>   | <b>ungünstig</b> |
| Stromerzeugung in kWh                                     | 1.482.000       | 1.500.000       | 1.512.000        |
| Erlös Stromeinspeisung €                                  | 247.198         | 249.150         | 250.387          |
| Wärmeerzeugung kWh  | 2.117.143       | 2.142.857       | 2.160.000        |
| Nutzwärme kWh   | 1.587.857       | 1.607.143       | 1.620.000        |
| Genutzte Wärme kWh  | 1.115.909       | 956.494         | 876.786          |
| Erlös KWK-Bonus €   | 15.623          | 13.391          | 12.275           |
| <b>Erlös – Kosten Gesamt €</b>                            | <b>- 14.950</b> | <b>- 52.584</b> | <b>--81.814</b>  |
| <b>Wärmegestehungskosten in €/MWh</b>                     | <b>16,18</b>    | <b>40,20</b>    | <b>62,54</b>     |
| <b>Kostenvorteil gegenüber Heizölanlage<sup>336</sup></b> | <b>75%</b>      | <b>37%</b>      | <b>2%</b>        |
| <b>Amortisationszeit</b>                                  | <b>7 Jahre</b>  | <b>9 Jahre</b>  | <b>13 Jahre</b>  |

Die Berechnungen zeigen, dass sich unter günstigen Rahmenbedingungen sehr hohe Kostenvorteile gegenüber der Vergleichsanlage ergeben können. Neben der Investitionskostenhöhe und damit den jährlichen kapitalgebundenen Kosten spielen hierbei vor allem auch die Substratkosten eine große Rolle. Bei ungünstigeren Rahmenbedingungen (u. a. höheren Investitions- und Substratkosten und einer geringeren Wärmenutzung) zeigen sich dagegen kaum noch Kostenvorteile.

Insgesamt lassen sich aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren beim Bau und Betrieb einer Biogasanlage nur sehr bedingt Aussagen über Kostenvorteile gegenüber herkömmlichen Heizanlagen ableiten. Bei günstigen Investitions- und Substratkosten und einer relativ hohen Wärmenutzung durch den Einsatz von Pufferspeichern kann auch, wenn eine hohe Kapitalverfügbarkeit gegeben ist, die Errichtung einer Biogasanlage zur Wärmeenergieversorgung durch ein oder mehrere Gartenbauunternehmen eine nachhaltige Strategie zur Energiekosteneinsparung darstellen. Bereits in Kapitel 4.2.3 wurde auf die damit verbundenen technischen und organisatorischen Anforderungen eingegangen.

<sup>336</sup> Die Werte beziehen sich auf Berechnungen zur Vergleichsanlage 2 500 m<sup>2</sup> Warmhaus, bei einem Heizölpreis von 0,47 €/l, die bereits bei den Biomasseheizungen erstellt worden sind.

## 6.2 Auswirkungen der Gewächshausgröße auf die Szenariorechnungen - Modellbetriebe 1 500, 4 000, 8 000, 16 000 m<sup>2</sup> im Überblick

Ausgehend von den bereits dargestellten Ergebnissen soll im Folgenden aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die Variation der Betriebsgröße auf die Berechnungen hatte. Als Modellanlage dient hier beispielhaft vor allem die Holzhackschnitzelanlage, wobei sich die im Folgenden beschriebenen Kosteneffekte und ihre Auswirkungen sich in der Tendenz ebenso bei den anderen Anlagen gezeigt haben.

Anhand der Kalkulationen mit Hortex konnten zunächst Auswirkungen auf den Brennstoffverbrauch/Flächeneinheit bei unterschiedlicher Größe untersucht werden. Mit zunehmender Größe des umbauten Raumes ergibt sich dabei ein energetisch günstigeres Verhältnis vom Volumen zu den Außenhüllen und der Brennstoffverbrauch/m<sup>2</sup> sinkt. So liegt beispielsweise der Brennstoffverbrauch/m<sup>2</sup> eines 16 000 m<sup>2</sup>-Gewächshauses rund 15 – 17 Prozent niedriger als bei einem 1 500 m<sup>2</sup> großen. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Ergebnisse.

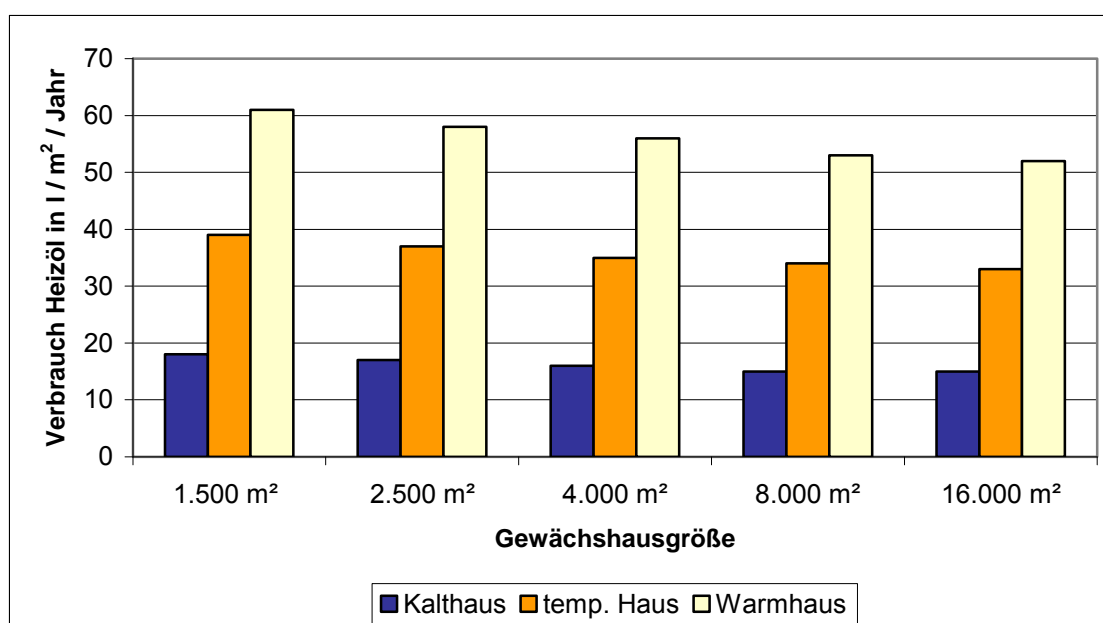


Abbildung 99: Brennstoffverbrauch/m<sup>2</sup> bei unterschiedlicher Gewächshausgröße

Weil die Kostenvorteile der Biomasseanlagen sich in den günstigeren Brennstoffpreisen begründen und somit aufgrund der höheren Investitionskosten bei abnehmendem Wärmebedarf sinken, hätte dieser Effekt, geht man nur vom Wärmebedarf aus und würde man eine lineare Kostenfunktion für die Investitionskosten/kW Kesselleistung (und weiterer Anlagenteile) annehmen, mit zunehmender Gewächshausgröße geringere Kostenvorteile zur Folge. Der geringere Wärmebedarf hat aber auch eine Verringerung des Leistungsbedarfs der Kessel zur Folge, wodurch sich bereits etwas geringere Investitionskosten ergeben.

Zudem ist nach den Kostenfunktionen von Horteb und aktuellen Veröffentlichungen von einer deutlichen Kostendegression bei zunehmender Größe der Kesselanlagen auszugehen, so dass hier insgesamt Vorteile für größere Gewächshausanlagen bzw. hohen Wärmebedarf anzunehmen sind. Nach KTBL-Angaben ist auch bei steigender Kesselleistung, bei der unter Umständen andere gesetzliche Bestimmungen zum Tragen kommen<sup>337</sup> und der eventuell damit verbundenen aufwändigeren Anlagentechnik von deutlich geringeren Kosten/kW Kesselleistung im Vergleich zu kleineren Anlagen auszugehen.<sup>338</sup> Bei gleicher Tendenz ergeben die in Horteb integrierten Kostenfunktionen dabei allerdings etwas höhere Investitionskosten/kW Kesselleistung.

Anhand der folgenden Tabellen lassen sich die steigenden Kostenvorteile gegenüber der Vergleichsanlage bei zunehmender Gewächshausgröße bei unterschiedlichen Temperaturvarianten erkennen. Sie stellen die Wärmegestehungskosten einer Holzhackschnitzelanlage im Vergleich zu einer Heizölanlage bei unterschiedlicher Gewächshausgröße und unterschiedlichem Preisniveau bei angenommenen hohen Investitionskosten für die Holzhackschnitzelanlage dar. In der jeweils rechten Spalte wurden die jeweiligen Kostenvorteile zunächst bei einem Heizölpreis von 0,47 €/l und einem Hackschnitzelpreis von 0,068 €/kg (graue Markierung) sowie einem Heizölpreis von 0,61 €/l und einem Hackschnitzelpreis von 0,078 €/kg (schwarze Markierung) dargestellt.

**Tabelle 60: Wärmegestehungskosten/Kostenvorteile Holzhackschnitzelanlage/Heizölanlage bei hohen Investitionskosten, verschiedenen Preisszenarien und Gewächshausgrößen, Kalthaus**

| Brennstoffpreise                              | billig                         | normal  | teuer    | Kostenvorteil |
|---|--------------------------------|---------|----------|---------------|
|   | Wärmegestehungskosten in €/MWh |         |          | in %          |
| Heizölanlage 1.500 m <sup>2</sup>             | 83,94 €                        | 91,21 € | 99,00 €  | -19%          |
| Holzhackschnitzelanlagen 1.500 m <sup>2</sup> | 97,31 €                        | 99,98 € | 102,66 € | -4%           |
| Heizölanlage 2.500 m <sup>2</sup>             | 79,77 €                        | 87,03 € | 94,82 €  | -15%          |
| Holzhackschnitzelanlagen 2.500 m <sup>2</sup> | 88,88 €                        | 91,62 € | 94,36 €  | 0%            |
| Heizölanlage 4.000 m <sup>2</sup>             | 77,05 €                        | 84,32 € | 92,11 €  | -11%          |
| Holzhackschnitzelanlagen 4.000 m <sup>2</sup> | 82,68 €                        | 85,41 € | 88,14 €  | 4%            |
| Heizölanlage 8.000 m <sup>2</sup>             | 74,12 €                        | 81,39 € | 89,18 €  | -7%           |
| Holzhackschnitzelanlagen 8.000 m <sup>2</sup> | 76,64 €                        | 79,37 € | 82,10 €  | 8%            |
| Heizölanlage 16.000 m <sup>2</sup>            | 70,16 €                        | 77,43 € | 85,21 €  | 1%            |

<sup>337</sup> So fällt beispielsweise eine Heizanlage auf Holzbasis ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 000 kW unter die Bestimmungen der TA-Luft.

<sup>338</sup> VGL. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 2006F

|  |         |         |         |     |
|--|---------|---------|---------|-----|
| Holzhackschnitzelanlagen 16.000 m <sup>2</sup> | 66,55 € | 69,25 € | 71,96 € | 16% |
|--|---------|---------|---------|-----|

**Tabelle 61: Wärmegestehungskosten/Kostenvorteile Holzhackschnitzelanlage/Heizölanlage bei hohen Investitionskosten, verschiedenen Preisszenarien und Gewächshausgrößen, temp. Haus**

| Brennstoffpreise                               | billig                         | normal  | teuer   | Kostenvorteil |
|--|--------------------------------|---------|---------|---------------|
|  | Wärmegestehungskosten in €/MWh |         |         | in %          |
| Heizölanlage 1.500 m <sup>2</sup>              | 69,25 €                        | 76,51 € | 84,30 € | 4%            |
| Holzhackschnitzelanlagen 1.500 m <sup>2</sup>  | 64,08 €                        | 66,71 € | 69,35 € | 18%           |
| Heizölanlage 2.500 m <sup>2</sup>              | 67,95 €                        | 75,22 € | 83,00 € | 7%            |
| Holzhackschnitzelanlagen 2.500 m <sup>2</sup>  | 60,55 €                        | 63,26 € | 65,97 € | 21%           |
| Heizölanlage 4.000 m <sup>2</sup>              | 66,32 €                        | 73,59 € | 81,37 € | 9%            |
| Holzhackschnitzelanlagen 4.000 m <sup>2</sup>  | 57,38 €                        | 60,13 € | 62,88 € | 23%           |
| Heizölanlage 8.000 m <sup>2</sup>              | 64,22 €                        | 71,49 € | 79,27 € | 14%           |
| Holzhackschnitzelanlagen 8.000 m <sup>2</sup>  | 52,59 €                        | 55,29 € | 58,00 € | 27%           |
| Heizölanlage 16.000 m <sup>2</sup>             | 63,71 €                        | 70,97 € | 78,76 € | 19%           |
| Holzhackschnitzelanlagen 16.000 m <sup>2</sup> | 49,05 €                        | 51,74 € | 54,43 € | 31%           |

**Tabelle 62: Wärmegestehungskosten/Kostenvorteile Holzhackschnitzelanlage/Heizölanlage bei hohen Investitionskosten, verschiedenen Preisszenarien und Gewächshausgrößen, Warmhaus**

| Brennstoffpreise                               | billig                         | normal  | teuer   | Kostenvorteil |
|--|--------------------------------|---------|---------|---------------|
|  | Wärmegestehungskosten in €/MWh |         |         | in %          |
| Heizölanlage 1.500 m <sup>2</sup>              | 66,32 €                        | 73,59 € | 81,37 € | 9%            |
| Holzhackschnitzelanlagen 1.500 m <sup>2</sup>  | 57,38 €                        | 60,13 € | 62,88 € | 23%           |
| Heizölanlage 2.500 m <sup>2</sup>              | 63,82 €                        | 71,09 € | 78,87 € | 16%           |
| Holzhackschnitzelanlagen 2.500 m <sup>2</sup>  | 50,76 €                        | 53,49 € | 56,22 € | 29%           |
| Heizölanlage 4.000 m <sup>2</sup>              | 66,32 €                        | 73,59 € | 81,37 € | 9%            |
| Holzhackschnitzelanlagen 4.000 m <sup>2</sup>  | 57,38 €                        | 60,13 € | 62,88 € | 23%           |
| Heizölanlage 8.000 m <sup>2</sup>              | 61,20 €                        | 68,46 € | 76,25 € | 22%           |
| Holzhackschnitzelanlagen 8.000 m <sup>2</sup>  | 44,81 €                        | 47,56 € | 50,30 € | 34%           |
| Heizölanlage 16.000 m <sup>2</sup>             | 61,22 €                        | 68,49 € | 76,28 € | 26%           |
| Holzhackschnitzelanlagen 16.000 m <sup>2</sup> | 61,22 €                        | 68,49 € | 76,28 € | 37%           |

Insgesamt ist somit bei zunehmender GWH-Größe auch bei geringem Wärmebedarf mit steigenden Kostenvorteilen zu rechnen, so dass für größere Betriebe eine Umstellung bei sehr günstigen Rahmenbedingungen auch bei niedrigem Wärmebedarf vorteilhaft sein kann. So ergibt sich beispielsweise bei einem 8 000 m<sup>2</sup> Kalthausbetrieb im günstigsten Fall ein Kostenvorteil von rund 27 Prozent.

Auch bei einer Holzpellettheizung sind zunehmende Kostenvorteile im Verhältnis zur Vergleichsanlage bei größeren Gewächshäusern zu verzeichnen. Dennoch sind die Kostenvorteile zumindest bei dem derzeitigen Preisniveau auch bei umfangreichen Flächen als nicht ausreichend für einen Umstieg einzuschätzen.

Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass unter den getroffenen Annahmen, die sich an der vorherrschenden Betriebsausstattung in Sachsen orientieren, mit zunehmendem Wärmebedarf eine Umstellung des gesamten Heizungssystems auf alternative Energieträger deutliche Kosteneinsparungen im Verhältnis zu Heizölanlagen erwarten lassen. Lediglich Holzpelletanlagen können bei dem derzeitigen hohen Preisniveau keine ausreichenden Kostenvorteile erbringen. Geht man von weiter steigenden Heizölpreisen von 15 – 30 Prozent in den nächsten Jahren aus, so nimmt die relative Vorteilhaftigkeit, sofern die Preise für die alternativen Brennstoffe nicht um denselben Geldbetrag steigen, deutlich zu.

Derzeit erscheint die Entscheidung für einen Umstieg bei einem Heizölverbrauch von deutlich unter 50 000 l als sehr fraglich, allerdings hat ein solcher Richtwert aufgrund unterschiedlicher Investitionskostenhöhe und Brennstoffpreise für die verschiedenen Anlagen sowie des Einflusses der Gewächshausgröße und des Heizölpreises, nur eine begrenzte Aussagekraft. Zudem können die gemachten Berechnungen eine einzelbetriebliche Prüfung nicht ersetzen, weil diese auf durchschnittlichen Annahmen beruhen und sich im Einzelfall deutliche Abweichungen zeigen können.

Mit zunehmendem Wärmebedarf ergeben sich aufgrund der höheren Kesselleistung und größerer Lagerkapazitäten auch höhere Investitionskosten, die ca. doppelt bis dreifach so hoch sind wie die einer Heizölanlage. Bei der z. T. als sehr gering anzunehmenden Eigenkapitaldecke und der nicht zuletzt seit Basel II immer schwierigeren Situation auf dem Kapitalmarkt, kann dies eine deutliche Hürde für eine Übernahme solcher Technologien bedeuten.

## **7 Abschließende Bewertung und Ausblick**

Im Rahmen der Studie wurden, aufbauend auf einer Situationsanalyse der sächsischen Unterglasbetriebe, unterschiedliche Strategieansätze zur Energiekosteneinsparung dargestellt. Neben Ansätzen zur Steigerung der Energieeffizienz konnten dabei auch Möglichkeiten eines Umstiegs auf alternative Energieversorgungskonzepte betrachtet werden.

Der Fokus lag u. a. auf der Frage, inwieweit verschiedene Ansätze unter den gegebenen regionalen und betrieblichen Rahmenbedingungen geeignet sind, zu einer nachhaltigen Energiekosteneinsparung in den Betrieben beizutragen.

In Sachsen zeigen sich überwiegend kleinbetriebliche Strukturen, wodurch sich, auch losgelöst von der Ausstattung der Betriebe, höhere Aufwendungen im Verhältnis zu großen Gewächshäusern bei den Energiekosten begründen. Vorteile größerer Betriebe haben sich auch durch Recherchen zur Stufenproduktion gezeigt. So ermöglichen die Preissysteme von Jungpflanzenunternehmen bei umfangreicheren Bestellmengen deutliche Preisnachlässe.

Insgesamt stellt sich die wirtschaftliche Situation der Unterglasbetriebe in Sachsen - soweit dies auf Grundlage des Datenmaterials nachvollzogen werden konnte – in weiten Teilen als unbefriedigend dar. Neben z. T. hohen Aufwendungen - auch im Energiebereich - im Vergleich zu anderen Bundesländern, hat sich insbesondere bei indirekt vermarktenden Zierpflanzenbetrieben ein rückläufiger Unternehmensertrag gezeigt.

Wie auch Interviewpartner prognostizieren, wird eine rentable Unterglasproduktion in Deutschland bei weiter steigenden Brennstoffpreisen gerade bei hohem Wärmebedarf nur mit Energiekonzepten funktionieren, die nachhaltig eine Energieeffizienzsteigerung ermöglichen und/oder beispielsweise durch alternative Brennstoffe die Energie kostengünstiger bereitstellen. Somit ist zu vermuten, dass anhaltende Preissteigerungen im Energiebereich zu einer Beschleunigung des Strukturwandels führen werden, sofern es den Betrieben nicht gelingt, geeignete Strategien zur Kostenminderung umzusetzen.

Dabei ist aufgrund der wirtschaftlichen Lage die Ausgangssituation für Anpassungsmaßnahmen zahlreicher Betriebe als schwierig bzw. risikoreich einzuschätzen. Umfangreiche und kapitalintensive Modernisierungen werden von vielen Betrieben ohne eine intensive Förderung nicht durchführbar sein.

Die Untersuchungen zur Betriebsausstattung haben verdeutlicht, dass in weiten Teilen Sachsens die Gewächshäuser aus energetischer Sicht nicht optimal ausgestaltet sind. So handelt es sich zumeist um ältere Bausubstanz vom Typ des *deutschen Normgewächshauses*. Vom energetischen Standpunkt betrachtet, ist die Ausstattung eher einfach. Überwiegend besteht die Eindeckung an den Stehwänden und in der Bedachung aus Einfachglas. Etwas über die Hälfte der Betriebe verwendet Energieschirme. Bei den genutzten Heizungssystemen zeigt sich, dass in den Gewächshäusern neben einer Stehwandheizung weitere Heizungssysteme (Bodenheizung, Untertischheizung o. ä.) eingesetzt werden. Heizöl ist der mit Abstand am häufigsten genutzte Energieträger in Sachsen, gefolgt von Erdgas und Kohle/Koks. Eine Nutzung von Biomasse findet bisher nur in sehr geringem Umfang statt.

#### Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung

Daraus resultieren bereits zahlreiche Optimierungsansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz. So ist beispielsweise die Dichtigkeit der Hülle aufgrund der zum Teil relativ alten Bausubstanz zu überprüfen. Von Betriebsleitern wird häufig die Wirkung von Undichtigkeiten, wie sie beispielsweise durch gebrochene und abgerutschte Scheiben, schlecht schließende Lüftungsklappen und Türen oder alte Gummiprofile verursachen, unterschätzt. Hier können sich schätzungsweise Energieverluste von 10 – 20 Prozent ergeben. Zudem sollte, wenn nicht vorhanden, eine Anbringung von Noppenfolie an Stehwänden und Giebeln geprüft werden, wodurch Energieeinsparungen im Bereich von rund 8 – 10 Prozent möglich sind. Auch sind nicht alle Häuser mit Energieschirmen ausgestattet. Bereits ein einfacher, gering aluminisierter Energieschirm erbringt Energieeinsparungen von mindestens 17 Prozent. Insbesondere bei hohen Gewächshaustemperaturen ist auch der Einsatz moderner Energieschirme mit höherem Einsparpotenzial zu erwägen. Bei älteren Anlagen sollte auch eine Überprüfung der Messfühler vorgenommen werden, weil von der Messgenauigkeit und dem Pflegezustand der Sensoren unmittelbar die Klimaregelung abhängt. Vorteile dieser (und weiterer in Kapitel 4.1.1 beschriebenen) Ansätze sind, dass sie im Verhältnis zu einer Umstellung des gesamten Heizungssystems bei relativ moderaten Investitionskosten in Abhängigkeit von der Ausgangslage der Betriebe bereits deutliche Energieeinsparungen erbringen können.

Auch im Bereich der Kulturmaßnahmen zeigen sich zahlreiche Möglichkeiten, um auf die veränderte Energiepreissituation zu reagieren. Dabei zeichnet sich insgesamt, wie bei Gesprächen auf der IPM 2007 deutlich wurde, ein gewisser Trend zur Umstellung auf weniger wärmebedürftige Kulturen ab. Zwar liegen die Energiekosten nach den Modellrechnungen bei einem überwiegenden Kalthausbetrieb rund 71 Prozent unter denen eines Warmhausbetriebes, Kulturumstellungen und Anpassungen müssen sich aber auch immer an der Markt- und individuellen Betriebssituation orientieren. Vorteile einzelner Maßnahmen können nur bedingt verallgemeinert werden. So wurde von Gesprächspartnern auf der IPM 2007 auch in einem Anbau von sehr wärmebedürftigen Kulturen ein Strategieansatz gesehen, um von potenziellen Angebotslücken zu profitieren. Die Umfrageergebnisse haben auch gezeigt, dass bei einem Teil der Betriebe noch sehr alte Heizungsanlagen

vorhanden sind. Insbesondere hier stellt sich die Frage, welche Heizungssysteme/Wärmeversorgungskonzepte bei einer Erneuerung zukünftig genutzt werden sollen.

#### Gesamtbewertung unterschiedlicher Energieversorgungskonzepte

Neben herkömmlichen Gas- und Ölheizungen werden in den letzten Jahren auch verstärkt Heizungsanlagen auf Basis biogener Brennstoffe für den Gartenbau diskutiert, weil die Brennstoffpreise hier zum Teil deutlich unter denen von Heizöl liegen. Zudem gelten diese weitestgehend als CO<sub>2</sub>-neutral und leisten somit einen Beitrag zu einer staatlich und gesellschaftlich zunehmend geforderten CO<sub>2</sub>-Emissionsabsenkung.

Aber auch Kohle, insbesondere Anthrazit, wird aufgrund der günstigen Preissituation wieder als attraktiv eingeschätzt. Darüber hinaus lässt sich auch verstärkt ein Anlagen-Contracting beobachten. Zudem haben sich in Sachsen grundsätzlich zahlreiche Möglichkeiten einer Abwärmenutzung aus Industrie- oder landwirtschaftlichen Anlagen gezeigt.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass verschiedene Energieversorgungskonzepte dabei in Abhängigkeit von der Ausgangssituation ein z. T. deutlich unterschiedliches Potenzial zur Energiekosteneinsparung besitzen.

Insbesondere aufgrund der Interviews mit Betriebsleitern/Geschäftsführern und Contractoren ist aber auch deutlich geworden, dass eine Beurteilung nur nach dem Kosteneinsparpotenzial zu kurz greift. So war beispielsweise mehrfach bei untersuchten Praxisbetrieben festzustellen, dass Contractingmodelle, trotz in der Regel etwas höherer Wärmebereitstellungskosten, bevorzugt werden. Umweltfreundliche Produktionsweisen stehen in der Prioritätenrangfolge der Betriebsleiter zwar bisher nicht an erster Stelle, aber immerhin wurde von einem Geschäftsführer geäußert, dass er eine Kohleheizanlage aufgrund der negativen Umweltwirkung ablehnt, obwohl eine Kohlenutzung deutliche Kostenvorteile im Vergleich beispielsweise zu Heizöl haben kann.

Daher wurden auf Grundlage der Rechercheergebnisse und der Gespräche mit Betriebsleitern für eine abschließende Bewertung wichtige Kriterien, die bei einer Entscheidung über Energieversorgungskonzepte aus Sicht der sächsischen Betriebe eine Rolle spielen, zusammengestellt. Anhand einer grafischen Darstellung werden im Folgenden die Ergebnisse zu unterschiedlichen Ansätzen bei einer Neugestaltung von Heizungssystemen/Wärmeeinkauf der Untersuchung zusammengefasst.

Zur besseren Übersichtlichkeit erfolgte eine Gliederung der Kriterien nach ökonomischen, technischen und organisatorischen Bereichen. Für die Bewertung alternativer Energieversorgungskonzepte wurden folgende Kriterien aus Sicht des gartenbaulichen Unternehmens<sup>339</sup> berücksichtigt:

---

<sup>339</sup> Anforderungen, die sich bei einem Anlagen-Contracting stellen, wurden somit aus Sicht des Contracting-Nehmers beurteilt.



## Ökonomische Kriterien

- *Kapitalbedarf*

Aufgrund der mitunter schwierigen wirtschaftlichen Lage zahlreicher Unterglasbetriebe in Sachsen, kann der Kapitalbedarf eine große Hürde bei der Übernahme neuer Technologien darstellen. Die betrachteten Ansätze alternativer Energieversorgungskonzepte unterscheiden sich dabei z. T. deutlich in ihren Investitionsanforderungen.
- *Einsparpotenzial*

Im Sinne einer nachhaltigen Energiekosteneinsparung stellt das zu erwartende Einsparpotenzial ein wichtiges Kriterium bei einer Entscheidung über zukünftige Energieversorgungskonzepte dar. Wie auch in Kapitel 6 deutlich wurde, lassen die verschiedenen Ansätze unterschiedliche Reserven zur Energiekosteneinsparung erwarten. Allerdings sind die relativen Vor- oder Nachteile gegenüber einer konventionellen Ölheizung auch von der Ausgangssituation der Betriebe wie etwa der Größe, des Wärmebedarfs und der Ausstattung abhängig. In der grafischen Darstellung wurde das Einsparpotenzial der unterschiedlichen Anlagen bei einem 2 500 m<sup>2</sup>-Gewächshaus und mittlerem bis hohem Wärmebedarf im Vergleich zu einer Heizölanlage bewertet.
- *Preisentwicklung*

Eine nachhaltige Energiekosteneinsparung ist insbesondere von der weiteren Preisentwicklung der Brennstoffe abhängig. So nimmt zwar die relative Vorteilhaftigkeit alternativer Brennstoffe bei deutlich steigenden Ölpreisen zu, insbesondere die Entwicklungen bei Holzpellets zeigen aber auch eine mögliche Kostenbelastung durch alternative Brennstoffe, die für bereits umgestellte Betriebe zunehmend problematisch ist und die ursprünglich angestrebten Kosteneinsparung in Frage stellt. Insgesamt sind Prognosen über zukünftige Preisentwicklungen schwierig, daher wird hier vor allem die bisherige Preisentwicklung bewertet, die als Anhaltspunkt für kurz- bis mittelfristige Entwicklungen dienen können.
- *Fördermöglichkeiten*

Wie bereits dargestellt, ergeben sich bei alternativen Heizkonzepten in der Regel hohe Investitionskosten. Gerade für biogene Brennstoffe bestehen aber aufgrund ihrer positiven Umweltwirkung zum Teil Fördermöglichkeiten (direkte Investitionsbeihilfen oder zinsvergünstigte Darlehen), die die Kostenbelastung der Unternehmen erheblich mindern und ein Kriterium bei der Auswahl des geeigneten Anlagenkonzeptes darstellen können.

## Technische Kriterien

- *Ausfallsicherheit/Technische Reife*

Als wichtiges Kriterium für die gartenbauliche Produktion ist die Ausfallsicherheit der Wärmebereitstellung anzusehen. Die vorgenommene Bewertung, bei der u. a. die technische Reife aus gartenbaulicher Sicht und mögliche Probleme, die sich aufgrund von Interview- und

Rechercheergebnissen gezeigt haben, berücksichtigt wurden, gibt dabei allerdings nur eine gewisse Tendenz wieder, die sich im Einzelfall durchaus anders darstellen kann.

- *Lagerraum, Transportraumbedarf*

Gerade bei Gartenbauunternehmen in dicht besiedelten Gebieten können sich ein hoher Lagerraumbedarf und zahlreiche Anfahrten von Großtransportern als problematisch erweisen. Insgesamt ist im Verhältnis zu Heizöl bei biogenen Brennstoffen von einem erheblich höheren Lagerraumbedarf auszugehen. Aufgrund des unterschiedlichen Heizwertes und der unterschiedlichen Dichte der einzelnen Brennstoffe entsteht aber z. T. ein unterschiedlicher Gesamtlager- und Transportraumbedarf.

- *Umweltwirkung*

Bei einer Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Brennstoff stellt sich im Vergleich zu fossilen Energieträgern aufgrund der CO<sub>2</sub>-Neutralität grundsätzlich eine verbesserte Umweltwirkung ein. Gleichzeitig kann aber eine verstärkte Nutzung bestimmter Rohstoffe wie etwa Mais für Biogasanlagen auch wieder negative Umwelteinflüsse induzieren.

#### Organisatorische Kriterien

- *Planungsaufwand/Genehmigungsaufwand*

Neben Rechtsvorschriften wie beispielsweise der Landesbauverordnung und eventuell der Altholzverordnung ist für den Genehmigungsaufwand für Biomasseheizanlagen vor allem entscheidend, ob eine Genehmigungspflicht nach dem BImSchG besteht. Der Planungsaufwand hängt auch von der Komplexität des Vorhabens ab, die beispielsweise bei Biogasanlagen sehr hoch eingeschätzt werden kann.

- *Arbeits-/Logistischer Aufwand*

Die verschiedenen Anlagenkonzepte begründen unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich der logistischen Umsetzung und des Arbeitsaufwandes, was in der Regel eine Abstimmung mit der Betriebsplanung erfordert. Neben der Organisation der Anlieferung und eventuell der Ascheentsorgung können bei Biomasseanlagen auch erhöhte Wartungsarbeiten für einen möglichst störungsfreien Anlagenbetrieb anfallen.

- *Vertraglicher Regelungsbedarf*

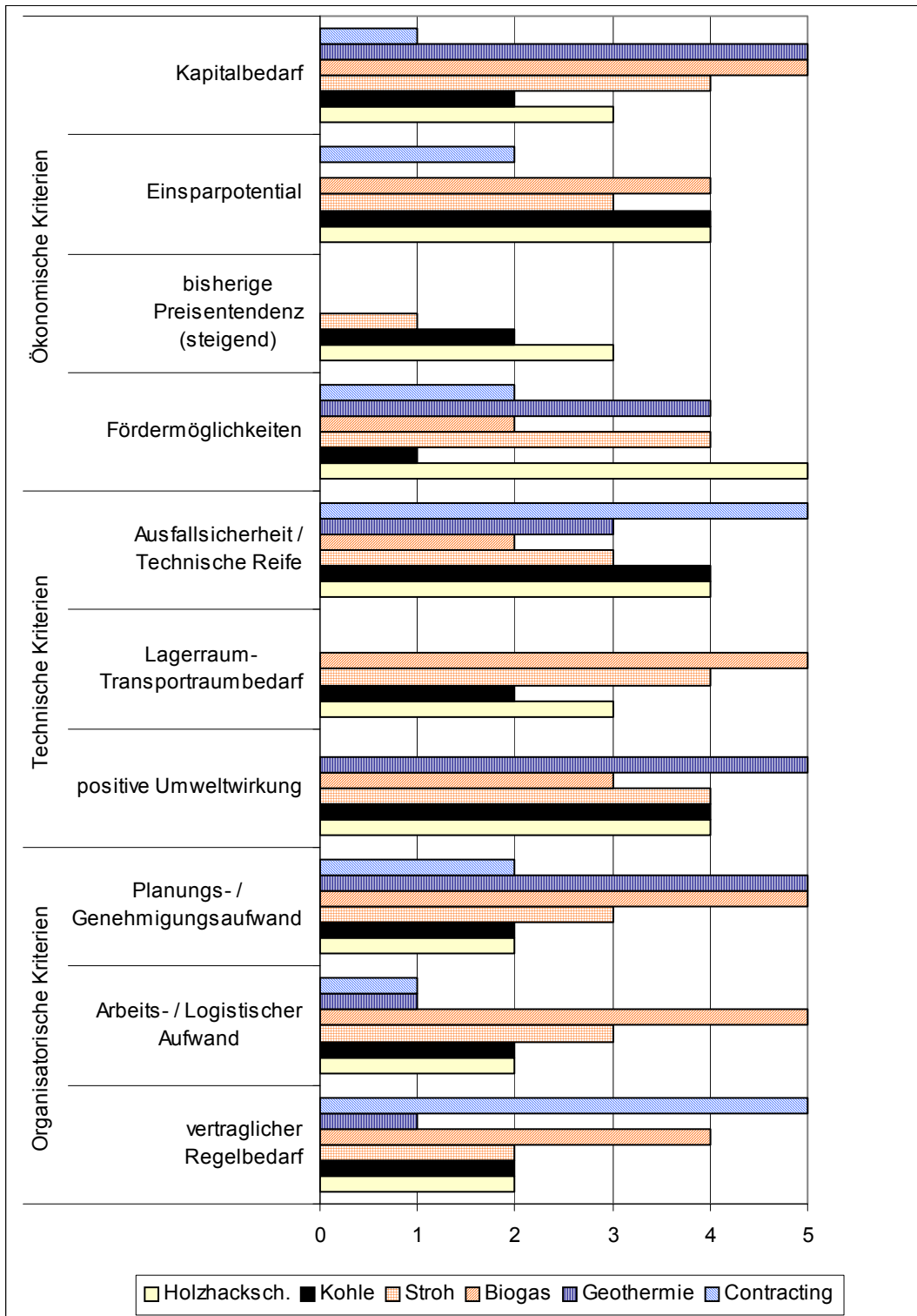
Mit diesem Kriterium soll bewertet werden, inwieweit durch veränderte Energieversorgungskonzepte auch ein zunehmender Bedarf an vertraglicher Regelung entsteht. Neben dem sich dadurch ergebenden Regelungsaufwand nimmt hierbei auch die Gefahr einer unzureichenden vertraglichen Absicherung zu, wodurch beispielsweise bei opportunistischem Verhalten Nachteile entstehen können.

Während auch langfristige Lieferverträge, beispielsweise mit Holzhändlern, noch einen relativ geringen Aufwand bedeuten, können sich bei einem Biogasanlagenbetrieb und einer

Rohstoffabnahme von verschiedenen Anbietern sowie der Gärrestverwertung bereits deutlich höhere Anforderungen ergeben.

Die im Folgenden dargestellte Bewertung ist dabei nicht uneingeschränkt, sondern immer im Vergleich zu den weiteren betrachteten Alternativen und herkömmlichen Heizanlagen (Heizölanlagen) zu verstehen und dient einer Veranschaulichung und Abgrenzung der unterschiedlichen Möglichkeiten.

Im Anschluss an das Diagramm werden die jeweiligen Punkte kurz erläutert und präzisiert.



**Abbildung 100: Vergleichende Bewertung relevanter Kriterien verschiedener Energieversorgungskonzepte**

## Anmerkungen zur Bewertung ökonomischer Kriterien im Vergleich

### *Kapitalbedarf*

Bei Kohleanlagen ist unter anderem aufgrund des niedrigeren Lagerraumbedarfs und der unproblematischeren Möglichkeit einer Lagerung im Freien im Verhältnis zu den weiteren betrachteten Möglichkeiten in der Regel von etwas niedrigeren Investitionskosten auszugehen. Bei Strohheizanlagen ergeben sich aufgrund der Brennstoffeigenschaften tendenziell höhere Investitionskosten, weil neben dem Lagerbedarf in der Regel auch für kleine bis mittlere Anlagen bereits eine Rauchgasreinigung benötigt wird, deren Einsatz bei Holzhackschnitzel- und Holzpelletanlagen erst ab einer Feuerungswärmeleistung über 1 000 kW geprüft werden muss. Allerdings können bei geplanten Gesetzesänderungen zukünftig strengere Werte vorliegen. Weil Holzpelletanlagen kleiner zu dimensionierende Förderungsanlagen und einen geringeren Lagerraum benötigen, ist von etwas geringeren Investitionskosten im Verhältnis zu Hackschnitzelanlagen auszugehen.

Biogasanlagen, Pflanzenöl-BHKW und eine geothermische Wärmenutzung weisen sehr hohe Anschaffungskosten aus. Der Vorteil eines Anlagen-Contracting wird vor allem in dem geringen Kapitalbedarf gesehen, weil die Anlage vom Contractor finanziert wird.

### *Einsparpotenzial*

Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass bei einer Gewächshausausstattung, die sich an den sächsischen Betrieben orientiert, bei aktuellen Brennstoffpreisen von einem deutlichen Einsparpotenzial bei Holzhackschnitzel-, Kohle- und Strohanlagen im Vergleich zu einer Heizölanlage auszugehen ist. Aufgrund der hohen Investitionskosten liegen diese aber nur bei mittlerem bis hohem Wärmebedarf vor.

Bei Kohleanlagen zeigen sich aufgrund der etwas niedrigeren angenommenen Investitionskosten, beispielsweise bei mittlerem Wärmebedarf, leichte Vorteile, die sich aber mit zunehmendem Wärmebedarf in Folge der etwas höheren Brennstoffkosten im Vergleich zu Holzhackschnitzelanlagen an diese annähern. Bei Strohheizungen zeigt sich ein umgekehrter Effekt.

Aufgrund der aktuellen Preissituation bei Holzpellets ist hier selbst bei sehr günstigen Rahmenbedingungen und hohem Wärmebedarf nur von sehr geringen Kostenvorteilen auszugehen.

Das Einsparpotenzial von Biogasanlagen ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Neben der Investitionskostenhöhe, den Substratkosten und der Substratart (NaWaRo-Bonus) hat u. a. auch der Wärmenutzungsgrad großen Einfluss auf das Einsparpotenzial. Daher lassen sich hier nur eingeschränkt Aussagen über Kostenvorteile bei dem Betrieb von Biogasanlagen durch gartenbauliche Unternehmen ableiten. Bei günstigen Investitionskosten, einem hohen Wärmenutzungsanteil und moderaten Substratkosten können sich aber deutliche Kostenvorteile ergeben, die beispielsweise noch über denen von Holzhackschnitzelanlagen liegen.

Auch bei der Nutzung von Erdwärme ist eine verallgemeinernde Beurteilung schwierig, weil hiermit teilweise in ihrer ökonomischen Vorteilhaftigkeit noch zu prüfende Anlagenkonzepte wie etwa das geschlossene Gewächshaus verbunden sind. Zudem ergeben sich je nach Anlagenausrichtung (oberflächennahe- oder Tiefengeothermie) deutlich unterschiedliche Ansätze. Daher wurde hier auf eine Bewertung verzichtet. Bei Contractingmodellen ist in der Regel von einem etwas niedrigeren Einsparpotenzial auszugehen.

#### *Preisentwicklung*

Die Preistendenz für Holzhackschnitzel der letzten Monate zeigt einen deutlichen Aufwärtstrend, der u. a. auch auf eine gestiegene Nachfrage zurückzuführen ist. Bei Holzpellets ist diese Entwicklung noch deutlicher zu verzeichnen. Die Preise sind dabei aber auch von der Qualität der Hackschnitzel abhängig. Bei Kohle ist dagegen in den letzten Jahren nur eine moderate Preissteigerung angefallen. Weil eine Strohnutzung als Brennstoff noch am Anfang steht, ist eine Beurteilung der Preisentwicklung nur bedingt möglich. Bei einer zunehmenden Nutzung ist auch hier von Preissteigerungen auszugehen. Derzeit ist Stroh als sehr günstiger Brennstoff einzustufen. Weil zur Biogaserzeugung zahlreiche Substrate verwendet werden können, wurde auf eine Bewertung an dieser Stelle verzichtet.

#### *Fördermöglichkeiten*

In Sachsen sind zwar 2006 das Agrarinvestitionsförderprogramm (RL 21) und die Förderung der nachhaltigen Entwicklung der Landwirtschaft (RL 51) ausgelaufen. Über diese Programme wurden im Gartenbau zwischen 2000 und 2005 insgesamt 84 Maßnahmen mit einer Gesamtfördersumme von rund 900 000 € bewilligt. Derzeit scheinen aber neue Förderprogramme in Sachsen in Vorbereitung. Inwieweit dabei auch eine Förderung von Biomasseheizanlagen umgesetzt wird, kann noch nicht beantwortet werden, ist aber als wahrscheinlich einzuschätzen. Fördermöglichkeiten im Rahmen zinsvergünstigter Darlehen bestehen über die KfW-Bank sowohl für Biomasseheiz- und Biogasanlagen als auch für Contractingmodelle.

#### Anmerkungen zur Bewertung technischer Kriterien im Vergleich

##### *Ausfallsicherheit/Technische Reife/Nutzung im Gartenbau*

Holzfeuerungsanlagen haben in den letzten Jahren einen hohen Entwicklungsstand erreicht und die Ausfallsicherheit ist bei guter Brennstoffqualität als gut einzuschätzen. Bei einer starken Verunreinigung der Brennstoffe z. B. durch Steine oder sehr unterschiedlicher Größe kann es allerdings in Abhängigkeit der Anlagentechnik zu Problemen kommen. Im Gartenbau findet bereits eine vermehrte Nutzung von Holzfeuerungsanlagen statt. Auch moderne Anthrazitkessel sind als relativ ausgereift einzuschätzen und in der letzten Zeit zeigt sich aus gartenbaulicher Sicht ein zunehmendes Interesse an dieser Anlagentechnik.

Dagegen steht die Stroh- und Getreidenutzung in Heizanlagen in Deutschland noch am Anfang. Aufgrund der ungünstigeren Brennstoffeigenschaften treten verstärkt Probleme beim Einsatz auf (Verschlackung, Korrosion etc.), die langfristig zu Betriebsstörungen führen können. Insgesamt wird hier noch ein hohes Entwicklungspotenzial in der Verbrennungstechnik gesehen. Somit ist die Ausfallsicherheit solcher Anlagen derzeit als ungünstig einzuschätzen.

Bei Biogasanlagen sind hohe Anforderungen an die Substratzusammensetzung und die Prozesssteuerung zu stellen. Gerade bei überwiegend mit nachwachsenden Rohstoffen betriebenen Anlagen besteht durch ungünstige Substratkombinationen die Gefahr eines deutlichen Absinkens der Biogasproduktion. Insbesondere bei schlechter Gasqualität kann es auch zu Problemen bei dem angeschlossenen BHKW kommen, so dass generell die Ausfallsicherheit von Biogasanlagen noch skeptisch einzuschätzen ist. Ähnliches gilt auch beim Einsatz von Pflanzenöl BHKW. Vor allem bei ungenügender Brennstoffqualität gelten diese Anlagen als sehr anfällig.

Beim Anlagen-Contracting hängt die Ausfallsicherheit letztlich von dem Anlagentyp und dem Know-how der Betreiber ab. Werden Contractoren/Betreiber mit nachweislich langen Erfahrungen in dem Bereich gewählt, ist in der Regel von einer hohen Sicherheit bei der Wärmebereitstellung auszugehen. Weil in der Regel bei den Verträgen Haftungsklauseln bei Wärmelieferausfällen vorgesehen werden, findet zudem eine weitere Absicherung statt.

Aufgrund der im Gartenbau noch geringen Erfahrungen mit einer geothermischen Nutzung wurde an dieser Stelle auf eine Bewertung verzichtet.

#### *Lagerraum/Transportraumbedarf*

Aufgrund der geringeren Dichte und des niedrigeren Heizwertes ergibt sich bei biogenen Brennstoffen grundsätzlich ein höherer Lagerraum-/Transportraumbedarf. Holzhackschnitzel liegen im Verhältnis zu den weiteren betrachteten Biomassebrennstoffen ungefähr im Mittelfeld. Insbesondere Kohle, in geringerem Umfang aber auch Holzpellets, bieten hier aufgrund des höheren Heizwertes und der deutlich höheren Dichte Vorteile. Auch ist hier in der Regel ein vereinfachtes Befüllen der Lagerbunker möglich. Bei Stroh ist dagegen von einem sehr hohen Lagerraum- und Transportraumbedarf auszugehen.

Der tatsächliche Lagerraumbedarf ist zudem abhängig von den Lieferzyklen in der Hauptheizperiode. Bei biogenen Brennstoffen ist u. a. auf eine möglichst trockene Lagerung zu achten, um hohe Substanzverluste zu vermeiden. Weil bei Biogasanlagen neben dem Lagerraum für die Substrate auch die Gärrestlagerung notwendig ist und insbesondere bei einer Nassfermentation ein hoher Flächenbedarf für die Anlagen besteht, ist hier insgesamt von einem sehr hohen Raumbedarf auszugehen. Bei einer Contractinglösung hängt der benötigte Lageraumbedarf von der Anlagenart ab und kann somit nicht bewertet werden.

#### *Umweltwirkung*

Bei einer Kohlenutzung ist im Vergleich zu einer Heizöl- oder Erdgasanlage von höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen und somit eine negativen Umweltwirkung zu erwarten. Bei der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Biomasseheizanlagen ist aufgrund der CO<sub>2</sub>-Neutralität dagegen von einer positiven Umweltwirkung auszugehen. Allerdings ergibt sich hier im Vergleich zu Heizölanlagen ein höherer Transportaufwand. Auch für eine Biogasnutzung ist eine positive Umweltwirkung zu erwarten. Allerdings ist der dadurch zunehmende Anbau von Energiemais als problematisch anzusehen. Während beim Anlagen-Contracting die Umweltwirkung

von der Art der Anlage abhängt, ist eine Abwärmenutzung landwirtschaftlicher oder industrieller Anlagen positiv zu bewerten.



## Anmerkungen zur Bewertung organisatorischer Kriterien im Vergleich

### *Planungs- und Genehmigungsaufwand*

Weil Strohheizanlagen bereits ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 000 kW genehmigungspflichtig sind, besteht hier ein erhöhter Planungs- und Genehmigungsaufwand. Auch bei Biogasanlagen und einer Geothermienutzung fällt aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren ein hoher Planungs- und Genehmigungsaufwand an. Bei Contractinglösungen wird in der Regel zwar die Anlage durch den Contractor geplant und umgesetzt, dennoch muss von Seiten des Gartenbauunternehmens eine Vorplanung stattfinden.

### *Arbeits-/Logistischer Aufwand*

Im Verhältnis zu Heizölanlagen besteht bei Biomasseheizanlagen in der Regel ein etwas erhöhter Wartungsbedarf. Zudem muss die anfallende Asche entsorgt werden. Bei einer Strohverbrennung ist aufgrund der ungünstigeren Brennstoffeigenschaften hier je nach Anlagentyp von einer aufwändigeren Anlagenwartung auszugehen. Insbesondere bei Biogasanlagen ergibt sich insgesamt ein sehr hoher Arbeits- und logistischer Aufwand, wohingegen Contractingmodelle die Betriebe in der Regel arbeitsmäßig entlasten.

### *Vertraglicher Regelungsbedarf*

Ein erhöhter vertraglicher Regelungsbedarf ist vor allem bei Contractingmodellen zu sehen. Die Ausgestaltung der Verträge hat dabei nicht nur großen Einfluss auf die langfristige Preisgestaltung und mögliche Preisanpassung, sondern muss auch Absicherungen bei Ausfällen der Wärmebereitstellung beinhalten. Aber auch bei Biogasanlagen können sich umfangreiche Vertragsbeziehungen ergeben.

### *Handlungsoptionen und Ausblick*

Insgesamt zeigen sich aus Sicht der sächsischen Betriebe zahlreiche Ansätze, um auf die veränderte Energiekostensituation zu reagieren. Dabei sind Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und neue Energieversorgungskonzepte wie eine Umstellung auf biogene Energieträger nicht als „Entweder-Oder-Strategie“ zu verstehen. Vielmehr gilt es hier für den Einzelbetrieb ein Gesamtkonzept zu entwickeln, bei dem zunächst Möglichkeiten zur Energiebedarfsabsenkung durch Optimierungsmaßnahmen auch in Abstimmung mit dem Kulturprogramm zu prüfen sind. Überlegungen zu einer Umstellung der Energieversorgung sollten erst im Anschluss daran und in Abhängigkeit von den vorhandenen Heizungssystemen erfolgen, weil (wie die Modellrechnungen zeigen) mögliche Kostenvorteile alternativer Energieträger stark vom Wärmebedarf abhängen. Bei geringem Wärmebedarf zeigen sich aufgrund der noch deutlich höheren Investitionskosten für alternative Energieträger keine bis nur sehr geringe Kostenvorteile im Verhältnis zu den in Sachsen am stärksten verbreiteten Heizölanlagen. Zwar erhöht sich bei wieder steigenden Heizölpreisen der Kostenvorteil, dennoch ist bei geringem Wärmebedarf ein Umstieg als risikoreich einzuschätzen, zumal auch die Preissituation beispielsweise von Holz einen Aufwärtstrend zeigt.

Tendenziell ergeben sich gerade für kleinere Betriebe verstärkt Nachteile durch die steigenden Energiepreise. Zum einen sind sie aufgrund eines höheren Energiebedarfs/Fläche durch Preissteigerungen am Energiesektor in der Regel stärker betroffen. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass die Handlungsoptionen - beispielsweise aufgrund deutlicher Kostendegressionseffekte bei größeren Heizungsanlagen oder möglicher Schwierigkeiten

geeignete Contractoren zu finden<sup>340</sup> - eingeschränkt sind. Eine verstärkte Kooperation kleinerer Betriebe etwa beim Brennstoffeinkauf, aber auch - eine räumliche Nähe vorausgesetzt - bei einer gemeinsamen Heizanlagenkonzipierung, kann in Teilbereichen helfen, diese Nachteile zu mildern. Auch eine Förderung von Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung wie gegebenenfalls eine Optimierung der Gewächshausausstattung kann dazu beitragen, die Wettbewerbssituation kleinerer Betriebe zu verbessern. Dabei haben u. a. die Kennzahlenauswertungen jedoch aufgezeigt, dass steigende Energiekosten zwar als ein Grund zu sehen sind, der zu einer angespannten wirtschaftlichen Lage in der Unterglasproduktion führen kann. Bei deutlich unrentablen Betrieben liegen aber zumeist mehrere Faktoren vor, wie etwa vergleichsweise geringe Umsätze bei insgesamt zu hohen Produktionsaufwendungen, wodurch der Betriebserhalt mittel- bis langfristig gefährdet ist. Deutliche Energiekosteneinsparungen können hier wohl die Betriebslage entspannen, für eine nachhaltige Verbesserung der Situation werden sie in einem solchen Fall aber nicht ausreichen.

Für eine Übernahme neuer Heiztechniken in den sächsischen Betrieben ist vor allem der hohe Kapitalbedarf als Hürde zu sehen. Ohne eine intensive Förderung wird eine Verbreitung nur bei sehr leistungsstarken Unternehmen stattfinden. Eine Schaffung zusätzlicher Anreize für die Nutzung biogener Brennstoffe erscheint auch im Hinblick auf eine angestrebte Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig, weil ansonsten auch von einer zunehmenden Nutzung von Kohleheizanlagen im Gartenbau auszugehen ist.

Neben Fördermöglichkeiten kann auch ein auf die Energiekostenproblematik ausgerichtetes Beratungsangebot die Betriebe dabei unterstützen, einen auf die spezifische Betriebssituation abgestimmten Maßnahmenkatalog in Sinne eines Gesamtkonzepts zur Energiekosteneinsparung zu entwickeln und umzusetzen. So wurde aus Betriebsleiterinterviews in anderen Bundesländern deutlich, dass diesbezüglich nur ein sehr geringes bis gar kein Angebot bestand und somit die Informationsbeschaffung zum Teil sehr aufwändig und die Entscheidungsfindung erschwert war.

Insbesondere für die Auswahl und Umsetzung geeigneter Optimierungsmaßnahmen zur Energieeinsparung, die bei der z. T. älteren Bausubstanz und der angespannten wirtschaftlichen Lage bestehender Betriebe zukünftig von großer Bedeutung sein werden, besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Zwar konnten im Rückgriff auf Forschungsergebnisse in der vorliegenden Untersuchung Optimierungsmöglichkeiten und ihre überschlägigen Auswirkungen auf den Energiebedarf in Gewächshäusern dargestellt werden, eine tatsächliche energetische Bewertung vorhandener Bausubstanz und die Zielwirkung von Anpassungsmaßnahmen wird aber erst mit Hilfe neuerer Verfahren des Wärmestrommonitorings ermöglicht. Durch exakte Messungen und Bewertungen anhand von ausgewählten Beispielbetrieben in Sachsen ließe sich ein abgestimmtes Gesamtkonzept für Energieeinsparungsmaßnahmen für typische Betriebsstrukturen in Sachsen entwickeln, das beispielsweise als Grundlage für eine gezielte Beratung genutzt werden könnte. Dabei ist insbesondere die Entwicklung von zeitlich kurzfristigen Prüfverfahren zur Aufdeckung von Undichtigkeiten und Wärmebrücken an der Gewächshaushülle, Schwachstellen, Abnutzungserscheinungen und Konstruktionsmängeln an den

---

<sup>340</sup> Nach Aussagen von Interviewpartnern ist es schwierig, bei nur geringem Wärmebedarf/kleinen Betrieben geeignete Contractoren zu finden.

Energieschirmen und zu erschließenden Reserven bei der Prozessautomatisierung dringend erforderlich. Diese Methoden sind zu einem Katalog für das Energiemonitoring in den Unternehmen zusammenzufassen und als Bewertungsverfahren zu entwickeln.

Anhand exemplarischer Projektplanungen zur Abwärmenutzung für den Gartenbau in Sachsen könnten zudem für Anlagenneuplanungen Konzepte entwickelt werden, die neben einer Energiebereitstellung auch weitere wesentliche Standortfaktoren aus Sicht gartenbaulicher Unternehmen prüfen und bei Bedarf Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen. Gespräche mit Vertretern der Papierindustrie haben beispielsweise gezeigt, dass hier grundsätzlich ein Interesse an der Schaffung solcher Möglichkeiten besteht. Insgesamt könnte dies zukünftig zu einer Erhöhung des Abwärmenutzungsgrades durch gartenbauliche Unternehmen in Sachsen führen und somit ein bisher kaum durch den Gartenbau in Sachsen genutztes Energiepotenzial weiter erschlossen werden.

### **Literaturverzeichnis**

- aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e. V. (Hrsg.): Biogasanlagen in der Landwirtschaft. [http://www.aid.de/shop/shop\\_detail.php?bestellnr=1453](http://www.aid.de/shop/shop_detail.php?bestellnr=1453), 2005.
- ALPHA-INNOTEC GMBH: Auswahl .der Wärmequelle. [http://www.alpha-innotec.de/download/infos/auswahlhilfe\\_waermequelle.pdf](http://www.alpha-innotec.de/download/infos/auswahlhilfe_waermequelle.pdf), 2006.
- ARBEITSGRUPPE DER „ENERGIEEFFIZIENZ“ der Ländern Bayern und Baden-Württemberg: Heizkosten im Gartenbau. 2001.
- BAHNMÜLLER, H.: Wirtschaftlichkeit, Controlling und Strategien im Zierpflanzenbau. Produktion um jeden Preis? Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1069293\\_11/index.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1069293_11/index.html), 1999.
- BATKIEWICZ, R.: Ökonomische Beurteilung der Verwertung von Kraftwerksabwärme in Hortithermanlagen. Dissertation, Bonn 1985.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (STMLF) (HRSG.): Energieträger im Gartenbau. Alternativen zu Erdöl und Erdgas. [http://www.stmlf.bayern.de/gartenbau/erwerbsgartenbau/22409/broschuere\\_energietraeger\\_gartenbau.pdf](http://www.stmlf.bayern.de/gartenbau/erwerbsgartenbau/22409/broschuere_energietraeger_gartenbau.pdf), 2006.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (STMUGV) (Hrsg.): Oberflächennahe Geothermie. <http://www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie/energieportal/Geothermie.pdf>, 2005.
- BERTRAM, A.; BETTIN, A.; REHRMANN, P.; WILMS, D.: Bessere physikalische Eigenschaften – mehr Energie sparen. In: DEGA 47/2005, S. 20-23.
- BIOMASSE INFO-ZENTRUM (BIZ) AM INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND RATIONELLE ENERGIEANWENDUNG - UNIVERSITÄT STUTTGART (HRSG.): Getreideheizung. Rechtliche und technische Aspekte. <http://www.fnr-server.de/bioenergie/downloads/Getreide%20Internet.pdf>, 2002.

- BLOCK, K.: Energetische Verwertung halmgutartiger Biomasse - Getreide verkaufen oder verbrennen bzw. vergasen. Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW. <http://www.alb-hessen.de/veroeffentlichungen/Halmgutartige%20Biomasse.pdf>, 2003.
- BMELV BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HRSG): Daten und Tabellen des statistischen Monatsberichtes: <http://www.bmelv-statistik.de/index.cfm/000F0FD817BE135E94EA6521C0A8D816>, Stand 2006.
- BOLLMANN, TH.: Holzfeuerungsstechnologien. Automatisierte Heizanlagen für Kommunen, Industrie, Gewerbe, für Objekt-, Nah- und Fernwärme. Energetische Nutzung von Biomasse in öffentlichen Liegenschaften. Vortrag auf der Veranstaltung des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt in Walbeck. <http://www.energieagentur-isa.de/downloads/Vortrag-Binder-Walbeck.pdf>, 2005.
- BREDENBECK, H.: Der Energiegärtner - eine schöne Illusion. In: DEGA 12/2004, S. 36.
- BREMER ENERGIE-KONSENS GMBH: So funktioniert's – III – Betriebsführungs-Contracting/Finanzierungs-Contracting/Betreibergesellschaft. Themenblatt 06. [http://www.energiekonsens.de/Downloads/Projekte/contract\\_Themenblatt\\_6.pdf](http://www.energiekonsens.de/Downloads/Projekte/contract_Themenblatt_6.pdf), 2007.
- BRÖKELAND, R.: Fragen und Probleme der Stroh- und Getreideverbrennung. C.A.R.M.E.N. e. V.. Facharbeitskreis Biomasse in Köllitsch. <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/getreide05.pdf>, 2005.
- BRÖKELAND, R.: Technische Verfahren zur Staubabscheidung bei Festbrennstoffanlagen. C.A.R.M.E.N. e. V.. Arbeitstagung Technik im Gartenbau. <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/staubabscheidung.pdf>, 2002.
- BRÖKELAND, R.: Heizen mit Weizen. [http://www.ecoheat.de/heizen\\_mit\\_weizen.htm](http://www.ecoheat.de/heizen_mit_weizen.htm), 2006.
- BRÖKELAND, R.; BÜHL, R. ; HIENDLMEIER, S.: Heizen mit Energiekorn. Infoschreiben C.A.R.M.E.N. e. V.. <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/getreideheizen.pdf>, 2006.
- BRÖKELAND, R.; WAGNER, R.: Einsatz von Biomasse zur Gewächshausbeheizung. C.A.R.M.E.N. e. V.. GKL-Jahrestagung 2004. "Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen im Landbau". 2004.
- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (FAL): Ergebnisse des Biogas-Messprogramms. Gülzow 2005.
- BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN (HRSG.): Vergleich der Benzin-, Diesel,- und Heizölpreise in Europa. [http://www.bundesfinanzministerium.de/lang\\_de/DE/Steuern/Energiebesteuerung/Energiepreise/001\\_\\_4.templateld=raw,property=publicationFile.pdf](http://www.bundesfinanzministerium.de/lang_de/DE/Steuern/Energiebesteuerung/Energiepreise/001__4.templateld=raw,property=publicationFile.pdf). Stand 2006.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV): Der Gartenbau. [http://www.bmelv.de/cln\\_045/nn\\_750594/SharedDocs/downloads/01-Broschueren/DerGartenbau,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/DerGartenbau.pdf](http://www.bmelv.de/cln_045/nn_750594/SharedDocs/downloads/01-Broschueren/DerGartenbau,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/DerGartenbau.pdf), 2006.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV): Ertragslage Garten- und Weinbau 2005. [http://www.bmelv.de/cln\\_044/nn\\_750594/SharedDocs/downloads/04-Landwirtschaft/Gartenbau/ErtragslageGartenbau2006,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/ErtragslageGartenbau2006.pdf](http://www.bmelv.de/cln_044/nn_750594/SharedDocs/downloads/04-Landwirtschaft/Gartenbau/ErtragslageGartenbau2006,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/ErtragslageGartenbau2006.pdf), 2005.

- BUNDESVERBAND WÄRMEPUMPE (BWP) E.V.: Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern. <http://www.stmugv.bayern.de/de/aktuell/download/leitfwas/erwaermesonden.pdf>, 2006.
- BUßMANN, W.: (Fast) 100% heißer Planet. Geothermie für eine künftige Energieversorgung. Grüner Zukunftskongress Berlin 2006. [http://www.gruenerzukunftskongress.de/fileadmin/user\\_upload/PDF-Dateien/protokolle/Bu\\_mann.pdf](http://www.gruenerzukunftskongress.de/fileadmin/user_upload/PDF-Dateien/protokolle/Bu_mann.pdf), 2006.
- BUßMANN, W.: Oberflächennahe Geothermie Chancen für das Handwerk. Geothermische Vereinigung e.V.. Bundesverband Geothermie. [http://www.hwk-bs.de/Dateien/2006\\_10\\_19\\_Erdwaerme\\_Cutec.pdf](http://www.hwk-bs.de/Dateien/2006_10_19_Erdwaerme_Cutec.pdf), 2006.
- C.A.R.M.E.N. (Centrales Agrar-Rohstoff- Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk): Holzpellets – die Alternative zu Heizöl. Komfortabel, sauber, regenerativ. Infobroschüre. <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/pellets/Pellbrosch.pdf>, 2005.
- C.A.R.M.E.N. (Centrales Agrar-Rohstoff- Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk): Heizen mit Scheitholz und Holz hackschnitzeln. Holz – ein umweltschonender Brennstoff wird wieder entdeckt. Infobroschüre. <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/hackschn.pdf>, 2004.
- C.A.R.M.E.N. (Centrales Agrar-Rohstoff- Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk): Preisentwicklung bei Holz hackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas. <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/images/WHGPreiV.gif>, Stand 2007.
- DALLMANN, M. Qualitätsfaktor Zusatzlicht – bezahlbar? Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Fachseminar „Qualitätsproduktion Cyclamen und Balkonpflanzen“ in Pillnitz. [www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/ZusatzlichtDallmann.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/ZusatzlichtDallmann.pdf), 2006.
- DASING, Y.: Schritt für Schritt zum richtigen Preis - Praxisnahe Kalkulationen im Zierpflanzenbau. <http://www.pup-gartenbau-kalkulation.de/Vertiefungshilfe.pdf>, 1998.
- DIN 8930-5, Ausgabe: 2003-11 Kälteanlagen und Wärmepumpen - Terminologie - Teil 5: Contracting. <http://www2.din.de/>, Stand 2007.
- ESYOIL GMBH: Der Preisindex für Heizöl. Heizölpreise für ganz Deutschland 36 Monate. [http://www.esyoil.com/heizoelpreis\\_entwicklung.php?esyblink=11](http://www.esyoil.com/heizoelpreis_entwicklung.php?esyblink=11), Stand 2007.
- Eckhard, F.; Birkigt, B. et al. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Statusbericht Gartenbau. [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub\\_id=2148&count=140&navi=88&sort=ERSCH\\_JAHR&anz=10&sqla=&sqlb=&von=&suche=F](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub_id=2148&count=140&navi=88&sort=ERSCH_JAHR&anz=10&sqla=&sqlb=&von=&suche=F), 2006.
- EDER, B.; SCHULZ, H.: Biogas-Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. 3. Auflage, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg 2006.
- EFFIZIENTO HAUSTECHNIK GMBH: Erdwärmekollektoren - Wirtschaftliche Alternative zur Sonde. <http://www.effiziento.de/erdwaermekollektoren.html>, 2006.
- ENERGIEAGENTUR NRW 2006: Energieeffizienz im Gartenbau. <http://www.ea-nrw.de/unternehmen/page.asp?TopCatID=&CatID=&RubrikID=3735>, 2006.
- ERBER, A.: Umfrage zur Energiesituation im Unterglasanbau. Erstellung des Fragebogens und Erhebung der Stichprobe. Diplomarbeit TUM, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Department für Biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung, Fachgebiet Technik im Gartenbau, 106, 2005.

- EUROSTAT (HRSG.). [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=1090\\_30070682,1090\\_33076576&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090_30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL), Stand 2006.
- EUROSTAT (HRSG.): Gaspreise für private Haushalte und industrielle Verbraucher in der EU zum 1. Januar 2006. [http://www.eds-destatis.de/de/downloads/sif/nq\\_06\\_10.pdf](http://www.eds-destatis.de/de/downloads/sif/nq_06_10.pdf)  
#search=%22Gaspreise%20f%C3%BCr%20private%20Haushalte%20und%22, 2006a.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) (HRSG.): Biogas – Eine Einführung. [http://www.fnr.de/pdf/literatur/pdf\\_175biogas2005.pdf](http://www.fnr.de/pdf/literatur/pdf_175biogas2005.pdf), 2005.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) (HRSG.): Biogasanlage und Holzheizkraftanlage versorgen Gewächshaus mit Wärme und CO<sub>2</sub>. <http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=1199>, 2006.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) (HRSG.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. [http://fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/leitfaden/leitfaden\\_bioenergie.pdf](http://fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/leitfaden/leitfaden_bioenergie.pdf), 2006a.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) (HRSG.): Leitfaden Bioenergie im Gartenbau. 2006b.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (FNR) (HRSG.): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. 3. überarb. Auflage. [http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/HR\\_Biogas.pdf](http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/HR_Biogas.pdf), Stand 2006c.
- FARM ACCOUNTANCY DATA NETWORK (FADN): [http://ec.europa.eu/agriculture/rica/dwh/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/agriculture/rica/dwh/index_en.cfm), Stand 2006.
- GBZ STRAELEN DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN: "Rund um das Straelener Biogaskraftwerk". <http://www.lvg-straelen-lwkr.de/>, 2006.
- GEOOTHERMISCHE VEREINIGUNG E.V.: Niederlande: Geothermie für Hollandtomaten. [http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie\\_elektrotechnik/bericht-71665.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie_elektrotechnik/bericht-71665.html), 2006.
- GOTTSCHICK, M.: Biogas – Einkommensalternative für Landwirte? Germanwatch e.V. (Hrsg.). <http://www.germanwatch.org/handel/biogas06.pdf>, 2006.
- GRUNERT, M.; JÄKEL, K.; SCHULZ, J.; MÄNICKE, S.: Nachwachsende Rohstoffe im Freistaat Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/2351.htm>, 2001.
- GRUNERT, M.; SCHULZ, J.; JÄKEL, K.; MÄNICKE, S. 2004: Nachwachsende Rohstoffe in Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1064\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1064_1.pdf), 2004.
- HAAS, L.: Sommerhitze für Wintergemüse. <http://tages-anzeiger.ch/dyn/wissen/technik/690435.html>, 2007.
- HARTMANN, H.: Transport, Lagerung, Konservierung und Trocknung. In: Kaltschmitt, M; Hartmann (Hrsg.): Energie aus Biomasse-Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2001.
- HEISE, P.: Wie rechnen sich alternative Energien? In: DEGA 11/2005, S. 24-26.
- HEISE, P.: Entwicklung der Energieeffizienz im Gartenbau. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de), 2006.
- HERING, TH.: Festbrennstoffe in und aus der Landwirtschaft. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). 3. Mitteldeutscher Bionergetag. [http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Hering\\_3\\_MDR\\_Bioenergetag\\_Bernburg\\_25\\_09\\_2006.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Hering_3_MDR_Bioenergetag_Bernburg_25_09_2006.pdf), 2006.

- HERING, TH.: Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Stroh und Energiegetreide. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). <http://www.tll.de/ainfo/pdf/str10205.pdf>, 2005.
- HERING, TH.: Verbrennen von Getreide und Stroh. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). <http://www.tll.de/ainfo/pdf/str20205.pdf>, 2004.
- HETZ, E.: Geld sparen durch richtige Kulturtechnik und –planung. Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Referat Gartenbau Fachgebiet Gemüse- und Zierpflanzenbau. Beet- und Balkonpflanzentag Großbeeren. [http://www.gartenbau-brandenburg.de/B\\_B\\_05\\_Kulturplanung.pdf](http://www.gartenbau-brandenburg.de/B_B_05_Kulturplanung.pdf), 2005.
- HIENDLMEIER, S.: Stand der Dinge bei der Energiekornverbrennung. C.A.R.M.E.N. e. V. Fachgespräche anlässlich der Fach- und Verbrauchermesse für Nachwachsende Rohstoffe und Solarenergie in Rosenheim. [http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/biom06\\_gespraech/hiendlmeier.pdf](http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/biom06_gespraech/hiendlmeier.pdf), 2006.
- HÖLSCHER TH. 2006: Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gartenbau. 17. Delegiertenversammlung des BVZ in Straelen. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de), 2006.
- HUBER, CH. 2005: Biomasse als Energieträger im Unterglasgartenbau - Ergebnisse der bundesweiten Umfrage - Teil 1. Gartenbau Report 11/2005, S. 8.
- IBS INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER: Brennstoffdaten und Infos für Biomasse. [http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbio\\_brennst.htm](http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbio_brennst.htm), Stand 2006.
- IBS INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER: Heizen mit Energiegetreide und Halmgütern – Grundlagen. <http://energieberatung.ibs-hlk.de/plangetrei.htm>, 2007.
- INTERAID LORBEER & KLAPSCHUS GBR: Spartipp 5: Gemeinsam günstiger. <http://www.heizoel24.de/spartips.php>, Stand 2007.
- INTERNATIONALES WIRTSCHAFTSFORUM REGENERATIVE ENERGIEN (IWR): Bundes- und Landesförderung von Biogasanlagen. [http://www.iwr.de/bio/biogas/biogas\\_foerderung.html](http://www.iwr.de/bio/biogas/biogas_foerderung.html), Stand 2006.
- JACOBSEN, B.: Wettbewerbssituation des deutschen Gartenbaus im europäischen Vergleich – Analyse ausgewählter wichtiger Wettbewerbsfaktoren in der Gartenbauwirtschaft- Abschlussbericht I und II. Freising-Weihenstephan 2004.
- JÄCKEL, K.: Förderung im Energiebereich. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft [.http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/IfL/inhalt/download/Jaekel.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/IfL/inhalt/download/Jaekel.pdf), Stand 2007.
- JÄGER, P.; Niebaum, A.; Döhler, H.: Einflußfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL). [http://www.ktbl.de/energie/biogas\\_poster.pdf](http://www.ktbl.de/energie/biogas_poster.pdf), Stand 2007.
- JENNERICH, L.: Zukunft Energie. In: Taspo Das Magazin, 7/8, S. 4-8, 2005.
- JUSTINGER, G.: Bioenergie für Kommunen. In: aid 1409, S. 73, 2005.
- KAISER, M.: Was lohnt sich – und wann? Poinsettien Mehrtrieber und Midis im Vergleich. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim. [http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/betriebswirtschaft\\_marketing/betriebswirtschaft/12834/linkurl\\_0\\_2.pdf](http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/betriebswirtschaft_marketing/betriebswirtschaft/12834/linkurl_0_2.pdf), 2005.

- KIDA - KOOPERATION IN DER ABFALLWIRTSCHAFT: Neues Zeitalter der Müllentsorgung beginnt.  
<http://www.kompetenznetze.de/satellit/kida/de/aktuelles,did=121018.html>, 2005.
- KIESEWALTER, S; RÖHRICHT, CHR.: Pelletproduktion aus halmgutartiger Biomasse. Fachtagung Wohlige Wärme aus Land- und Forstwirtschaft. Zentrum für nachwachsende Rohstoffe NRW.  
[http://www.duesse.de/znr/veranstaltungen/waerme\\_2004/kiesewalter.pdf](http://www.duesse.de/znr/veranstaltungen/waerme_2004/kiesewalter.pdf), 2004.
- KIRSCHKE, D.; HÄGER, A.; NOLEPPA, ST.: Entwicklung landwirtschaftlicher Produkt- und Faktormärkte bis 2008/9. Auszug aus einem Gutachten im Auftrag der BVVG Bodenverwertungs- und –verwaltungs GmbH.  
[http://www.bvvg.de/internet/internet.nsf/vBroInfo/dPDFAltschulden/\\$File/altschulden.pdf](http://www.bvvg.de/internet/internet.nsf/vBroInfo/dPDFAltschulden/$File/altschulden.pdf), 2005.
- KRUSCHE, ST.: Poinsettien – Temperaturführung und Kostenrechnung. In: Gb - Das Magazin für Zierpflanzenbau 8, S. 30 – 33, 2004.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Brennstoffe im Gartenbau. KTBL Arbeitsblatt 0694, 2000.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Energieeinsparung durch Wärmedämmung an der Gewächshaushülle. Arbeitsblatt 0698, 2001.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL): Steinkohle als Brennstoff für den Gartenbau. KTBL Arbeitsblatt 0697, 2001a.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL): Holz als Brennstoff im Gartenbau. KTBL Arbeitsblatt 0699, 2001b.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Bewegliche Energieschirme – Grundlagen und Anwendungshinweise. KTBL Arbeitsblatt 0715, 2005.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Energieschirmeinsatz im geschützten Gemüsebau. KTBL Arbeitsblatt 0716, 2006.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Brennpunkt Energie – Reduktion von Energiekosten im Gartenbau. KTBL-Heft 56, S.45, 2006a.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Dynamische Klimaregelstrategien zur Energieeinsparung. Brennpunkt Energie – Reduktion von Energiekosten im Gartenbau. KTBL-Heft 56, S. 33-34, 2006b.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Holz als Brennstoff im Gartenbau. Brennpunkt Energie - Reduktion von Energiekosten im Gartenbau. Beiträge zur IPM-Lehrschau 2006 in Essen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), KTBL-Heft 56, S. 49-53, 2006c.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Energiesituation im deutschen Gartenbau. Brennpunkt Energie – Reduktion von Energiekosten im Gartenbau. KTBL-Heft 56, S. 7-13, 2006d.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Pflanzenöl als Kraftstoff für BHKW. Brennpunkt Energie – Reduktion von Energiekosten im Gartenbau. KTBL-Heft 56. S. 58-61, 2006e.



- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Individuelle Kostenkalkulation für Gewächshausanlagen und deren Ausstattung. KTBL Arbeitsblatt 0717, 2006f.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Energiesparmaßnahmen – Übersicht und Checkliste. KTBL-Heft 56. S. 20-23, 2006g.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Nutzung von Abwärme aus Biogasanlagen. KTBL-Heft 56. S. 54-57, 2006h.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Niederländisches Energiekonzept zur Steigerung der Energieeffizienz – Gesloten-Kas-System. KTBL-Heft 56. S. 43-44, 2006i.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.): Pufferspeicherauslegung und – einbindung. KTBL Arbeitsblatt 0718, 2006k.
- LANGE, D.; HACK, G.; BELKER, N.; BROCKMANN, M.; DOMKE, O.; KRUSCHE, ST.; VIEHWEG, F.-J.; SENNEKAMP, W.: Rationelle Energienutzung im Gartenbau. Leitfaden für die betriebliche Praxis. Vieweg Verlag 2002.
- LATTAUSCHKE, G. 2005: Energieeinsatz im Gemüsebau unter Glas. Energieeinsatz im Gewächshaus, Dresden 2005.
- LATTAUSCHKE, G.: Anbauverfahren unter Glas. Bericht zum Projekt „Entwicklung wirtschaftlicher Anbauverfahren von Fruchtgemüse unter Glas“. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 7/2006. [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1987\\_1.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1987_1.pdf), 2006.
- Lattauschke, G.: Anbauverfahren unter Glas. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.). [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub\\_id=1987&count=10&navi=88&sort=TITEL&anz=alle&sqla=&sqlb=&von=&suche=F](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub_id=1987&count=10&navi=88&sort=TITEL&anz=alle&sqla=&sqlb=&von=&suche=F), 2006a.
- LÜBCKE, J.: Verfrühung – (k)ein Thema für Beet- und Balkonpflanzen. Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung. [www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2320/jb04\\_12.pdf](http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2320/jb04_12.pdf), 2004.
- LUDEWIG, R.: Energiemanagement im Gartenbau. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de), 2006.
- LUDOLPH, D.: Pflanzenbauliche Aspekte beeinflussen die Energieeffizienz. In: Taspo Das Magazin, 7/8, S. 43-45, 2005.
- LUND, J. W.: Introduction to Geothermal Greenhouse Design. Geo-Heat Center, Oregon. International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy. <http://www.geothermie.de/egec-geothernet/prof/lund2.PDF>, 2006.
- MARUTZKY, R.: Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland. „Energetische Biomasseverwertung – Neue Konzepte für den kommunalen und gewerblichen Bereich“, VDI Wissensforum 29-30 Januar, Salzburg 2004.
- MATTHIAS, J.: Betrachtungen zu Wirtschaftlichkeit und neuem EEG. Vortragsveranstaltung Biogas in Haltern am See. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/biogas/veroeffentlichungen/04-01-08-matthias.pdf>, 2004.
- MELRBW (Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg): Energieträger im Gartenbau - Alternativen zu Erdöl und Erdgas, 43, 2005.

- MENK, C.: Wie stehen Unternehmer zu Heizung und Energie? In: DEGA Nr. 37/2005, S. 36.
- MENK, C. 2006: Biomasse als Energieträger im Unterglasgartenbau - Ergebnisse der bundesweiten Umfrage - Teil 3. Gartenbau Report 01/2006, S. 8.
- MENKE, N.: Entwicklung der Energiepreise für Elektrizität, Gas, Kohle und Öl. Energieeinsatz im Gewächshaus, Dresden 2005.
- o.V.: Energiebericht Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit. Referat 42 Energie, 2003 .
- o.V.: Heizung und Energie. Geothermie. In: DEGA 11/2005, S. 32.
- o.V.: Mit Pflanzen in die Wirtschaftlichkeit. In: ZVG Gartenbau Report 6, S. 10, 2006.
- o.V.: Energetische Verwertung von Biomasse zu Biogas. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Divers\\_Kap\\_Biogas.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Divers_Kap_Biogas.pdf), 2007.
- PALLAST, G.; BREUER, T.; HOLM-MÜLLER, K.: Schnellwachsende Baumarten - Chance für zusätzliches Einkommen im ländlichen Raum? In: Berichte über Landwirtschaft 84(1), S. 144-159, 2006.
- PAUL, N.: Tomaten wachsen mit Sonne und Bioenergie. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). News und Presse. [http://www.fnr-server.de/cms35/Aktuelle\\_Nachricht.995+M5c21375d2e9.0.html](http://www.fnr-server.de/cms35/Aktuelle_Nachricht.995+M5c21375d2e9.0.html), Stand 2006.
- PHILIPP, I.: Biomasse im Gartenbau noch selten eingesetzt. In: Taspo Das Magazin 28, S. 6, 2005.
- PHILIPP, I.: Energetische Nutzung von Biomasse im Gartenbau - Ergebnisse einer Umfrage - Teil 2. Gartenbau Report 12/2005, S. 10, 2005a.
- PHILIPP, I.: Energetische Nutzung von Biomasse im Unterglasgartenbau. Posterbeitrag zur Lehrschau "Brennpunkt Energie", Internationale Pflanzenmesse (IPM) in Essen 2006,
- RAAB, K: Thermische Nutzung von Grünlandaufwuchs. Recht, Technik, Wirtschaftlichkeit. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). Forschungszentrum Karlsruhe. [http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/workshop\\_futterpflanzen\\_raab\\_itas.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/workshop_futterpflanzen_raab_itas.pdf), 2006.
- RÄNSCH, S.: Heizen mit Weizen. <http://www.stern.de/wirtschaft/immobilien/verbraucher/:Zum-1.-Januar-Eon-Gaspreise/549646.html?eid=573524>, 2005.
- RECKERT, F.: Erneuerbare Energien im Gartenbau: Neue Techniken, neue Risiken? KTBL-Arbeitstagung "Technik im Gartenbau" in Edenkoben 2006.
- REGIONALER ABFALLVERBAND OBERLAUSITZ-NIEDERSCHLESISIEN (RAVON): Abwärmenutzung. (Artikel der T.A. Laut). <http://www.ravon.de/inhalt/de-entsorgung-talauta-abwaermenutzung.html>, 2006.
- REINHOLD, G.: Biogasanlagen wirtschaftlich betreiben. THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (TLL). DMK-Jahrestagung 2006. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/mais0906.pdf>, 2006.
- REINHOLD, G.; GRAF, T.: Wirtschaftlichkeitsaspekte rapsölbetriebener Blockheizkraftwerke (BHKW). <http://www2.uni-jena.de/biologie/ieu/oil2002/Abstractband.pdf>, 2002.
- RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (RWTH) AACHEN. Lehrstuhl für Reaktorsicherheit und – technik.: Nutzung regenerativer Energiequellen. [http://www.lrst.rwth-aachen.de/skripte/ew\\_kap\\_06\\_regenerative.pdf](http://www.lrst.rwth-aachen.de/skripte/ew_kap_06_regenerative.pdf), 2007.

- RODENKIRCHEN, R.: Alternative zu Öl und Gas. Braunkohlestaub als Brennstoff für industrielle Trocknungsanlagen. In: Chemie Technik, Pharma+Food, Juli 2003, S. 60-61.
- RÖHRICHT, CH.; GROß-OPHOFF, A.: Landwirtschaftliche Biomasse. Potenziale an Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflich-energetischen Nutzung Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/451\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/451_1.pdf), 2003.
- RÖHRICHT, CH.; RUSCHER, K.: Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. Fachmaterial. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 2004.
- RWE ENERGIE AG: Abwärmenutzung – eine preiswerte und umweltgerechte Beheizung für den Unterglas-Gartenbau, S. 2, Essen 1998. In: Universitätsbibliothek Duisburg-Essen (DuEPublico) (Hrsg.): Schema der zwangsbelüfteten Niedertemperaturwärmeaustauscher mit lichtdurchlässigem Kanal. 2007
- SÄCHSISCHES ABFALL – FACHINFORMATIONSSYSTEM (SABFA): Informationen zur Abfallwirtschaft und Abfallbehandlung. Projekt der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG). <http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/SabfaWeb/sabfaweb-nt/index.html>, Stand 2007.
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) (HRSG.): Energetische Verwertung von Biomasse zu Biogas. [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Divers\\_Kap\\_Biogas.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Divers_Kap_Biogas.pdf), 2006.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL): Kein unbehandelter Müll mehr auf sächsischen Deponien. <http://www.umwelt.sachsen.de>. Pressemitteilung vom 24.05.2005.
- SARTOR, H.: Entwicklung der Heizkosten und Erlössituation sächsischer Gartenbaubetriebe in den letzten 3 Jahren. Vortrag, Fachtagung „Energieeinsatz im Gewächshaus“ in Pillnitz 2005.
- SCHMITZ, H.: Biogas geht nicht nebenbei. In: DLG-Mitteilungen 5/2005, S. 40-43.
- SCHOCKERT, K.: Energiebilanz in Gewächshaus-Altanlagen verbessern. Vortrag, Fachtagung „Energieeinsatz im Gewächshaus“ in Pillnitz 2005.
- SCHOCKERT, K.: Alternativen zu Öl und Gas. In: DEGA 26/2006, S. 30-31.
- SCHUMACHER, H.-J.: Innovationsgedanken zum Biogasanlagenbetrieb im Gartenbau. Erfahrungen aus einem Pilotprojekt am Gartenbauzentrum Straelen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.lvg-straelen-lwkr.de/biogas/bio-innovation-03/biogas-innovationsgedanken-2003.htm>, 2003.
- SCHÜTTE, A.: Zielstellung und Schwerpunkte von Projekten zur energetischen Nutzung von Getreide und alternativen Biobrennstoffen. Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). [http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/getreideverbrennung2006/Dr\\_Schuette.pdf](http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/getreideverbrennung2006/Dr_Schuette.pdf), 2006.
- STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES FREISTAATES SACHSEN (Hrsg.): Kennzahlen für den Betriebsvergleich im Gartenbau. [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1855\\_1.pdf#search=%22betriebsvergleich%20sachsen%22](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1855_1.pdf#search=%22betriebsvergleich%20sachsen%22), Stand 2006.

- STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT E.V.: Abgrenzung der Kohlearten.  
<http://www.kohlenstatistik.de/ftp/Kohlearten.pdf>, Stand 2006.
- STATISTISCHES BUNDESAMT: Fachserie 3, Reihe 3.2.1, Stand 2004.
- STATISTISCHES BUNDESAMT: Pressemitteilung vom 22. Mai 2006 - 35000 Gartenbaubetriebe bewirtschaften 210000 Hektar. [www.destatis.de/presse/deutsch/pm2006/p2070144.htm](http://www.destatis.de/presse/deutsch/pm2006/p2070144.htm), 2006.
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN: Ausgewählte Daten zur Energiewirtschaft im Freistaat Sachsen. 2003.
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN: Behandlung und Beseitigung von Abfällen in Abfallentsorgungsanlagen im Freistaat Sachsen. 2004
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN: Gartenbauerhebung 2005.  
[http://www.statistik.sachsen.de/21/10\\_07/10\\_07\\_infoliste.asp](http://www.statistik.sachsen.de/21/10_07/10_07_infoliste.asp), 2005.
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN. [www.statistik.sachsen.de](http://www.statistik.sachsen.de), Stand 2006.
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN: Durch Schäden verursachter Holzeinschlag in Sachsen ab 1999. [http://www.statistik.sachsen.de/21/10\\_06/10\\_06\\_01\\_tabelle.asp](http://www.statistik.sachsen.de/21/10_06/10_06_01_tabelle.asp), Stand 2007.
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN: Holzeinschlag und -verkauf in Sachsen nach Waldbesitzarten ab 1998. [http://www.statistik.sachsen.de/21/10\\_06/10\\_06\\_02\\_tabelle.asp](http://www.statistik.sachsen.de/21/10_06/10_06_02_tabelle.asp), Stand 2007a.
- STOLTENBERG ENERGIE GMBH: Schematische Darstellung eines BHKW. [http://www.stoltenberg-energie.de/uploads/pics/Schematische\\_Darstellung\\_eines\\_BHKW.jpg](http://www.stoltenberg-energie.de/uploads/pics/Schematische_Darstellung_eines_BHKW.jpg), 2007.
- STOMMEL, H.: Energie „en bloc“. In: Taspo Das Magazin 7/8, S. 14-16, 2005.
- STUTZNÄCKER, D.; SOUREN, R.; GASCHNITZ, R.: Geothermische Energiegewinnung mittels Erdwärmesonde. Eine ökonomisch lohnende Alternative? Arbeitsbericht 03/05. Institut für Wirtschaftswissenschaften. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. [http://www.lut.rwth-aachen.de/forschung/arbeitsberichte/arbeitsbericht\\_0305.pdf](http://www.lut.rwth-aachen.de/forschung/arbeitsberichte/arbeitsbericht_0305.pdf), 2003.
- TANTAU, H.-J.: Wie lässt sich Energie einsparen? In: Taspo Das Magazin, 7/8, 33-35, 2005.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden. [http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download\\_pool/Leitfaden\\_-\\_Nutzung\\_von\\_Erdwaerme.pdf](http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/Leitfaden_-_Nutzung_von_Erdwaerme.pdf), 2005.
- VAN BERGEN, J.: Bedeutung der KWK – technische und wirtschaftliche Aspekte. [http://www.bayern-innovativ.de/ib/site/documents/media/f3d4be1c-c511-203b-ce06-deb6f63856e4.pdf/Vortrag\\_van\\_Bergen\\_2.024KB.pdf](http://www.bayern-innovativ.de/ib/site/documents/media/f3d4be1c-c511-203b-ce06-deb6f63856e4.pdf/Vortrag_van_Bergen_2.024KB.pdf), 2006.
- VAN WOERDEN, S. C.: Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2005-2006. Groenten - Snijbloemen - Potplanten. Praktijkonderzoek Plant&Omgeving, Business Unit Glastuinbouw, Wageningen Universiteit en Researchcentrum (UR). 2005.
- VATTENFALL EUROPE GENERATION AG&Co. KG: Visitenkarte Kraftwerk Lippendorf. [http://www.vattenfall.de/www/vf/vf\\_de/Gemeinsame\\_Inhalte/DOCUMENT/154192vatt/Bergbau\\_und\\_Kraftwerke/Kraftwerk\\_Lippendorf.pdf](http://www.vattenfall.de/www/vf/vf_de/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/154192vatt/Bergbau_und_Kraftwerke/Kraftwerk_Lippendorf.pdf), Stand 2007.
- VATTENFALL EUROPE GENERATION AG&Co. KG: Visitenkarte Kraftwerk Boxberg. [http://www.vattenfall.de/www/vf/vf\\_de/Gemeinsame\\_Inhalte/DOCUMENT/154192vatt/Bergbau\\_und\\_Kraftwerke/Kraftwerk\\_Boxberg.pdf](http://www.vattenfall.de/www/vf/vf_de/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/154192vatt/Bergbau_und_Kraftwerke/Kraftwerk_Boxberg.pdf), Stand 2007.

- WAGNER, ST.; IBOLD, H.; ZESCHMAR-LAHL, B.: Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: Die Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), vertreten durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG). [http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/End\\_12.05.2003\\_ohne\\_Anhang.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/End_12.05.2003_ohne_Anhang.pdf), 2003.
- WARTENBERG, S.: Neue Heizstrategien helfen beim Energiesparen. ZVG Gartenbau Report 10, S. 19-20, 2004.
- WARTENBERG, S. 2006: Außentemperaturkorrektur: Heizungssteuerungsstrategien zur Energieeinsparung in Gewächshäusern. <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl>, 2006.
- WAWRA, A.: Energieverbrauch senken. In: Deutscher Gartenbau 5, 16, 2001.
- WEHRUM, A.: Primaerenergiesparende Energieversorgung gartenbaulich sehr dicht besiedelter Standorte im Kreis Kleve. Forschungsbericht des Bundesministeriums fuer Forschung und Technologie, Bonn 1983.
- WEILAND, P.: Stand der Technik bei der Festmistvergärung und der Trockenfermentation. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Tagungsbeitrag des KTBL-Fachgesprächs 2006. <http://www.ktbl.de/oekolandbau/tagung-biogaserzeugung/Weiland.pdf>, 2006.
- WIESE, M.: Wohin mit der Abwärme aus Biogasanlagen? In: Land&Forst Nr. 44, 02. 11. 2006.
- WIKIPEDIA (HRSG.): Bild: Biogasanlage schematisch.jpg. [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Biogasanlage\\_schematisch.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Biogasanlage_schematisch.jpg), Stand 2006.
- WINKHOFF, R. : Alternativen zum Öl. In: DEGA 25/2005, S. 40-42.
- WOLF, P.; WENZEL, D.: Erdwärme ist die unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärmeenergie. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG). [http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/a-geologie\\_498.html](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/a-geologie_498.html), 2007.
- ZENTRUM FÜR BETRIEBSWIRTSCHAFT IM GARTENBAU (ZBG): Kennzahlen für den Betriebsvergleich. Heft 48. Hannover 2005.
- ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSSTELLE (ZMP): ZMP-Marktbilanz Gemüse 2006. 41. WEIHENSTEPHANER Zierpflanzentag 2006: Energieeinsparungen - Möglichkeiten und Grenzen. <http://www.fh-weihenstephan.de/fgw/presse/zierpflanzentag-06.html&druck=1>, 2006.

## **Impressum**

- Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden  
Internet: [www.landwirtschaft.sachsen.de/ffl/publikationen](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/ffl/publikationen)
- Autoren:** Humboldt-Universität zu Berlin  
Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus  
Fachgebiet Ökonomik der gärtnerischen Produktion  
Luisenstr. 56  
10117 Berlin  
Institut für Gartenbauwissenschaften  
Fachgebiet Technik im Gartenbau  
Lentzeallee 55/57  
14195 Berlin
- Dipl.-Ing. agr. Georg Ruhm, Dr. Nazim Gruda, Dr. Andrea von Allwörden, Bsc. Patricia Steinborn, Bsc. Hedda Hattermann, Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann, Prof. Dr. Uwe Schmidt
- Redaktion:** siehe Autoren
- Endredaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Anne-Christin Matthies-Umhau, Ramona Scheinert, Matthias Löwig  
Telefon: 0351/2612-345  
Telefax: 0351/2612-151  
E-Mail: [anne-christin.matthies@smul.sachsen.de](mailto:anne-christin.matthies@smul.sachsen.de)
- ISSN:** 1861-5988
- Redaktionsschluss:** August 2007

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

### **Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.