



## Erdgas in Gärtnereien

Optimaler Energieeinsatz im Gewächshaus

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Situation und Daten des Gartenbaus in Deutschland .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Gewächshausbauweisen .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Heizungsanlagen im Gartenbau .....</b>	<b>8</b>
3.1 Kesselhaus .....	8
3.2 Gewächshaus Klimaregelung .....	8
3.3 Gewächshausheizungen .....	9
<b>4. Heizungsauslegung – Spitzenwärmeverbrauch .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Gewächshaus-Energiekalkulator .....</b>	<b>16</b>
5.1 Wärmemenge – Modellbetriebe .....	16
5.2 Gewächshaus-Energiekalkulator .....	17
<b>6. Brennstoffe für den Gartenbau .....</b>	<b>19</b>
<b>7. Besonderheiten von Erdgas im Gartenbau .....</b>	<b>22</b>
7.1 Brennwerttechnik – Abgaskondensator .....	22
7.2 CO <sub>2</sub> -Düngung .....	22
Anhang 1 Normen, Vorschriften, Regeln und Richtlinien (Auswahl) .....	28
Anhang 2 Gartenbau-Experten/Verbände/Institute .....	29
Anhang 3 Literatur- und Bezugsquellen .....	33
Anhang 4 Checkliste Energieeinsatz im Gartenbau .....	35
Anhang 5 Ortskorrekturfaktoren .....	36

# 1. Situation und Daten des Gartenbaus in Deutschland

Der Gartenbau ist ein arbeitsintensiver Produktionszweig der Landwirtschaft. Es bestehen überwiegend klein- und mittelständische Unternehmensstrukturen. Insbesondere in der Produktion ist ein hoher Anteil an Familienmitgliedern zu finden. Die Betriebe sind auch auf zeitweilige Unterstützung ihrer Belegschaft durch Saisonarbeitskräfte angewiesen, um extreme Arbeitsspitzen, z.B. während der Ernte, zu bewältigen.

Der Gartenbau umfasst im Vergleich zur Landwirtschaft weniger Fläche, hat jedoch im Gewächshausbereich einen hohen Heizenergiebedarf. In den letzten Jahren ist ein deutlicher Trend zu kühleren Kulturweisen festzustellen. Auf der anderen Seite werden die heizintensiven Gewächshäuser deutlich energieeffizienter betrieben. Eine Halbierung der Energiemengen ist in modernen Gewächshausanlagen gegenüber alten Bauweisen durchaus üblich. Die Branchenaufteilung im Gartenbau ist in Tabelle 1 dargestellt:

	<b>Unternehmen<sup>2</sup></b>	<b>bewirtschaftete Flächen</b>	<b>Beschäftigte</b>	<b>Umsatz</b>	<b>Bruttowertschöpfung</b>
	Anzahl	ha	Anzahl	Mio. €	Mio. €
Einzelhandel mit Blumen, Pflanzen etc. <sup>1</sup>	16.500		90.000	5.400	1.600
Garten- und Landschaftsbau	16.500		100.000	6.000	3.300
sonstige Dienstleistungen (Friedhof)	2.000		13.500	630	330
Gemüsebau	3.600	110.000 <sup>3</sup>	45.000	1.840	930
Obstbau	6.600	65.000	16.500	400	230
Zierpflanzenbau inkl. Stauden	5.300	7.150 <sup>3</sup>	22.500	1.500	590
Baumschule	2.000	22.500	14.100	1.200	740
<b>Summe aller Gartenbausparten</b>	<b>52.500</b>	<b>204.650</b>	<b>301.600</b>	<b>16.970</b>	<b>7.720</b>
<b>Summe aller Gartenbaucluster<sup>4</sup></b>			<b>702.000</b>	<b>78.000</b>	<b>19.400</b>

1 Einzelhandelsgärtnereien, Gartencenter, Blumengeschäfte

2 Haupterwerbsbetriebe mit Schwerpunkt ...

3 Freiland und Unterglas

4 inkl. vor- und nachgelagerte Stufe

Tabelle 1: Branchenaufteilung Gartenbau, Quelle: ZVG Jahresbericht 2016

Intensiver Heizenergieaufwand findet im Zierpflanzenbau (blühende Zimmerpflanzen, grüne Zimmerpflanzen, Beet- und Balkonpflanzen, Stauden) und einigen Gemüsebaubetrieben (u. a. Tomaten, Gurken, Paprika) statt. In

Baumschulen und Obstbaubetrieben sind nur sehr kleine Anzuchtgewächshäuser beheizt. Daher liegt der Fokus dieses Handbuchs auf dem intensiven Produktionsgewächshausbetrieb.

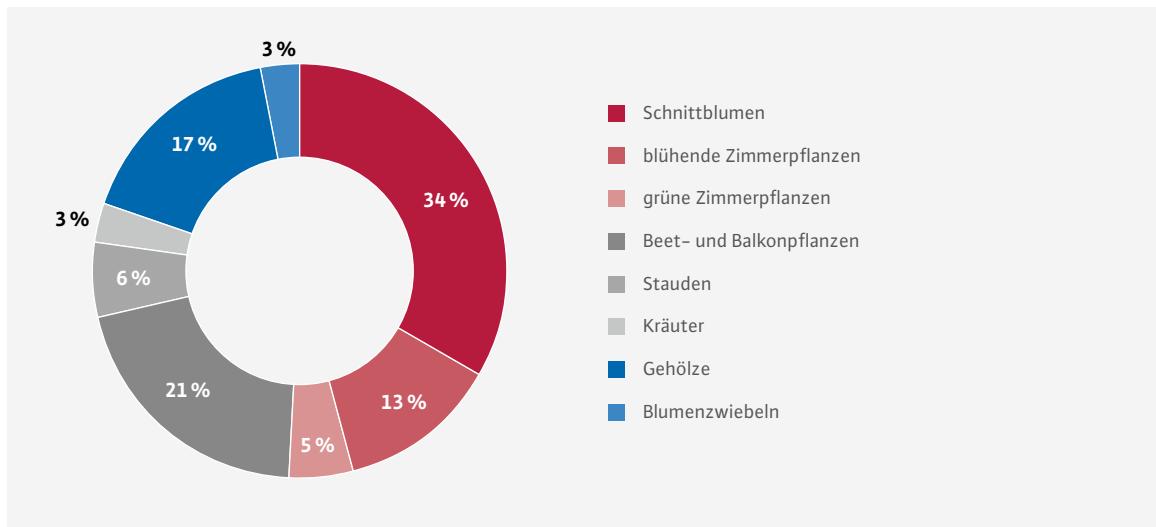


Abbildung 1: Zusammensetzung des Marktes für Blumen, Zierpflanzen & Gehölze. Wert in % auf Basis 2017: 8,6 Mrd. EUR zu Einzelhandelspreisen



Abbildung 2: Moderne Produktionsgewächshausbetriebe sind heute meist über 10.000 m<sup>2</sup> groß.

Für weiterführende Gartenbaudaten sei auf die gut ausgearbeiteten Seiten des ZVG (Zentralverband Gartenbau) und des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) hingewiesen:

- » <http://www.g-net.de/>
- » [www.bmel-statistik.de/de/gartenbau/](http://www.bmel-statistik.de/de/gartenbau/)

Weitere Quellen sind im Anhang aufgeführt.

## 2. Gewächshausbauweisen



Abbildung 3: Heutige Gewächshäuser haben hohe Stehwände von 4 bis 5 m und arbeiten energieeffizient mit beweglichen Energieschirmen und Ventilatoren.

Moderne Produktionsgewächshäuser, die klimatisiert werden, besitzen einen hohen technischen Standard (Heizen, Lüften, Entfeuchten, Befeuchten).

Niederglas, wie es früher in Gärtnereien anzutreffen war, hat nur noch geschichtliche Bedeutung. Folientunnel einfacher Bauart sind dagegen für extensive Nutzung heute praxisüblich. Für diese Bauweisen sind die später beschriebenen direkt beheizten Gasgeräte sinnvolle Heizanlagen, um die Kulturräume frostfrei zu halten.

Das intensiv genutzte Gewächshaus ist heute nicht mehr vorwiegend mit Glas eingedeckt. Verschiedene Folienmaterialien bekommen eine immer größere Bedeutung.

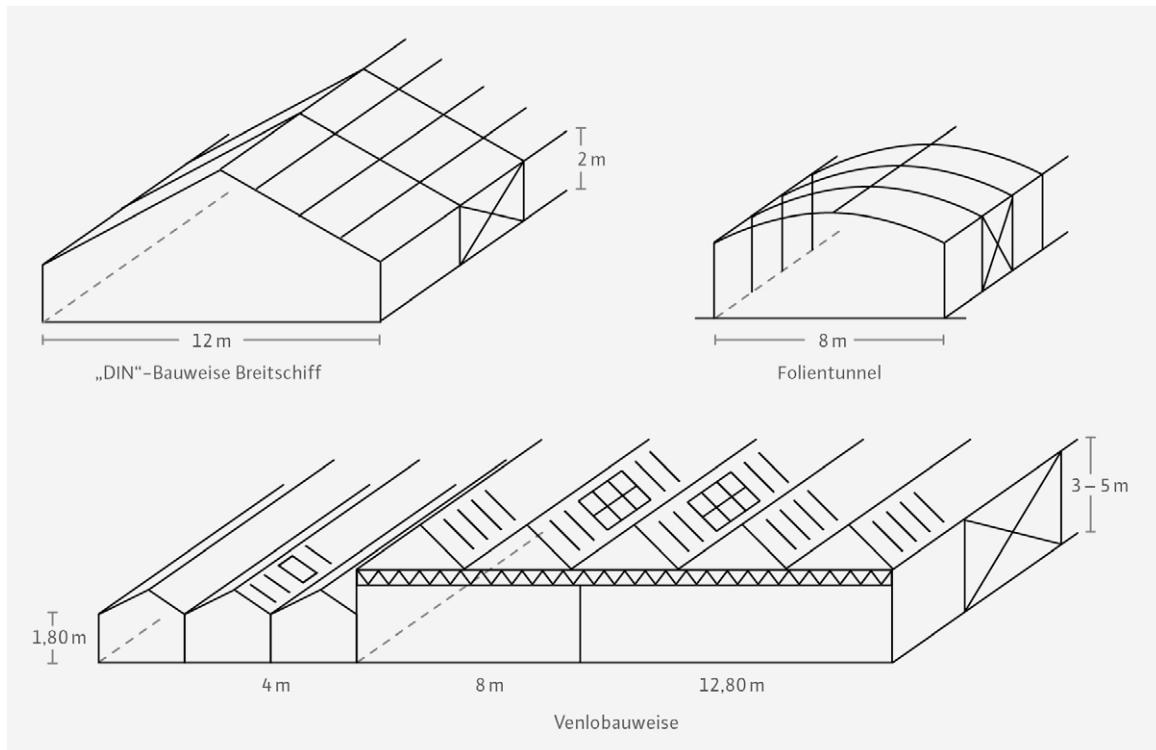


Abbildung 4: Typische Gewächshausbauweisen im Gartenbau setzen nicht mehr auf einzelne Gewächshäuser, sondern auf zusammenhängende, energiesparende Blockbauweisen.

Das in älterer Literatur beschriebene Deutsche Norm-Gewächshaus wurde in den letzten Jahren durch eine Kappen-Blockbauweise, das „Venlogewächshaus“, verdrängt. Der Wunsch nach einem großen Luftraum, also großen Raumhöhen, erfüllt die heutige Blockbauweise mit meist 4 bis 5 m hohen Stehwänden. Licht ist für ein gutes Pflanzenwachstum in hohem Maße von Bedeutung, weshalb die heutigen Dachglasscheiben nicht mehr wie früher im Norm-Haus 60 cm breit sind, sondern 1 m und im aktuellen Trend 1,25 m bis 1,5 m breit ausgeführt werden. Das Dach ist in der Regel als Einfachscheibe ausgeführt und nur die Stehwände weisen eine Doppelverglasung auf. Für ein ausreichendes Wachstum muss die Pflanze Wasser verdunsten können. In einem Doppelglashaus fehlt die zur Lufttrocknung nötige kalte Außenhaut, dies erfüllt

Einfachglas besser. Durch Einfachglas und den Einsatz von beweglichen Tüchern im Dach kann eine Isolation wie mit Doppelglas erreicht werden. Wenn die Pflanzen für ihr Wachstum (Lufttrocknung) die kalte Einfachscheibe benötigen, kann das Tuch automatisch aufgezogen werden.

Durch den vermehrten Einsatz von Folien statt Glas wird dieses komplizierte Klimaspiel im Gewächshaus noch schwieriger. Denn die Folien werden oft als aufgeblasene Doppelfolien auf das Gewächshaus aufgebracht, was durch die fehlende Kondensationsfläche Luftfeuchteprobleme erzeugen kann.

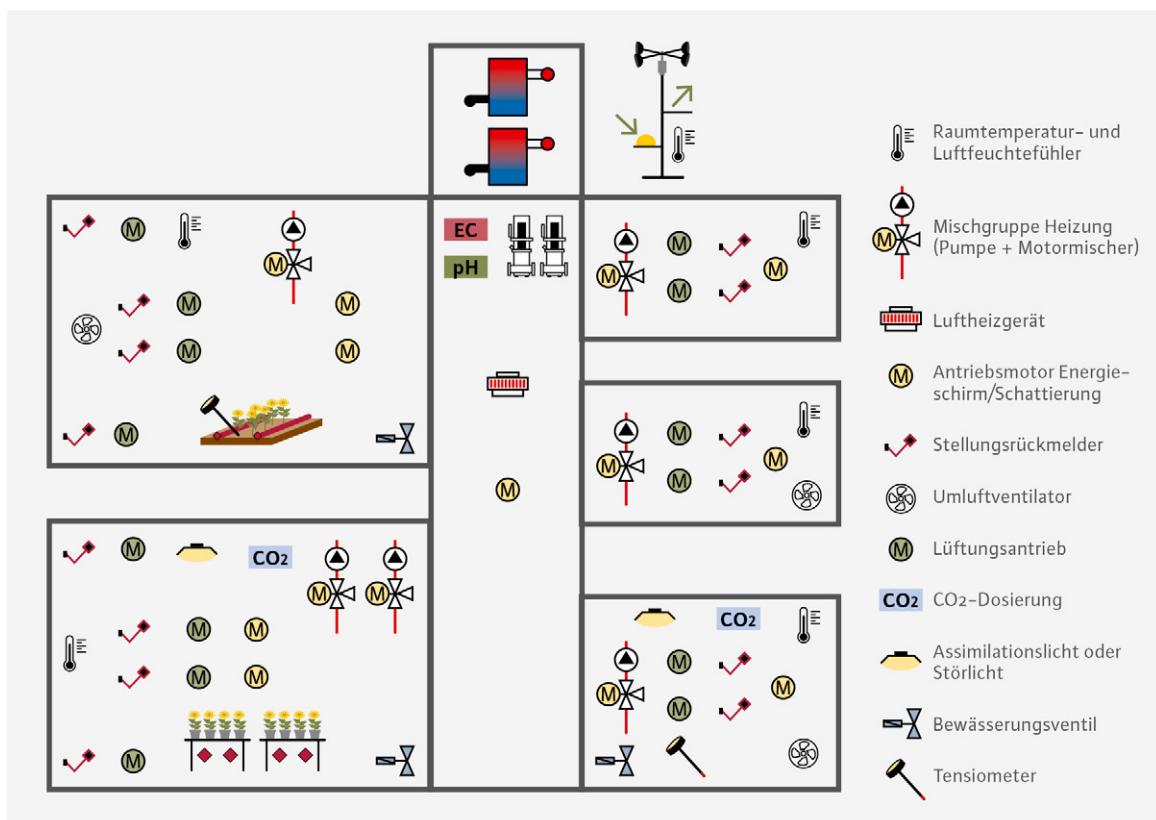


Abbildung 5: Grundriss mehrerer Gewächshäuser mit ihren umfangreichen Aktoren = Heizungspumpe, Mischer, Lüftungsantriebe, Energieschirm, Bewässerung und nötige Sensoren

### Gewächshausinnenausstattung

In die Gewächshaushülle muss deshalb umfangreiche Technik eingebaut werden, um den Ertrag zu optimieren. Alle Akteure (Pumpen, Mischer, Lüftungsantriebe, Energieschirme, Bewässerung usw.) werden durch spezielle, auf den Gartenbau abgestimmte Regelcomputer bedient. Dabei muss ein Kompromiss zwischen optimalem Pflanzenwachstum und minimalen Energieaufwendungen gefunden werden. Jedes Gewächshaus verfügt über mindestens zwei Lüftungssysteme im Dach, damit zugfrei „lee“ und „luv“ gelüftet werden kann. Der bereits erwähnte Energieschirm erfüllt gleichzeitig bei zu starker Sonneneinstrahlung eine Schattierungsfunktion. In besonderen Fällen, in denen die Pflanzen auf die Tageslänge lichtabhängig reagieren, sind auch motorisch betriebene Verdunkelungsanlagen vorhanden. Für die Beheizung sind in den meisten Fällen warmwasserbetriebene Rohrheizungssysteme anzutreffen, aus Energiespargründen oft beweglich pflanzennah und motorisch herabgelassen oder durch Ventilatoren unterstützt.

Die Heizkanone (gasbetrieben) stellt eine Sonderform dar, weil sie zum einen ein geringes Temperaturniveau halten und zum anderen für die CO<sub>2</sub>-Versorgung der Kultur eingesetzt werden kann. Auf die Einsatzgrenzen wird im Kapitel CO<sub>2</sub>-Dosierung eingegangen. Ventilation stellt, gezielt eingesetzt, einen weiteren wichtigen Faktor dar, weil damit die Temperaturverteilung im ganzen Haus gleichmäßig gehalten werden und die unnötige Wärme aus dem Dachbereich wieder pflanzenwirksam nach unten gebracht werden kann. Für Sonderkulturen kommt zusätzlich noch Assimulationslicht zum Einsatz. Das sind in der Regel Natriumdampfentladungslampen (400–600 W), die ein Zusatzlicht von 4.000 bis 6.000 Lux zur Pflanze bringen. Dazu werden ca. 50 W<sub>el.</sub> je m<sup>2</sup> installiert. Die LED-Technik hat auch hier Einzug gehalten.



Abbildung 6: Gewächshausbeheizung mit speziellen Erdgas-Heizkanonen

### 3. Heizungsanlagen im Gartenbau

#### 3.1 Kesselhaus

In modernen Produktionsgewächshausanlagen sind die Heizzentralen (Kessel) meist in die Gewächshauskonstruktion integriert, haben also keine besonderen (gemauerten) Gebäude mit feuerfesten Betondecken. Hierbei ist die bauaufsichtliche Behandlung durch das jeweils zuständige Landesbauamt zu beachten.

Für eine ausfallfreie Beheizung wird aus Sicherheitsgründen häufig eine Zweikesselanlage geplant. Die halbe Leistung z. B. als Grundlastkessel mit Brennwerttechnik und die weiteren 50 % als Spitzenlastkessel meist ohne Brennwerttechnik. Die Jahreslastverteilung wird im Kapitel 5 „Gewächshaus-Energiekalkulator“ genauer betrachtet.



Abbildung 7: Zweikesselzentrale in einem Gartenbaubetrieb

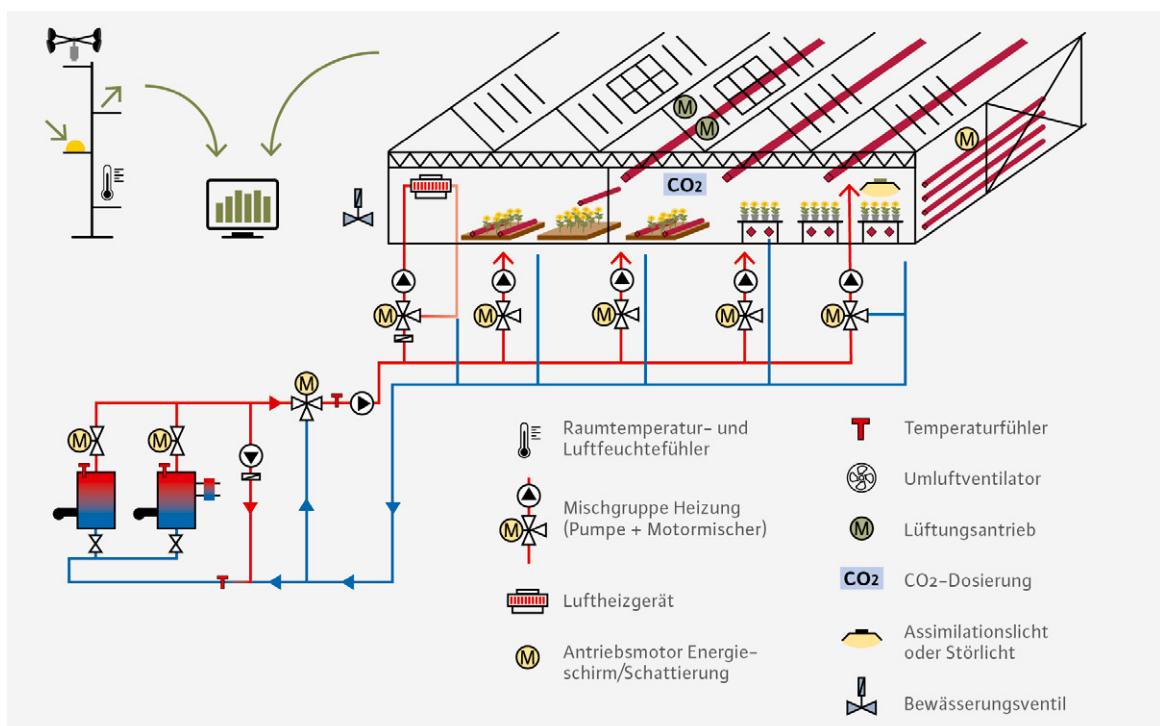


Abbildung 8: Schematischer Aufbau einer Gewächshausherzungsanlage mit zwei Kesseln (1x Grundlast-Gashessel mit Brennwertgerät und 1x Spitzenlastkessel) sowie der hydraulisch optimierten Anbindung über eine Verteilerstichleitung zur Brennwertnutzung

#### 3.2 Gewächshaus Klimaregelung

Eine Gewächshausregelung umfasst sehr viele pflanzlich wichtige Stellorgane, wie Pumpen, Mischer, Lüftungsantriebe, Schirmtriebe usw., die nur von speziellen Klimaregelcomputern gesteuert werden können. Standardregeltechnik ist dazu nicht anzuraten, weil die speziellen Gewächshausbedingungen besondere Regeloptimierungen erfordern. Für Planung, Installation und

Wartung (Betrieb) sollte eine Firma mit entsprechenden Spezialkenntnissen beauftragt werden.

Die Gewächshausherzung wird über einen vorgeregelten Verteiler versorgt. Diese Vorregelung erfolgt über den Klimacomputer hausbedarfsorientiert und soll damit einerseits die Nachregelung in den Gewächshäusern verbessern, andererseits die Leitungsverluste reduzieren.

Eine Kesselrücklauftemperaturbegrenzung ist sowohl bei Öl und Gas als auch bei Kohle- und Holzkesseln wichtig, um Korrosion im Kessel zu vermeiden. Die Gewächshäuser benötigen z.B. zum Abend hin schlagartig Wärme, weil durch Wegfall der Lichteinstrahlung der Gewächshauseffekt nicht mehr gegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt fallen sehr große Mengen (oft über 15 m<sup>3</sup>) kalten Wassers an, die nicht ungeregelt in die Kesselanlage gelangen dürfen. Leider wird für diesen Zweck häufig nur eine Rücklaufbeimischpumpe eingesetzt, die in aller Regel keinen ausreichenden Schutz bieten kann. Eine bessere Möglichkeit ist, die Vorregelung und den Kesselrücklauftschutz über einen 3-Wege-Mischer zu kombinieren. Dieser schließt dann den Kesselkreis proportional zur möglichen Leistungsabgabe, wodurch eine sehr gleichmäßige Kesseltemperatur erreicht werden kann. Deshalb ist es sehr zu empfehlen, für Gartenbauheizungen erfahrene Fachheizungsfirmen zu beauftragen.

Jede Gewächshausabteilung benötigt eine eigene Regelung. Um eine optimale Energieeffizienz zu erreichen, ist eine Motormischerregelung heute zwingend erforderlich – leider gibt es auch heute noch Pumpensteuerungen mit unnötig hohem Energieverbrauch. Für die Nachregelung werden 3-Wege-Mischer (besser 3-Wegeventile) eingesetzt. Zur optimalen Nutzung von Wärmerückgewinnanlagen (Abgaskondensatoren) ist nur damit die nötige niedrige Rücklauftemperatur zu erreichen.

### 3.3 Gewächshausheizungen

Der Anteil der Heizkosten an den Gesamtkosten der Pflanzenproduktion beträgt ca. 10–15 %. Deshalb muss nach besonders sparsamen Heizsystemen gesucht werden. Die neuen Produktionsgewächshäuser mit hohen Stehwänden erschweren die optimale Wärmeverteilung erheblich. Ohne Zusatzmaßnahmen kann die Wärme der hohen Rohrheizung, wie sie heute wieder oft verwendet wird, nicht von oben zurück an die Pflanzen gelangen. Zusätzliche Ventilatoren müssen daher eingesetzt werden.

In der Praxis ist heute eine Kombination der einzelnen Komponenten in den Gewächshäusern zu finden. Aus diesen Anforderungen heraus ist in einem Forschungsprojekt „ZINEG“ 2014 ein praxistaugliches Niedrigenergiegewächshaus definiert worden. Die energetische Bewertung wird durch den u'-Wert vorgenommen (in Kapitel 4 „Heizungsauslegung“ beschrieben).

Die Einzelkomponenten der Gewächshausheizung werden hier deshalb zum besseren Verständnis getrennt vorgestellt:

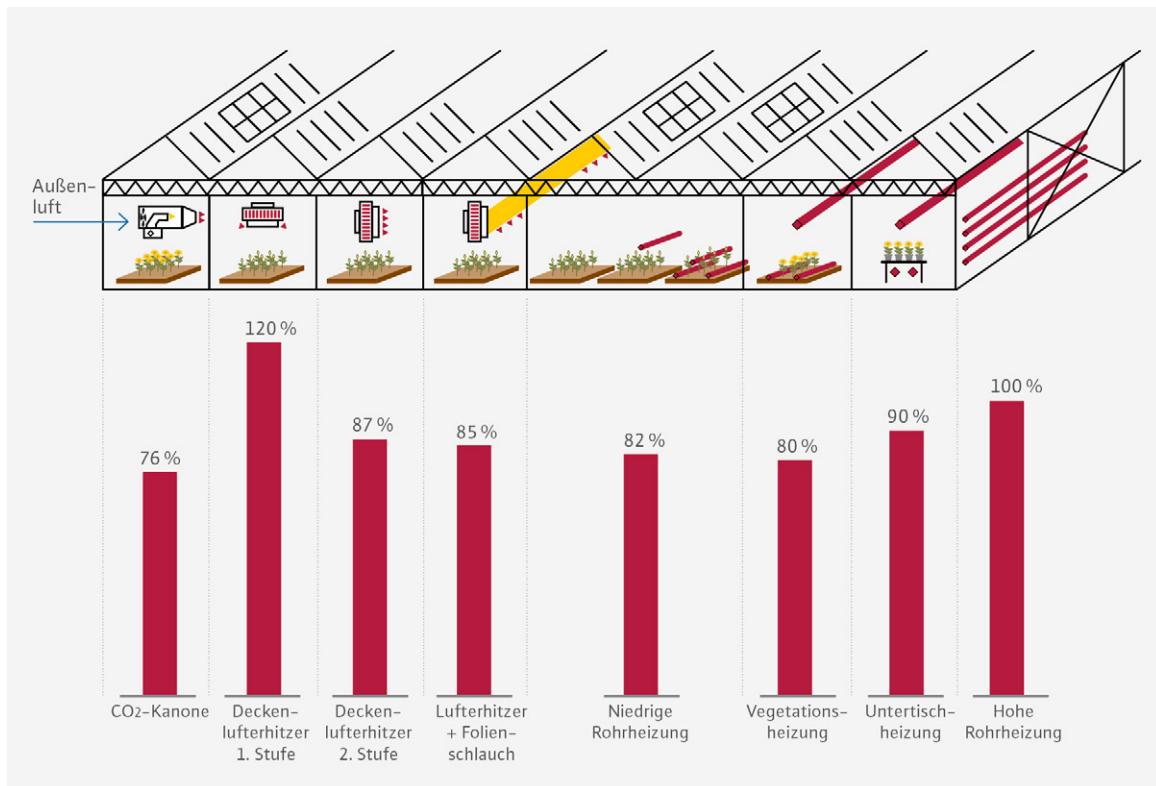


Abbildung 9: Heizsysteme im Vergleich

### **Hohe Rohrheizung**

#### **(Referenzsystem = Energieverbrauch 100 %)**

Die sogenannte hohe Rohrheizung war das übliche Heizungssystem bis Anfang der 70er Jahre. Viele Berechnungen und Zahlenangaben im Gartenbau basieren deshalb noch heute in der Regel auf diesem Heizungssystem (hier gewähltes Referenzsystem 100 %).

Ein Gewächshaus wird im Stehwandbereich und im Dachbereich (in Traufenhöhe) mit Stahlheizungsrohren mit einem Durchmesser von 51 mm gleichmäßig bestückt. Für den Auslegungsfall wird eine Temperaturdifferenz von 30 °C (Innen-/Außentemperatur) angenommen (hierzu mehr im Kapitel 4 „Heizungsauslegung“).

Die hohe Rohrheizung stört arbeitswirtschaftlich kaum. Der Nachteil gegenüber den anderen Systemen liegt im höheren Energieverbrauch, der heute in der Praxis oft wieder durch Ventilatoreneneinsatz gemindert wird.

### **Strahlungsheizung**

Direkt beheizte Strahlungsheizungen sind aufgrund ihrer ungleichmäßigen Wärmeangebote für Pflanzenkulturen nicht nutzbar und deshalb im Gewächshaus nicht zu empfehlen.

In umfangreichen Untersuchungen in gartenbaulichen Forschungsanstalten konnte nachgewiesen werden, dass die Strahlungswärme für die Pflanzenproduktion nicht genutzt werden kann, weil die Temperaturverteilung zu ungleichmäßig ist. Die Kulturergebnisse fielen gegenüber konventionellen Gewächshausheizungen weit zurück. Damit wird der großflächige Einsatz im Gartenbau nicht möglich sein. Für die typischen Einsatzbereiche in Hallen bzw. in Arbeitsräumen der Gartenbaubetriebe ist die Strahlungsheizung natürlich sinnvoll einsetzbar.



Abbildung 10: Versuchsaufbau zur Prüfung der pflanzenbaulichen Eignung von Dunkelstrahlern

### **Untertischheizung (relativer Energieverbrauch 90 %)**

Die Heizrohre werden heute vielfach unter den Pflanztschen (2 – 4 Stränge) verlegt. Die Wärme wird damit von unten sparsamer gegeben. Diese Heizung soll jedoch auch den Luftraum erwärmen und weniger die Stellfläche des Tisches. In Kombination mit einer hohen Rohrheizung wird primär mit der Untertischheizung geheizt. Erst wenn deren Leistung nicht mehr ausreicht, „hilft“ die hohe Rohrheizung. Für Rolltische und Mobiltischanlagen, die eng Tisch an Tisch stehen, ist die Wärmeabgabe sehr ungünstig. Es muss für kleine Tischabstände gesorgt werden.

### **Niedrige Rohrheizung, pflanzennahe Heizung (relativer Energieverbrauch 82 %)**

Eine Alternative stellen die sogenannten pflanzennahen Heizungssysteme = Hebe-Senkheizungen dar. Sie bringen die Wärme unmittelbar in den Bereich, in dem sie gebraucht wird, und vermindern damit die Wärmeverluste. Die Verlagerung der Heizungsrohre in den Pflanzenbereich (als Vegetationsheizung, s. u.) brachte häufig Kulturprobleme und einen erheblich höheren Arbeitsaufwand. Ein Kompromiss wurde gefunden, indem ein Heizungsstahlrohr, 51 mm (z. B. bei Gerbera), über den Pflanzen aufgehängt wurde. Bei einigen Kulturen wie Rosen oder Chrysanthemen konnten diese Rohre auch mitten in den Bestand gehängt werden. Der Nachteil dieser Systeme liegt im hohen Gewicht der Rohre. Für Langzeitkulturen wie Rosen ist die niedrige Rohrheizung sicherlich auch heute noch die richtige Lösung. Für Kulturen mit häufiger Bearbeitung ist ein solch schwergewichtiges System nicht geeignet. Eine mögliche Lösung bieten hier Aluminiumrohre mit Lamellenprofil (z. B. von Alcoa) oder dünne Stahlrohre (z. B. 32 mm von Forcas).



Abbildung 11: Hebesenkheizung über einer Topfpflanzenkultur, pflanzennah heruntergefahren

Das Aluminiumrohr (32 mm) hat nur ca. 0,35 l Wasserinhalt je Meter Rohr gegenüber 2 l beim oben genannten Stahlrohr. Diese so genannte Alcoa-Heizung (Name des Herstellers Alcoa, Niederlande) kann durch Drahtseile bewegt werden. Die Wärmeabgabe des Aluminiumlamellenrohres entspricht dem 51er Stahlrohr. Dieses System ist somit auch bei Beet- und Balkonpflanzen einsetzbar, wo häufig in der Kultur gearbeitet werden muss. Dazu wird dann die Heizung einfach nach oben gezogen. Die Anschlüsse werden mit wärme-/druckbeständigen, sauerstoffdichten

Schlüchen versehen. In aktuellen Hocheffizienz-Niedrigenergiegewächshäusern werden auch diese Heizungssysteme mit Ventilatoren optimiert, in dem die Ventilation für die Rückführung der dennoch nach oben steigenden Wärme sorgt.

#### **Vegetationsheizung (relativer Energieverbrauch 80 %)**

Die Vegetationsheizung ist ein sehr sparsames System. Viele Kulturen (aber nicht alle!) reagieren sehr positiv auf ein solches Heizungssystem. Dazu werden PE-Schlüche mit einem Durchmesser von  $\frac{1}{2}$  " zwischen den Pflanztöpfen oder, wenn möglich, auf den Topfrändern ausgelegt. Die Vorlauftemperatur wird auf 30 – 40 °C begrenzt. Wie bei allen pflanzennahen Heizungssystemen darf die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf nur 5 °C betragen, also nicht 10 °C wie bei der Rohrheizung.

Für Beetkulturen werden  $\frac{3}{4}$  "-Schlüche verwendet. Dabei kommen neben den normalen glatten Schlüchen auch gerippte zum Einsatz. Typen mit einer großen Rippenstruktur weisen eine um ca. 15 % höhere Wärmeabgabe auf als die glatten Schlüche.

Da in Beetkulturen der Abstand zwischen den Pflanzen größer ist, können auch höhere Vorlauftemperaturen gefahren werden. Neben den PE-Schlüchen gibt es PP-(Polypropylen-)Schlüche, die auch mit Wassertemperaturen über 60 °C gefahren werden können. Da die PE-/PP-Schlüche in der Regel nicht sauerstoffdiffusionsdicht sind, ist die Anlage mit Wärmetauschern zu betreiben.

Viele Topfkulturflächen werden vermehrt mit Handbungsautomaten (Gabelstaplern) bearbeitet, wodurch sich ein Vegetationsheizungsschlauchsystem wieder verbietet.

#### **Konvektorheizung (relativer Energieverbrauch 95 %)**

Bei diesem Heizungssystem treten so gut wie keine Strahlungsverluste auf. Im Produktionsgartenbau ist die Konvektorheizung jedoch nur noch in „Altanlagen“ zu finden, weil sie nur mit Hausbreiten unter 15 m gut funktioniert. Im Endverkaufsbereich, in dem die Hausbreiten geringer sind und Heizungsrohre stören, ist sie jedoch eine gute Lösung.

#### **Deckenluftheritzer**

##### **(relativer Energieverbrauch 87 % bis 121 %)**

Gegenüber statischen Rohrheizflächen zeichnen sich Luftheizungen durch eine schnelle Regelbarkeit aus. Diese Heizungssysteme werden zur Spitzenlastheizung oder als Hauptheizung bei niedrigen Heiztemperaturen (bis 10 °C) eingesetzt. Nachteilig ist der elektrische Energieaufwand für den Ventilator und die z. T. ungleichmäßige Temperaturverteilung. In ungünstigen Gebläsestufen kann der Energieaufwand sogar den der hohen Rohrheizung übersteigen.



Abbildung 12: Deckenluftheritzer

#### **Luftheritzer mit Folienschlauch**

##### **(relativer Energieverbrauch 85 %)**

Dieses Heizungssystem besitzt die Vorteile der Deckenluftheritzer, zugleich sorgt der Folienschlauch für eine gleichmäßige Verteilung der Warmluft. Einige Kulturen bedürfen sowieso einer ständigen Luftbewegung. Auch der nachträgliche Einbau eines gelochten Folienschlauches bringt eine enorme Verbesserung der Wärmeverteilung und verhindert das Austrocknen der Pflanzen in der Nähe des Luftheritzers durch zu starkes Anblasen. Dieses Heizungssystem bietet sich auch zur zeitweisen Beheizung von Folienhäusern ohne großen Installationsaufwand an.



Abbildung 13: Luftheritzer mit Folienschlauch

### Direktbefeuerte Luftheizgeräte (relativer Energieverbrauch bis 76 %)

Im unteren Heiztemperaturbereich kann die sehr gute Regelbarkeit direkt befeuerter Luftheizgeräte mit Abgasführung wirtschaftlicher als eine Heizzentrale mit statischen Rohrheizflächen sein (5 % Leitungsverluste, 2 % Stillstandsverluste). Die Befeuерung erfolgt mit Erdgas, Flüssiggas oder selten mit leichtem Heizöl. Bei Gas kann mit entsprechenden Messgeräten gleichzeitig eine CO<sub>2</sub>-Düngung erfolgen. Durch die getrennte Abgasführung ist keine Schadstoffanreicherung und keine CO<sub>2</sub>-Überdüngung zu befürchten. Auch hier kann durch einen oder sternförmig angeordnete Folienschläuche eine bessere Wärmeverteilung bis in die Ecken des Gewächshauses erzielt werden.

Als Sonderform der direktbefeuerten Luftheizer kann die so genannte CO<sub>2</sub>-Kanone angesehen werden. Mit ihr können auch die ca. 8 % Abgasverluste eingespart werden. Bei zu hohen Heizungssolltemperaturen wird dabei jedoch schnell die maximale CO<sub>2</sub>-Konzentration überschritten, wobei eine mögliche Schadstoffanreicherung (siehe Kapitel 7 „CO<sub>2</sub>-Düngung“) zu beachten ist. Der verbesserte Wirkungsgrad wird dann durch einen zusätzlichen Luftwechsel wieder geschränkt.



Abbildung 14: Erdgas-Heizkanone mit Frischluftansaugung von außen

## 4. Heizungsauslegung – Spitzenwärmeverbrauch

### Ermittlung des Spitzenwärmeverbrauchs/

#### Kesselauslegung für Gewächshäuser

Aufgrund langjähriger Erfahrung darf dazu auf ein überschlägiges Verfahren zurückgegriffen werden. Besonders für Gartenbaufremde ist hier der Versuch, mit Normen zum Ziel zu kommen, fast immer zum Scheitern verurteilt, weil die dafür nötigen spezifischen Angaben von Brachenfremden nicht (oder sehr schwer) zu ermitteln sind. Die EnEV (Energieeinsparverordnung) nimmt „Räume, die der Anzucht und Verkauf von Pflanzen dienen (Gewächshäuser etc.)“ von der Verordnung aus.

Für Gewächshäuser sind komplexe Wärmebedarfskoeffizienten ( $u'$ -Werte) bekannt, die auf verschiedene Gewächshaussysteme eingehen und auch den Einfluss des Lüftungswärmeanteils berücksichtigen.

$$Q = A \cdot u' \cdot (t_i - t_a)$$

mit:

$Q$  = Wärmebedarf für den Auslegungsfall in [W]

$A$  = Glasoberfläche (Hüllfläche Gewächshaus) in [ $m^2$ ]

(hilfsweise:  $m^2$  Grundfläche \* 1,4)

$u'$  = Wärmebedarfskoeffizient lt. Tabelle [ $W/m^2 \cdot K$ ] (s. u.)

$t_i$  = Gewächshausinnentemperatur [ $^\circ C$ ]

$t_a$  = gebietsspezifische minimale Außentemperatur in [ $^\circ C$ ] (z. B.  $-10^\circ C$ ,  $-12^\circ C$  oder  $-15^\circ C$ )

Für eine universelle Auslegung ist ein Temperaturunterschied von  $30^\circ C$  (innen/außen) eine praxisübliche Annahme.

Für alte Gewächshausanlagen gilt dann:

$$1000 m^2 \cdot 1,4 \cdot 7,6 \cdot \frac{W}{m^{2 \cdot K}} \cdot 30^\circ K = 319 kW$$

Diese  $319 kW$  je  $1000 m^2$ , also  $319 W/m^2$ , sind in der heutigen Praxis nicht mehr anzutreffen, weil in jedem Produktionsbetrieb mindestens eine verbesserte Regeltechnik und ein Energieschirm zum Einsatz kommen.

Eine heute praxisübliche Heizungsauslegung im Gewächshaus geht deshalb von  $150 W/m^2$  Spitzenlast aus (das entspricht einem Gewächshaussystem mit einem  $u'$ -Wert von 3,5).

alt = $300 W/m^2$	neu = $150 W/m^2$
-------------------	-------------------

#### Das Niedrigenergiegewächshaus „ZINEG“ setzt neue Maßstäbe

In einem umfangreichen Forschungsprojekt „ZINEG“ = ZukunftsInitiativeNiedrigEnergieGewächshaus wurde in den Jahren 2008 bis 2014 an der Umsetzung eines Niedrigenergiegewächshauses gearbeitet. Nähere Informationen sind dazu auch unter [www.ZINEG.net](http://www.ZINEG.net) zu finden. Große Teile des Forschungsvorhabens können heute schon in modernen Produktionsgewächshäusern wiedergefunden werden.

Deshalb ist die  $u'$ -Werttabelle um eine praxisübliche Niedrigenergiegewächshausvariante ergänzt, die mit dem  $u'$ -Wert von 2,5 bewertet wird. Diese Energieverbrauchs-werte werden heute durch doppelte Energieschirme und hohe Rohrheizungssysteme, die ihre Wärme durch Ventilation wieder pflanzennah unten im Pflanzenbestand abgeben, erreicht.

$$1000 m^2 \cdot 1,4 \cdot 2,5 \cdot \frac{W}{m^{2 \cdot K}} \cdot 30^\circ K = 105 kW$$

Diese Auslegungswerte sind je nach Ortslage mit einem Orts-Korrekturfaktor (0,8 bis 1,2) zu verschieben, um den niedrigeren Außentemperaturen in Süddeutschland oder dem milden Klima im Rheinland gerecht zu werden (siehe Anhang).

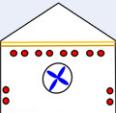
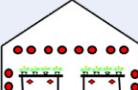
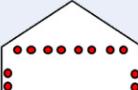
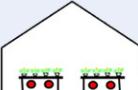
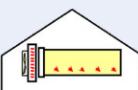
Gewächshaus/Heizungskombination	Wärmebedarfskoeffizienten $u' [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
	„Praxisvariante“ Niedrigenergiegewächshaus „ZINEG“ Einfachglas mit hoher Rohrheizung, doppelter Energieschirm und Ventilatoren 2,5
	Einfachglas mit gemischemtem Heizungssystem 7,6
	Doppelglas/Kunststoff mit gemischemtem Heizungssystem 4,6
	Einfachglas mit hoher Rohrheizung 8,2
	Doppelglas/Kunststoff mit hoher Rohrheizung 4,7
	Einfachglas mit Untertischheizung 7,4
	Einfachglas mit Stehwandheizung 8,1
	Einfachglas mit niedriger Rohrheizung „Hebe-Senk“ 6,7
	Einfachglas mit Vegetationsheizung 6,5
	Einfachglas mit Konvektoren 7,8
	Einfachglas mit Luftheizung/Folienschlauch 7,0
	PE-Folienhaus mit hoher Rohrheizung 10,0
	Doppelfolie mit gemischemtem Heizungssystem 5,1

Abbildung 15: Wärmebedarfskoeffizienten für verschiedene Heizungskombinationen inkl. Lüftungswärmeanteil, Quelle: ZINEG

**Wärme-Contracting**

Zahlreiche Gärtnereien arbeiten in Contracting-Projekten eng mit Energieversorgern zusammen. Contracting bedeutet eine langfristig zuverlässige Versorgung und eine Planungssicherheit bei den Energiekosten und führt oft zu einer personellen und damit finanziellen Entlastung. Auch mit Contracting lassen sich ganzheitliche Energiekonzepte in einem Unternehmen umsetzen.

Bei Contracting-Projekten übernimmt in der Regel ein Contractor die Betriebsführung einschließlich des Betriebsrisikos der Energieanlagen. Wenn eine Gärtnerei zum Beispiel die Wärmeerzeugung von einem anderen Energieträger auf Erdgas umstellen möchte, erledigt der Contractor je nach Vertragsgestaltung die Finanzierung, die Errichtung sowie den Betrieb. Sorgfältig geplante und bedarfsgerechte Contracting-Lösungen bringen Planungssicherheit und Entlastung auf der wirtschaftlichen Seite genauso wie in der täglichen Arbeitspraxis.

Außerdem garantiert der Contractor den sicheren und störungsfreien Betrieb der Anlage. Dazu gehören:

- » der Einbau moderner und qualitativ hochwertiger Anlagentechnik (z. B. KWK-Anlage)
- » die regelmäßige Wartung und die Instandsetzung bei Störfällen
- » die laufende technische Überwachung (z. B. Ferndiagnose)
- » ein 24-Stunden-Bereitschaftsdienst
- » sowie selbstverständlich die Einhaltung der gelgenden Immissionsschutzvorschriften und aller weiteren gesetzlichen Aufgaben



Abbildung 16: Plattenwärmetauscher zur Systemtrennung  
Heizkessel-Gewächshäuser

Weitere Informationen zu den Contracting-Modellen finden Sie auf [www.gewerbegas.info](http://www.gewerbegas.info).

Die in der Regel niedrigen Rücklauftemperaturen im Heizkreis des Gewächshauses ermöglichen eine optimale Brennwertnutzung. Durch die Installation eines Wärmetauschers und die damit verbundene Systemtrennung von Heizzentrale und Gewächshausanlage lassen sich ein unerwünschter Sauerstoffeintrag oder eine zu hohe Wasserdichte in der Heizzentrale vermeiden.

Damit ist jedoch die mögliche Brennwertnutzung durch die höheren Rücklauftemperaturen aufgrund des Wärmetauschers gemindert. Deshalb empfiehlt sich eine individuelle Prüfung, ob die Heizungsanlage auch ohne Wärmetauscher betrieben werden kann.

## 5. Gewächshaus-Energiekalkulator

### 5.1 Wärmemenge – Modellbetriebe

Im Kapitel 4 wurde die Berechnung des Spitzenwärmeverbrauchs im Auslegungsfall für Gewächshäuser beschrieben. Diese Werte sind für die Stundenspitzenwerte einer Gaslieferplanung relevant. Für die Bestimmung der Energiemenge ist jedoch auch der Jahreslastgang in den Gewächshäusern wichtig. Dazu muss das typische Verhalten des Gartenbaubetriebes betrachtet werden. Es gibt nicht „den“ Gartenbaubetrieb, sondern eine Gruppe unterschiedlichster Temperaturansprüche, von reinem, frostfreien Heizbetrieb bis hin zum extrem warmen Orchideenbetrieb mit 28 °C in den Gewächshäusern.

Energieverbrauchslisten, z. B. in Wochen- und Temperaturgruppen aufgeteilt, können einen modernen Gartenbaubetrieb nicht mehr ausreichend abbilden.

An der Universität Hannover ist ein sehr gutes Rechenprogramm für Gewächshausenergiemengen entwickelt worden, mit denen ein stündlicher Energiebedarf zu bestimmen ist. Dieses Programm, genannt: „HORTEX“, steht den Gartenbaufachleuten (z. B. Gartenbaufachberater, Meister, Techniker usw.) und allen Interessierten Energieexperten, Gasfachberatern zur Verfügung ([www.hortex.ulmer.de](http://www.hortex.ulmer.de)). Der Vergleich dieser Berechnungen mit realen Verbrauchsmengen bestätigt eine große Zuverlässigkeit der Daten. Einen Gartenbaubetrieb mit diesem Programm zu berechnen ist jedoch sehr zeitaufwendig und erfordert gute Gartenbausachkenntnis, deshalb wird hier ein weiterer Weg vorgestellt.

Den Gartenbau in typische Modellbetriebe einzuteilen, hat sich als eine qualitativ hochwertige und doch einfach zu nutzende Alternative erwiesen.

Modellbetriebe	Warmhauskulturen	Beet- und Balkon	Schnittrosen und Rosen	
Hauptkulturen	Elatior-Begonien, Kalanchoe ...	Primeln, Violen, Bellis, Fuchsien ...	mit Assimilationslicht	ohne Assimilationslicht
Temperaturen	18/16 °C HT / 20 °C LT	10/8 °C HT / 12 °C LT	18/16 °C HT / 20 °C LT	19 °C HT / 21 °C LT
Fläche/ Heizungssystem	10.000 m <sup>2</sup> , gemischt	5.000 m <sup>2</sup> , gemischt	ca. 10.000 m <sup>2</sup> , gemischt	
Eindeckung	Dach: einfach, Stehwand: Isoglas	Dach und Stehwand: einfach	Dach: einfach, Stehwand: Isoglas	
Energieschirm	einlagig, stark aluminisiert, mittlere Abdichtungsgüte	einlagig, gering aluminisiert, mittlere Abdichtungsgüte	einlagig, stark aluminisiert, gute Abdichtungsgüte	
Jahresstromverbrauch	5 kWh/m <sup>2</sup>	6,3 kWh/m <sup>2</sup>	4,3 kWh/m <sup>2</sup> (ohne Assimilationslichtstrom)	
Assimilationsbelichtung			inst. Leistung: 70 W/m <sup>2</sup> , 8h/d	
Jahresheiz- energieverbrauch	<b>473 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>130 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>245 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>217 kWh/m<sup>2</sup></b>

Tabelle 2: Modellbetriebe des Gewächshaus-Energiekalkulators

Modellbetriebe	Eriken und Callunen	Tomaten	Kalthaus (Gemüse)
Hauptkulturen	Eriken, Callunen	Tomaten	Feldsalat, Radies, Kopfsalat, Spinat
Temperaturen	5 °C HT / 7 °C LT	19/16 °C HT / 19,5 °C LT	3/3 °C HT / 10 °C LT
Fläche / Heizungssystem	5.000 m <sup>2</sup> , gemischt	10.000 m <sup>2</sup> , gemischt	1.000 m <sup>2</sup> , Deckenluftheizer Eindeckung
Energieschirm	einlagig, gering aluminisiert, mittlere Abdichtungsgüte	einlagiger Energieschirm (Tagesschirm), gute Abdichtungsgüte	
Jahresstromverbrauch	7,5 kWh/m <sup>2</sup>		
Jahresheiz-energieverbrauch	<b>73 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>356 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>43 kWh/m<sup>2</sup></b>

Tabelle 2: Modellbetriebe des Gewächshausenergielkalkulators

Im Jahr 2000 wurde in NRW eine Ausarbeitung für ein Branchen-Energie-Konzept Gartenbau in Auftrag gegeben und 2002 veröffentlicht (Vieweg Verlag 2002, ISBN 3-528-03189-1). Neben einem umfangreichen Gartenbauüberblick, werden darin sechs typische Gartenbau-modellbetriebe beschrieben, die mit ihren Jahresenergiemengen einen typischen Jahreslastgang aufzeigen. Im Hintergrund dieser Jahreslastgänge wurde dafür jeweils eine konkrete Hortexberechnung durchgeführt. Mit diesen Modellbetrieben lassen sich die meisten Kultur-/ Temperaturbedingungen im Gartenbau abbilden. Der im Folgenden beschriebene Energielkalkulator greift diese Modelldaten auf und ermöglicht so eine einfache Energiebewertung von Produktionsgewächshäusern.

### 5.2 Gewächshaus-Energielkalkulator

Für den Gasfachberater ist vom Autor der Gewächshaus-Energielkalkulator erarbeitet worden, mit dem sehr einfach der Jahreslastgang in Stundenwerten ermittelt werden kann. Der Energiebedarfssrechner von 2009 ermöglichte schon eine recht realitätsnahe Jahreslastgangsberechnung auf Grundlage der Modellbetriebe. Wie in Kapitel 3 „Heizungsanlagen im Gartenbau“ deutlich wurde, sind jedoch die Produktionsgewächshäuser in den letzten Jahren noch einmal erheblich sparsamer geworden. Deshalb sind hier die damaligen Modellbetriebe für den Energielkalkulator entsprechend überarbeitet und ergänzt worden. Der Energiebedarfssrechner wurde grundlegend neu programmiert und den aktuellen Gewächshausgegebenheiten angepasst. Mit dem neuen Gewächshaus-Energielkalkulator soll es nicht nur Gartenbaumeistern, Gartenbautechnikern usw. ermöglicht werden, sehr realitätsnahe Jahreslastgänge einfach zu ermitteln, sondern auch Gartenbau unerfahrenen Energieexperten. Die Be ratungspraxis hat gezeigt, dass mit den sieben Modell betrieben fast immer ein aussagekräftiger Betriebsenergieüberblick möglich ist. An vielen Stellen sind Hilfetexte und Bemerkungen in das Berechnungstool eingefügt.

Unter folgendem Link kann darauf zugegriffen werden:

[www.gewerbegas.info/erdgas-im-gewerbe/gartenbau/energielkalkulator](http://www.gewerbegas.info/erdgas-im-gewerbe/gartenbau/energielkalkulator)

### Programmbeschreibung

Damit auch der ungeübte Anwender zu brauchbaren Ergebnissen kommt, müssen nur die Gewächshausflächen (m<sup>2</sup> Grundfläche) in die Tabelle in Monatsschritten eingetragen werden. Dafür stehen sieben typische Kulturvarianten mit ihren Jahreswärmeansprüchen zur Auswahl. In der Praxisanwendung hat es sich als sehr hilfreich erwiesen, die Kulturdaten nicht zu genau abilden zu wollen, sondern den jeweils ähnlichen Modellbetrieb zu wählen. Durch die Eingabe der genutzten Gewächshausfläche in m<sup>2</sup> wird der dazugehörige Energiebedarf in Stundenwertschritten aus der hinterlegten Hortexberechnung übernommen. Als Ergebnis stehen die zu erwartenden Jahresgesamt Mengen zur Verfügung:

1. als grafische Jahresübersicht in der Eingabeseite,
2. als Zahlentabelle „Stundenwerte“ = 8.760 einzelne kWh je Jahresstunde.

Damit stehen die Daten auch für eigene Excelberechnungen zur freien Verfügung.

Zusätzlich bieten alle gelb hinterlegten Felder Eingabemöglichkeiten für den Nutzer.

Mit dem Korrekturfaktor können sehr einfach Anpassungen vorgenommen werden, die sich auf den gesamten Energiebedarf auswirken. Hier ist es z.B. möglich, einen erhöhten Energiebedarf aufgrund des Standortes einzutragen (siehe Anhang).

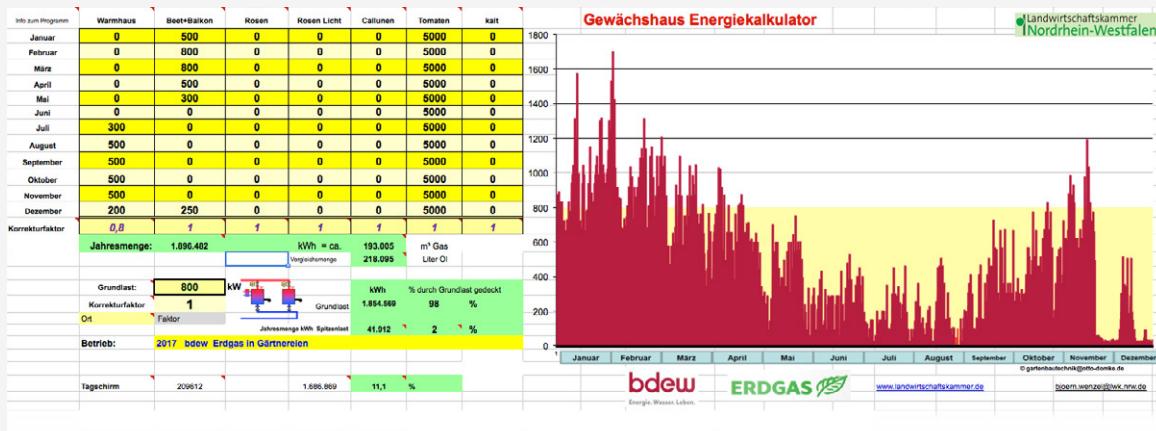


Abbildung 17: Darstellung innerhalb des Gewächshaus-Energiekalkulators

Jede Kulturvariante (Modellbetrieb) kann auch mit einem eigenen Korrekturfaktor versehen werden, um z. B. eine bessere oder auch mangelhafte Gewächshausdämmeinrichtung zu berücksichtigen. Neue Gewächshausanlagen mit z. B. doppelten Energieschirmen können hier mit einem beliebigen Korrekturfaktor, z. B. 0,8 (also 20 % besserer Isolierung), versehen werden.

Mit dem Eingabefeld „Grundlast“ wird die Auslastung einer Zweikesselanlage berücksichtigt. Dazu kann die Leistung [kW] einer beliebigen Grundlast (z. B. Heizkessel Gas, Öl, Kohle, Holz oder BHKW/Biogasabwärmeleistung) eingegeben werden. Aus den Stundenwerten wird dann die restliche „Zweitenergiemenge“ berechnet.

Der gelbe Hintergrund in der Jahresgrafik verdeutlicht den abzudeckenden stündlichen Wärmebedarf mit der „Grundlast“. So ist eine einfache Dimensionierung des Grundlastkessels zu ermitteln. Die Mengen werden zudem in den grünen Feldern als Wärmemenge Grundlast- und Spitzenlastenergieerzeuger in kWh und prozentual dargestellt.

Durch die einfache und schnelle Eingabe der genutzten Quadratmeter Gewächshausfläche sind so verschiedene Varianten schnell zu berechnen.

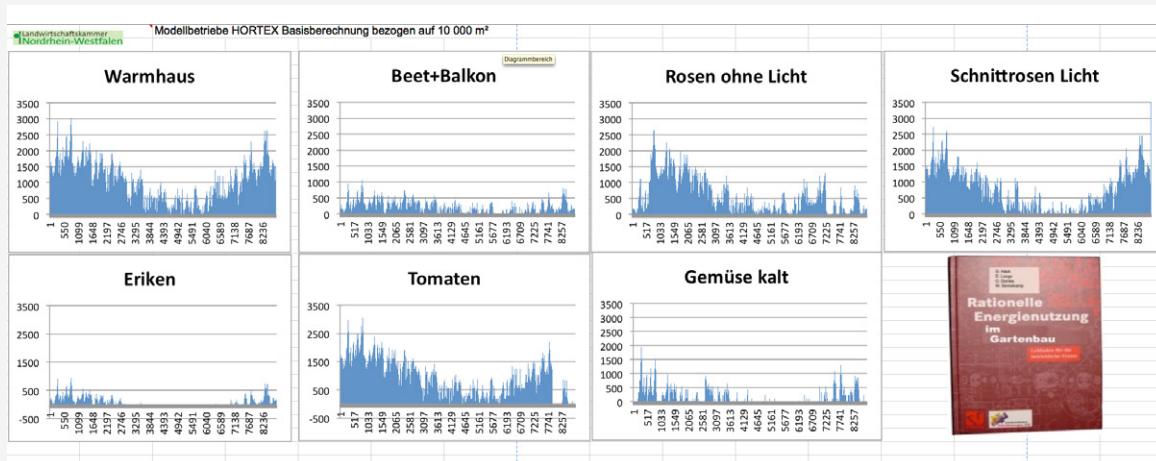
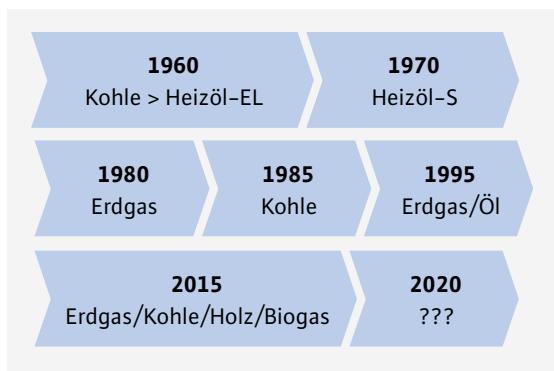


Abbildung 18: Gewächshaus-Energiekalkulator, alle sieben Modellbetriebe

## 6. Brennstoffe für den Gartenbau

In den 60er Jahren gab es nach der Kohle neben dem leichten Heizöl praktisch keinen Brennstoff im Gartenbau. Dies hat sich jedoch drastisch geändert.

In vielen Gartenbaubetrieben lässt sich folgende Umstellungsfolge nachvollziehen:



Die Vorteile von Erdgas wurden vom Gartenbau frühzeitig und gern genutzt. Die Umstellung auf aufwendigere Brennstoffe, wie Kohle und Holz, hatte in der Regel Kostengründe.

### Brennwert-/Heizwert-Nutzung

Der Brennwert oder Heizwert eines Brennstoffes hängt von dessen Zusammensetzung ab. Er wird bei festen und flüssigen Brennstoffen auf 1 kg bzw. auf 1 l und bei Gas auf 1 m<sup>3</sup> bezogen. Deshalb gibt es die Angaben: kWh/kg, kWh/l und kWh/m<sup>3</sup>.

Während für feste und flüssige Brennstoffe nur der Heizwert (H<sub>i</sub>) die gebräuchliche Definition darstellt, ist für Gas der Brennwert (H<sub>s</sub>) von Bedeutung und damit als Definition gebräuchlich.

Der Brennwert (H<sub>s</sub>) eines Gases ist die Wärme, die bei vollständiger Verbrennung eines Kubikmeters Gas – gerechnet im Normzustand – frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte bei der Verbrennung eine Temperatur von 25 °C haben und das bei der Verbrennung entstandene Wasser flüssig vorliegt.

Da in der Regel der bei der Verbrennung im Kessel anfallende Wasserdampf mit den anderen Verbrennungsprodukten über den Schornstein abgeführt wird – dies ist bei festen und meist flüssigen Brennstoffen üblich –, ist bei diesen Brennstoffen der Brennwert ohne Bedeutung. Kohle enthält je nach Sorte mehr oder weniger Schwefel,

so dass auch hier der Säuretaupunkt für die Nutzung der Abgaswärme entscheidend ist.

Bei der Verbrennung von Erdgas, das praktisch keinen Schwefel enthält, besteht nicht die Gefahr, dass sich bei Unterschreitung des Kondensationspunktes, der je nach eingestelltem Brennstoff-/Luftverhältnis bei etwa 55 – 60 °C liegt, aggressive Säuren (Schwefelsäure und schwefelige Säure) bilden. Hierdurch ist es möglich, die Abgase durch einen speziellen Wärmetauscher (Abgaskondensator = Brennwertgerät) unter den Kondensationspunkt abzukühlen und so die wasserdampfgebundene Wärme (latente Wärme) auch noch zu nutzen. Die Energieeinsparung kann hierdurch bis zu 15 % betragen.

Voraussetzung für den Einsatz von Brennwertgeräten ist, dass eine niedrige Heizungsrücklauftemperatur gegeben ist. Diese Bedingung erfüllen im Gartenbau z.B. eine Vegetationsheizung oder pflanzennahe Heizungssysteme. Das Kondensat hat einen niedrigen pH-Wert von etwa 4 – 4,5. Dieser kann mit handelsüblichen Neutralisationen vor der Einleitung angehoben werden.

### Erdgas

Seit etwa 1975 wird Erdgas verstärkt zur Beheizung von Gewächshäusern eingesetzt. Der Marktanteil am Energieverbrauch des Gartenbaus stieg in dieser Zeit von etwa 3 % auf 25 % – regional bis über 30 % – an. Grund hierfür waren Wirtschaftlichkeitsüberlegungen der Gärtner, aber auch Verwendungsvorteile, wie saubere Verbrennung, kein Brennstofflager oder CO<sub>2</sub>-Dosierung nach der Erdgasverbrennung.



Abbildung 19: Erdgasheizkessel im Gartenbau

Neben dem Erdgas wird auch in einigen wenigen Betrieben Flüssiggas für die Beheizung der Gewächshäuser eingesetzt. Als Sonderform ist an dieser Stelle nochmals auf die Verbrennung von Erdgas für die CO<sub>2</sub>-Dosierung hinzuweisen, deren Ziel aber nicht die Raumbeheizung ist. Kessel mit atmosphärischen Brennern sind im Gartenbau praktisch nicht anzutreffen.

In der Regel werden 1-/2-stufige oder modulierende Gebläsebrenner eingesetzt.

#### Vorteile von Erdgas für den Gartenbau:

- » saubere Verbrennung
- » Brennwertnutzung
- » Erdgasheizungen sind schnell regelbar
- » hoher Wirkungsgrad
- » schadstoffarme Verbrennung
- » umweltschonend
- » Erdgas ist der umweltfreundlichste der fossilen Energieträger
- » keine Brennstoffflagerung
- » Wachstumsfaktor CO<sub>2</sub>-Düngung
- » Abgas-CO<sub>2</sub>-Nutzung
- » CO<sub>2</sub>-Heizgeräte im Gewächshaus
- » niedriger Hilfsenergieaufwand gegenüber Kohle-/Holzanlagen
- » BHKW-Nutzung

#### Heizöl-EL

Für die Verbrennung von leichtem Heizöl werden im Gartenbau allgemein Druckzerstäubungsbrenner mit 2-stufiger Fahrweise, selten modulierende Brenner eingesetzt. Wo Erdgas zur Verfügung steht, werden in der Regel Gas-Öl-Kombibrenner eingesetzt.

Im Gartenbau wird die Öllagerung oft recht ungeschützt in oberirdischen Tanks durchgeführt. Bei sehr niedrigen Temperaturen führt dies regelmäßig zu großen Problemen durch Paraffinbildung. Besonders gasversorgte Betriebe mit abschaltbaren Gasverträgen haben bei der Umschaltung auf Heizölbetrieb dadurch häufig Schwierigkeiten. Derartige Probleme wären durch eine entsprechende

Vorsorge zu umgehen, nur entspricht dies vielfach nicht der Praxis.

Folgende Lösungen bieten sich zur Verhinderung der Paraffinbildung an:

- » Lagerung von leichtem Heizöl in Erdtanks
- » Zugabe von Additiven
- » Tankbeheizung
- » Ölvorwärmung

Um Störungen im Winter zu vermeiden, sollte Heizöl-EL so gelagert werden, dass es nicht unter 0 °C abkühlen kann. Dies ist in Tanklagerräumen (beheizbar) und in Erdtanks relativ leicht möglich.

Additive erlauben eine Verschiebung der Temperaturgrenze für die Ölausflockung. Die Zugabe von Additiven ist jedoch nur sinnvoll, wenn sie rechtzeitig, z.B. ab der Herbstlieferung, erfolgt. Eine Beimischung von Additiven während der Paraffinierung hat kaum eine Wirkung.

#### Tankbeheizung und Ölvorwärmung

Neben der Öllagerung im Erdtank ist die sicherste Methode, die Paraffinbildung zu verhindern, eine Beheizung des Öltanks oder auch des Öls im Kreislauf. Für die Tankbeheizung gibt es tauchsiederartige Einsätze, die im Ansaugbereich das Öl und damit auch den ganzen Tank aufheizen. Diese Anlagen arbeiten meist elektrisch, können aber auch mit dem Heizkreismedium gespeist werden.

Durch eine separate Heizölringleitung und einen zwischengeschalteten Wärmetauscher lässt sich das Heizöl auf Temperaturen über 0 °C halten. Damit sind keine Einbauten am Tank erforderlich. Solche Vorwärmer sollen das Öl jedoch nicht über 20 °C aufheizen. Optimal wäre eine Temperatur von 10 bis 15 °C. Durch höhere Öltemperaturen ändert sich zum einen das Volumen und zum anderen die Viskosität. Aufgrund der Volumenänderung müsste der Brenner nachgestellt werden, weil das Brennstoff-/Luftverhältnis nicht mehr stimmt. Die geänderte Viskosität bringt ein schlechtes Schmierverhalten für die Ölförderpumpe, die dadurch defekt werden könnte. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann auch normales „Sommeröl“ im Winter verbrannt werden.



Abbildung 20: Gartenbaukessel mit Kombibrenner Öl-Gas

### Kohleeinsatz im Gartenbau

Kohle ist als Energieträger im Gartenbau auch heute noch vergleichsweise weit verbreitet.

Im Gartenbau werden vorwiegend folgende Kohlearten eingesetzt:

- » Gasflammkohle  
Nuss 3 (20–30 mm) und Nuss 4 (16–24 mm)
- » Anthrazit  
Nuss 4 (16–24 mm) und Nuss 5 (8–16 mm)

Kohlenart	flüchtige Bestandteile in %	Flammenlänge
Braunkohle 5,5 kWh/kg	45–60	
Gasflammkohle 8,4 kWh/kg	33–35	
Koks 7,4 kWh/kg	-2	
Anthrazit 9 kWh/kg	2–6	

Abbildung 21: Eigenschaften verschiedener Kohlearten

Kohle ist nicht gleich Kohle. Wie in der Übersicht zu erkennen ist, lassen sich die Kohlearten durch ihre flüchtigen Bestandteile (Flammbilder) unterscheiden. Diese Gegebenheiten bestimmen auch entscheidend die Kesselbauweise.

### Gasflammkohle

Abgesehen vom Waschen und Sieben handelt es sich um eine unbehandelte, direkt gewonnene Steinkohle (Untertage). Ihr Flammbild ähnelt der Braunkohle. Durch die große Flamme werden auch große Mengen Flugasche mitgerissen. Der Schwefelgehalt liegt bei 0,8 % und der Aschenanteil bei 3 – 6 %. Diese Kohle wird in der Regel mit Schnecken gefördert und in sogenannten Unterschubfeuerungen verbrannt. Diese Anlagen erfordern eine gute Staubfilteranlage.

### Anthrazit

Diese Steinkohle hat den geringsten Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Sie verbrennt mit kurzer blauer bis blau-gelblicher Flamme. Das einzelne Korn ist fest, aber nicht scharfkantig. Dadurch kann diese Kohle mit praktisch allen Förderelementen gefördert werden. Die Anthrazitkohle hat etwa 4 – 6 % unverbrennbare Rückstände (Asche) und einen Schwefelgehalt von ca. 0,7 – 0,8 %. Für die Verbrennung werden Schacht- oder Schubrostkessel eingesetzt.

### Holzfeuerung

Vollautomatische **Holzheizungen** stellen einen großen Investitionsfaktor dar, deshalb wird dieser Brennstoff bisher meist nur in >1000 kW-Kesselanlagen eingesetzt. Wirkliche betriebswirtschaftliche Vorteile lassen sich jedoch nur bei großen Gewächshausflächen (über 10.000 m<sup>2</sup>) erreichen. Die hohen Investitionskosten der Holzheizkesselanlage werden hier durch in der Vergangenheit oft günstige Hackschnitzel-/Restholzwärme preise wirtschaftlich.

Weiterhin werden im Gartenbau auch Pelletkessel eingesetzt – meist mit Leistungen bis 500 kW.

## 7. Besonderheiten von Erdgas im Gartenbau

### 7.1 Brennwerttechnik – Abgaskondensator

Nach heutigen Erfahrungen sind zur vollständigen Nutzung der Gasverbrennung keine Abgaskühler (Heizwertgeräte), sondern Abgaskondensatoren (Brennwertgeräte) empfehlenswert. Ein Abgaskondensator, wie er heute üblicherweise eingebaut wird, arbeitet im Prinzip wie ein Autokühler. Die Abgase werden durch einen zusätzlichen Wärmetauscher geführt und kühlen darin so weit ab, dass auch die latente Wärme (Kondensationswärme) auf das Heizungssystem übertragen wird. Ein Abgaskühler dagegen kühlt die Abgase nur bis oberhalb des Kondensationspunktes und nutzt nur die fühlbare Wärme. Die Energieeinsparung liegt damit bei max. 7 %.



Abbildung 22: 2 MW-Erdgaskessel mit nachgeschaltetem Abgaskondensator

Der Abgaskondensator ist aus Materialien (meist Aluminium- und Kupferspeziallegierungen oder Edelstahl) gefertigt, die das Kondensat (Wasser mit niedrigem pH-Wert) nicht angreift. Neben deutschen Fabrikaten stehen auch niederländische Wärmerückgewinnungsgeräte im Gartenbau zur Verfügung.

Die Wirksamkeit eines Abgaskondensators hängt weniger vom Fabrikat als vom richtigen Einbau in das Heizungssystem ab. Wesentlich ist, dass der Wasserdampf-Taupunkt unterschritten wird. Dieser liegt bei Gaskesselanlagen mit 10 % CO<sub>2</sub> im Abgas bei etwa 58 °C.

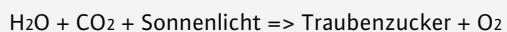
Durch die nachträglichen Wärmedämmmaßnahmen sind die meisten Gewächshäuser mit Heizungsrohren über-

bestückt. In der Praxis folgt daraus, dass die gewünschte Heiztemperatur mit relativ geringen Vorlauftemperaturen zu erreichen ist. Derartige Heizkreise liefern ideale Rücklauftemperaturen für Rauchgaskondensatoren (ca. 30 – 40 °C). Falls Boden- oder Vegetationsheizungen vorhanden sind, machen diese Systeme ebenfalls mit ihrer niedrigen Rücklauftemperatur den Einsatz von Brennwertgeräten möglich. Reine Brennwertkessel sind im Gartenbau aufgrund des ungünstigeren Preis-Leistungsverhältnisses zu Kesseln mit nachgeschalteten Abgaskondensatoren eher seltener anzutreffen.

Der kondensierte Wasserdampf (das Kondensat) aus den Verbrennungsabgasen hat bei der Entstehung einen sehr niedrigen pH-Wert (ca. pH 4). Da es sich um eine schwach gepufferte Lösung handelt, ist dieser Wert nicht kritisch. Für Brennwertkessel sind dazugehörige Neutralisationsanlagen verfügbar. Gärtner leiten das Kondensat häufig in das sowieso vorhandene Gießwasserbecken. Der dortige Kalkgehalt reicht meist aus, den pH-Wert sofort anzuheben. Verschiedene Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass keine bedenklichen Mengen (für die Pflanzen) von z. B. gelöstem Eisen oder Aluminium vorhanden sind.

### 7.2 CO<sub>2</sub>-Düngung

Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) entsteht unter anderem bei der Verbrennung von Energieträgern wie Erdgas, Heizöl, Holz etc. Für Pflanzen ist CO<sub>2</sub> jedoch ein lebensnotwendiger Stoff. Allein die Pflanze ist mit ihrem grünen Chlorophyll in der Lage, chemisch Lichtenergie in Traubenzucker zu speichern = Assimilation. Dieser Traubenzucker muss erst vorhanden sein, bevor überhaupt pflanzliches Wachstum möglich ist.



Ein Mangel bei einem Baustein kann nach dem Minimumgesetz den gesamten Vorgang bremsen. Da Wasser im Gartenbau in der Regel genügend angeboten wird, stellen das Licht und im Gewächshaus das CO<sub>2</sub> die Mangelfaktoren dar. Die heute sehr dichten Gewächshäuser reduzieren den Luftaustausch, so dass weniger CO<sub>2</sub> mit der Außenluft in die Gewächshäuser gelangt, als die Pflanzen benötigen. Dabei stellt auch der normale Luft-CO<sub>2</sub>-Gehalt von 320 bis 360 vpm (0,032 bis 0,036 Vol. %) für viele Pflanzen noch nicht den optimalen Wert für die Assimilation dar.

Für ein optimales Wachstum ist für viele Pflanzen 600 – 1600 vpm CO<sub>2</sub> günstig. Gemüsepflanzen, mit viel Massenzuwachs, scheinen dabei höhere Werte zu „wünschen“ als Zierpflanzen.

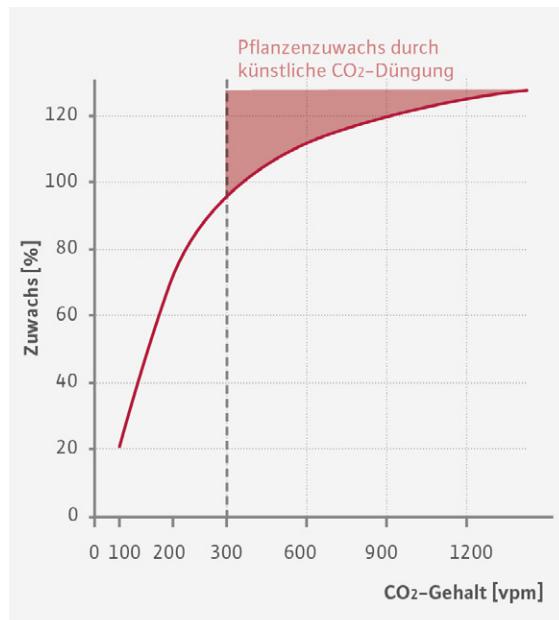


Abbildung 23: Pflanzenwachstum im Verhältnis zum CO<sub>2</sub>-Gehalt

Diese schematische Wachstumskurve zeigt deutlich, wie CO<sub>2</sub>-Mangel unter 400 vpm den Pflanzenzuwachs reduziert. Die Zuwachssteigerung über 1000 vpm flacht dann jedoch ab. Da ein Absinken des CO<sub>2</sub>-Gehaltes zu erheblichen Wachstumseinbußen führen kann, bedienen sich die Gärtner heute verschiedener Methoden der zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Gewächshausluft.

#### CO<sub>2</sub>-Dosierung im richtigen Maß

CO<sub>2</sub> darf nicht unkontrolliert an die Kulturen gelangen, sondern muss messtechnisch oder rechnerisch – was häufig schwer ist – bestimmt werden. Die Vor- und Nachteile sollen hier kurz dargestellt werden.

Grundsätzlich müssen zwei Dinge unterschieden werden:

1. Verträglichkeitsbereiche für Mensche  
CO<sub>2</sub>-MAK-Wert 5.000 vpm,
2. Verträglichkeitsbereiche für Pflanzen  
etwa 600 bis 1.600 vpm CO<sub>2</sub>,  
von manchen Kulturen wird aber auch weit mehr  
vertragen: 10.000 bis 20.000 vpm.

Die Verträglichkeitsgrenzen können bei einzelnen Pflanzen auch höher liegen, andere Pflanzen zeigen dagegen schon bei 600 vpm Schäden. Die Beurteilung, welcher CO<sub>2</sub>-Gehalt welcher Pflanze zuzuordnen ist, sollte deshalb immer dem gärtnerischen Spezialisten überlassen werden. Aufgrund der sogar sortenspezifischen Empfindlichkeiten wird hier auf eine Darstellung verzichtet.

In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass der Gärtner, der an einer CO<sub>2</sub>-Düngung seiner Pflanzenkulturen interessiert ist, ausreichend Informationsmöglichkeiten besitzt, um die richtige CO<sub>2</sub>-Dosierung festlegen zu können. In jedem Fall soll hier auf die Erfahrungen der Versuchsanstalten und auf die gartenbaulichen Fachberater hingewiesen werden.

#### Faustregel

Liegen keine Erkenntnisse über optimale CO<sub>2</sub>-Konzentrationen für eine Pflanze vor, sollte der Gärtner zunächst eine Dosierung von 600 vpm CO<sub>2</sub> wählen.

Nach der Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Konzentration ist die Dosierungsart festzulegen. Dabei sind wieder zwei grundsätzlich verschiedene Vorgehensweisen möglich:

1. CO<sub>2</sub>-Dosierung mit dem Ziel, eine bestimmte CO<sub>2</sub>-Konzentration, die für die Pflanzen gewünscht wird, im Gewächshaus zu erreichen (es wird dem CO<sub>2</sub>-Gehalt entsprechend geregelt).
2. Nutzung des CO<sub>2</sub>, das als Nebenprodukt bei der Verbrennung von Gas im Gewächshaus zu Heizzwecken entsteht.  
Hier muss der CO<sub>2</sub>-Gehalt auf einen maximal noch pflanzenverträglichen Wert begrenzt werden (es wird nach dem Wärmebedarf geregelt).

Das DVGW-Arbeitsblatt G 633 ist als technische Grundlage für den unfallfreien Betrieb von CO<sub>2</sub>-Anlagen anzusehen. Das gilt besonders bei Anlagen, die die Abgase von Heizungskesseln zur CO<sub>2</sub>-Düngung einsetzen. Im Arbeitsblatt G 633 sind die Bedingungen für Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Anreicherung in Gewächshäusern beschrieben. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Beschreibung sich lediglich auf die Einhaltung des CO<sub>2</sub>-MAK-Wertes, d.h. auf den Wert, der für den Menschen noch zuträglich ist, konzentriert und die Verträglichkeit der CO<sub>2</sub>-Menge für die Pflanzen außer Acht lässt.

Neben der Möglichkeit, die gewünschte CO<sub>2</sub>-Konzentration rechnerisch zu bestimmen, ist dem Gärtner im Allgemeinen zu raten, CO<sub>2</sub>-Messgeräte einzusetzen. Für Messgeräte spricht u.a. auch die Tatsache, dass die Luftwechselzahl (wie oft sich das Gewächshaus-Luftvolumen in einer Stunde austauscht) besonders in den gut gedämmten Gewächshäusern sehr niedrig ist. Bei Windstille sind Werte unter 0,1 keine Seltenheit. Mit etwas Wind kann dieser Wert jedoch auch 0,5 betragen. Derart sich ändernde Luftverhältnisse machen ein rechnerisches Bestimmen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes für empfindliche Kulturen unmöglich. Nur wenn das CO<sub>2</sub> als Nebenprodukt der Heizung anfällt, die Pflanzenkultur den unteren CO<sub>2</sub>-Wert gut umsetzt und die Höchstkonzentration toleriert, kann auf ein Messgerät verzichtet werden. Bei einer wirtschaftlichen Betrachtung muss noch bedacht werden, dass CO<sub>2</sub> zu Düngezwecken meist dann benötigt wird (am Tag), wenn es als Nebenprodukt der Heizung

nicht bzw. nicht ausreichend zur Verfügung steht, da der entsprechende Heizwärmebedarf häufig nicht gleichzeitig anfällt. Da immer wachstumsabhängig dosiert werden sollte, ist die Kombination von Kessel-CO<sub>2</sub>-Anlagen mit Warmwasserspeichern zu empfehlen, die die Wärme zwischenspeichern.

### **Arbeitsschutz – Unfallverhütungsvorschrift**

#### **Gewächshäuser**

In den gartenbaulichen Unfallverhütungsvorschriften zur direkten Heizung im Gewächshaus werden die CO<sub>2</sub>-Anlagen gesondert betrachtet:

#### **§ 9 Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Anreicherung**

*Der Unternehmer muss sicherstellen, dass beim Betrieb von Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Anreicherung in Gewächshäusern die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) in der Gewächshausluft nicht überschritten werden.*

*Durchführungsanweisung zu § 9 Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (achtstündige Exposition/Tag) für CO<sub>2</sub> beträgt 5.000 ppm. Auf TRGS 900, DIN 4793 „Gasbefeuerte Geräte für die CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Raumluft in Gewächshäusern“ und das Arbeitsblatt G 633 „Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Anreicherung in Gewächshäusern“ des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. wird hingewiesen.<sup>1</sup>*

Der MAK-Wert (= maximale Arbeitsplatzkonzentration) definiert eine höchstzulässige Gasmenge am Arbeitsplatz, die zu keiner Gesundheitsgefährdung führt. Für CO<sub>2</sub> ist dazu ein Grenzwert von 5.000 ppm definiert. In Gewächshäusern stellt dieser Wert tagsüber selten ein Problem dar. Wenn in den Gewächshäusern gearbeitet wird, sind die angestrebten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bei einer pflanzenorientierten Zudosierung in der Regel unter 5.000 ppm.

Das Gewächshaus kann erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Regel nur nachts im Heizbetrieb aufweisen. Zu dieser Zeit finden üblicherweise keine Arbeiten im Gewächshaus statt. Bei Gewächshäusern mit „Heizkanonen“, die auch am Tag höhere Konzentrationen als 5.000 ppm erzeugen können, ist eine CO<sub>2</sub>-geregelte Ablufteinrichtung in der Praxis üblich bzw. erforderlich. Real ist die Gefahr erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im laufenden Betrieb für die Pflanzen weitaus größer als für den Menschen.

#### **CO<sub>2</sub>-Verbrauch im Gartenbau**

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist neben der optimalen Dosierkonzentration auch der gesamte Jahresverbrauch wichtig:

**Gemüsebau: 150–200 kg CO<sub>2</sub>**

**Zierpflanzenbau: 25 kg CO<sub>2</sub>**

Für die Umrechnung der CO<sub>2</sub>-Mengen von kg in m<sup>3</sup> Erdgas bzw. kg Flüssiggas hat sich folgende Zusammenstellung als hilfreich erwiesen:

Umrechnungstabelle Bezugsgröße	techn. CO <sub>2</sub> kg	Erdgas L m <sup>3</sup>	Erdgas H m <sup>3</sup>	Propan kg	Butan kg
Brennwert H <sub>s</sub> (kW h)	–	10,16	11,48	13,98	13,75
Abgasvolumen V <sub>tr</sub> (m <sup>3</sup> )	–	8,00	8,90	10,84	10,50
CO <sub>2</sub> -Gehalt (%)	fast 100 %	11,9	12,0	13,8	14,1
CO <sub>2</sub> -Volumen V CO <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> )	0,54	0,952	1,068	1,496	1,481
CO <sub>2</sub> -Masse je Bezugsgröße (kg)	–	1,88	2,11	2,96	2,93
CO <sub>2</sub> -Masse je kW h H <sub>s</sub> (kg)	–	0,185	0,184	0,184	0,213

Tabelle 3: Basisdaten zur CO<sub>2</sub>-Produktion bei der Verbrennung verschiedener Gase, Quelle: LWK-NRW

<sup>1</sup> Quelle: VSG 2.6 Unfallverhütungsvorschrift Gewächshäuser, Sozialversicherung Gartenbau 2000

spezifisches Gewicht CO<sub>2</sub> = 1,977 kg/m<sup>3</sup>

1 kWh Erdgas ergibt 0,185 kg CO<sub>2</sub> = 0,952 m<sup>3</sup>

1m<sup>3</sup> Erdgas-L ergibt 1,88 kg CO<sub>2</sub>

1m<sup>3</sup> Erdgas-H ergibt 2,11 kg CO<sub>2</sub>

1 kWh Propan ergibt 0,212 kg CO<sub>2</sub> = 1,496 m<sup>3</sup>

1 kg Propan ergibt 2,96 kg CO<sub>2</sub>

Die CO<sub>2</sub>-Anreicherung wird in der Regel nur während der Wachstumszeit durchgeführt, d. h. wenn die anderen Wachstumsfaktoren, wie das Licht, ausreichend vorhanden sind. Bei offener Lüftung (bei Überschreiten einer eingestellten Innentemperatur) wird die künstliche CO<sub>2</sub>-Zufuhr gewöhnlich unterbrochen.

#### CO<sub>2</sub>-Quellen:

##### CO<sub>2</sub>-Generator (-„Kanone“)

CO<sub>2</sub>-Generatoren sind sowohl für Erdgas als auch für Propan geeignet. Der Installationsaufwand ist erheblich höher als bei Anlagen, die technisches CO<sub>2</sub> dosieren. Der Vorteil der CO<sub>2</sub>-Generatoren liegt jedoch im erheblich preiswerter produzierten CO<sub>2</sub>.

Die CO<sub>2</sub>-„Kanone“ ist in erster Linie ein Heizgerät und wird im Gartenbau auch mehr zum Heizen eingesetzt. Dabei fällt CO<sub>2</sub> an. Allerdings muss die CO<sub>2</sub>-Menge auf einen pflanzenverträglichen Wert begrenzt werden. Für Gemüsepflanzen sind die anfallenden hohen CO<sub>2</sub>-Mengen oft akzeptabel. Zierpflanzen reagieren kritischer. Das DVGW-Arbeitsblatt G 633 ist auf den Heizbetrieb mit diesen „Kanonen“ abgestimmt.



Abbildung 24: CO<sub>2</sub>-Generator

Die Regelung erfolgt bei derartigen CO<sub>2</sub>-Generatoren nicht nach dem CO<sub>2</sub>-Gehalt, sondern nach der Raumtemperatur. Bei niedrigen Außentemperaturen steigt der Wärmebedarf stark an. Das Gerät arbeitet somit sehr lange und reichert das Gewächshaus neben der Wärme auch mit CO<sub>2</sub> an. Für den Menschen darf ein CO<sub>2</sub>-Gehalt von

5.000 vpm (MAK-Wert) nicht überschritten werden (für Pflanzen gibt es jedoch ganz andere Verträglichkeitsgrenzen, dies gilt besonders für Zierpflanzen).

Um den MAK-Wert einzuhalten, gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Heizleistung nach DVGW-Arbeitsblatt G633 auf 10 kW je 1.000 m<sup>2</sup>-Gewächshausvolumen begrenzen. Damit werden in Gewächshäusern 5.000 vpm CO<sub>2</sub> nicht überschritten. Die Heizleistung reicht für nur ca. 4 °C Temperaturdifferenz.
2. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt wird durch kurzzeitiges Erhöhen des Luftwechsels (Lüftung oder Ventilator gesteuert über CO<sub>2</sub>-Messgerät) gesenkt. Damit kann weiter geheizt und eine größere Temperaturerhöhung erreicht werden.

Sicherlich stellen diese Möglichkeiten nur Kompromisse dar. Die Luftheizung kann jedoch als sehr wirtschaftlich bezeichnet werden. Es treten keine Abgas- und Betriebsverluste auf. Zu Zeiten ohne Kulturen in den Gewächshäusern kann die Raumtemperatur auch unter 0 °C sinken, ohne Frostschäden anzurichten.

CO<sub>2</sub>-„Kanonen“ saugen die Verbrennungsluft grundsätzlich von außen an. Damit sind Schäden durch Sauerstoffmangel stark reduziert. Andere Geräte, z. B. „Baustellenheizer“, erzeugen zu viel pflanzenunverträgliche Begleitgase und sollten nicht zur CO<sub>2</sub>-Düngung betrieben werden.

Für höhere Heiztemperaturen sind echte Luftheizgeräte mit umschaltbarer Abgasführung zu empfehlen. In diesem Fall wird die CO<sub>2</sub>-Anreicherung/Umschaltung durch ein Mess- und Regelgerät überwacht.

#### CO<sub>2</sub> aus Kesselabgasen

Abgase aus Heizkesseln, die etwa 10 % CO<sub>2</sub> enthalten, können auch für die CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Gewächshausluft genutzt werden. Allerdings ist ein besonderer messtechnischer Aufwand erforderlich, da neben der



Abbildung 25: CO<sub>2</sub>-Dosiergebläse

CO<sub>2</sub>-Messung und -Regelung auch eine CO-Überwachung erforderlich ist.

Nachteilig wirken sich die gegenüber anderen CO<sub>2</sub>-Anlagen relativ hohen Investitionen aus. Demgegenüber fällt das CO<sub>2</sub> während des Heizens an und muss deshalb nicht extra bezahlt werden. Es kommt bei derartigen Anlagen also darauf an, dass der Brenner sich nicht so häufig abschaltet, d. h., er sollte auf möglichst kleiner Brennerstufe durchgehend gefahren werden können.

Der höhere technische Installationsaufwand führt dazu, dass derartige Anlagen vor allem für größere Gärtnereien in Frage kommen.

Auch an diesen Anlagen muss die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Gewächshaus den Bedürfnissen der Pflanzen regeltechnisch angepasst werden. Solche Anlagen sollten nur durch gartenbauerfahrene Heizungsbaufirmen installiert werden.

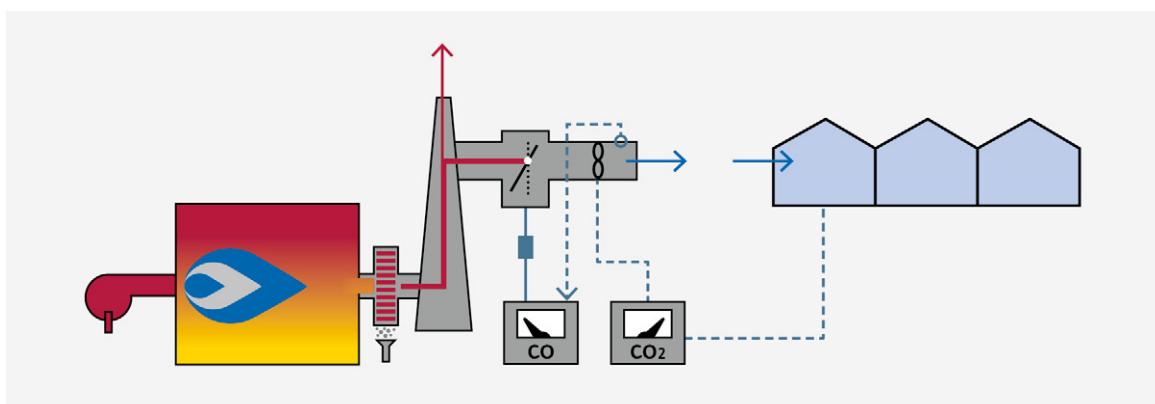


Abbildung 26: Komponenten einer Abgas-CO<sub>2</sub>-Dosieranlage

Die Abgase (mit ca. 10 % CO<sub>2</sub>) werden vor dem Schornstein durch ein zusätzliches Dosiergebläse abgesogen und mit Frischluft vermischt in die Gewächshäuser geblasen. Dazu sind Rohrverteilungssysteme (häufig PVC-Kanalrohre mit Löchern als Ausblasöffnungen versehen) installiert. Entsprechend kann eine gleichmäßige Verteilung für die gesamte Gewächshausanlage über ein CO<sub>2</sub>-Messgerät gesteuert erfolgen oder jedes Haus kann einzeln mit separater Messeinrichtung über Motorklappen geregelt werden.

Überdruckgebläsebrenner sind von der Schadstoffbelastung her kritischer als atmosphärische Brenner. Die Gebläsebrenner werden auf einen möglichst hohen feuerungstechnischen Wirkungsgrad eingestellt. Damit befinden sie sich aber auch an der Grenze einer möglichen Schadstoffproduktion. Deshalb muss der Brenner bei Abgas-CO<sub>2</sub>-Anlagen besonders genau kontrolliert werden. Dabei sind 10 ppm CO im Abgas gegenüber üblichen < 100 ppm CO einzustellen. Wenn sich diese Einstellung verändert, drohen Pflanzenschäden. Deshalb muss eine Fehleinstellung erkannt werden. Diese Kontrolle übernimmt ein CO-Messgerät.

Die Abgase werden in der Praxis nicht direkt hinter dem Kessel abgenommen, sondern erst in einem Abgaskondensator (Brennwertgerät) auf ca. 40 bis 50 °C abgekühlt. Die Wirtschaftlichkeit der Kessel-CO<sub>2</sub>-Dosierung wird durch den Einsatz von Wärmespeichern (ca. 100.000 Liter) erheblich verbessert. Dabei wird die am Tag anfallende nicht nutzbare Wärme bei der CO<sub>2</sub>-Dosierung in einen Warmwasserspeicher gepumpt und in der folgenden Nacht während des Wärmebedarfs wieder eingesetzt.



Abbildung 27: 100.000 Liter Warmwasserspeicher

### Technisches CO<sub>2</sub>

Reines CO<sub>2</sub> = „technisches CO<sub>2</sub>“ wird als Prozessgas von der Industrie in vielen Bereichen eingesetzt. Dieses CO<sub>2</sub> ist sehr rein und kann deshalb problemlos im Gartenbau benutzt werden. Der Einsatz wird oft durch die meist höheren Kosten gegenüber den anderen CO<sub>2</sub>-Quellen, z.B. aus Erdgas, begrenzt.

Technisches CO<sub>2</sub> wird für kleinere Abnahmemengen in 33-kg-Stahlflaschen oder Flaschenbündeln geliefert. Im Normalfall werden jedoch Hochdrucktanks zum Einsatz kommen.

Die Verteilung des CO<sub>2</sub> in den Gewächshäusern gestaltet sich bei weitem einfacher als bei den anderen CO<sub>2</sub>-Quellen. Über Druckregelventile und einfache  $\frac{1}{2}$ -Zoll- bis  $\frac{1}{8}$ -Zoll-PE-Schläuche kann das CO<sub>2</sub> in die Gewächshäuser geleitet werden. Einige wenige Ausblasstellen (auf 1.000 m<sup>2</sup> ca. 4 – 6) können bereits eine gleichmäßige Verteilung sicherstellen.

Erdgas genießt im Gartenbau ein sehr positives Image, weil damit eine sehr unkomplizierte Betriebsweise und zusätzliche, pflanzenbauliche Vorteile durch die CO<sub>2</sub>-Düngung möglich werden. Es liegen viele gärtnerische Untersuchungsberichte vor, die in Zusammenarbeit der Erdgaswirtschaft und Gartenbauforschungseinrichtungen erstellt wurden. Über Informationsportale wie „Hortigate“ sind diese Daten verfügbar. Aber auch die folgende Übersicht der Gartenbau-Experten sowie Verbände und Institute bietet die Möglichkeit, mit den Fachleuten aus Beratung und Forschung direkt in Verbindung zu treten. Eine zentrale Koordinationsstelle stellt dabei auch das Ktbl Darmstadt ([www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)) dar.

Anhang 1 Normen, Vorschriften, Regeln und Richtlinien (Auswahl)

**DVGW CO<sub>2</sub>-Generatoren Kanonen**

DVGW-Arbeitsblatt G 633 Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Anreicherung in Gewächshäusern; Installation und Betrieb

Diese technischen Regeln gelten für die Aufstellung von CO<sub>2</sub>-Generatoren nach DIN 4793, die mit Gasen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 betrieben werden und zur Anreicherung der Raumluft in Gewächshäusern dienen.

**CO<sub>2</sub>-Anreicherung in Gewächshausanlagen**

KTBL-Schrift 440  
KTBL-Verlag, ISBN 978-3-939371-04-5

In diesem Arbeitsblatt sind die verschiedenen Gewächshaus-Direktheizgeräte ausführlich und praxisgerecht beschrieben.

**Niedrigenergiegewächshäuser,  
Ergebnisse des ZINEG-Verbundprojektes**  
KTBL-Schrift 509, 2015, ISBN 978-3-945088-14-2

**Kennzahlen Gartenbau**

Gartenbau – Produktionsverfahren planen und kalkulieren  
KTBL-Verlag, ISBN 978-3-939371-79-3

**KTBL-Blätter „Fachinformation Gartenbau“**  
[www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)

## Anhang 2 Gartenbau-Experten/Verbände/Institute

Der BDEW benennt eine Reihe von Experten zum Thema Gartenbau. Die Aufzählung ist weder vollständig, noch wurde eine Prüfung im Hinblick auf Qualität, Expertise etc. vorgenommen. Zugrunde liegende Daten können sich zwischenzeitlich geändert haben, so dass bereitgestellte Informationen nicht notwendigerweise stets aktuell, richtig und vollständig sind. Die Auflistung ist deshalb auch nicht als Empfehlung zu verstehen, sondern soll lediglich eine erste Orientierung erleichtern. Der BDEW behält sich das Recht vor, die angebotenen Informationen zu allen Zeiten ohne vorherige Ankündigung abändern zu können.

### **Prof. Dr. sc. techn. Uwe Schmidt**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Lebenswissenschaftliche Fakultät  
Albrecht Daniel Thaer-Institut für  
Agrar- und Gartenbauwissenschaften  
Fachgebiet Biosystemtechnik Institutedirektor  
Fachgebietsleiter  
Albrecht-Thaer-Weg 3  
14195 Berlin  
T: 030 2093 464-10  
M: 0160 789 37 27

### **Dr. Ingo Schuch**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Lebenswissenschaftliche Fakultät  
Fachgebiet Biosystemtechnik  
Albrecht-Thaer-Weg 3  
14195 Berlin  
[ingo.schuch@agrar.hu-berlin.de](mailto:ingo.schuch@agrar.hu-berlin.de)  
T: 030 2093 464-16  
F: 030 2093 464-15  
[www.ingo-schuch.eu](http://www.ingo-schuch.eu)

### **Fritz Sollmann**

Landwirtschaftskammer Hamburg  
Brennerhof 121-123  
22113 Hamburg  
[fritz-s.sollmann@lwk-hamburg.de](mailto:fritz-s.sollmann@lwk-hamburg.de)  
T: 040 781291-53  
F: 040 781291-59

### **Thomas Daniel**

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein  
Gartenbau  
Thiensen 16  
25373 Ellerhoop  
[tdaniel@lksh.de](mailto:tdaniel@lksh.de)  
T: 04120 70 68-136  
F: 04120 70 68-146

### **Dr.-Ing. Burkhard von Elsner**

Sachverständiger für Gartenbautechnik  
Stünkelstraße 5  
30419 Hannover  
[b.von.elsner@sv-gartenbautechnik.de](mailto:b.von.elsner@sv-gartenbautechnik.de)  
T: 0511 655804-04  
F: 03212 6746-573  
M: 01578 17 71 525  
[www.sv-gartenbautechnik.de](http://www.sv-gartenbautechnik.de)

### **Erich Klug**

Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Berater Gemüsebau, Beratung im Gartenbau  
Heisterbergallee 12  
30453 Hannover  
[erich.klug@lwk-niedersachsen.de](mailto:erich.klug@lwk-niedersachsen.de)  
T: 0511 4005-2304  
F: 0511 4005-2304  
M: 0152 5478 2183

### **INDEGA**

Interessenvertretung der deutschen Industrie für den  
Gartenbau e.V.  
Konrad-Beste-Straße 11  
38176 Wendeburg  
[info@indega.de](mailto:info@indega.de)  
T: 05303 9907-911  
F: 05303 9703-749  
[www.indega.de](http://www.indega.de)

## Anhang 2 Gartenbau-Experten/Vereinigungen/Institute (Fortsetzung)

**Björn Wenzel**

Beratung Gemüsebau: Kulturpilze, Champignon, Technik, Energie  
 Versuchszentrum Gartenbau Straelen/Köln-Auweiler  
 Hans-Tenhaeff-Straße 40/42  
 47638 Straelen  
 bjoern.wenzel@lwk.nrw.de  
 T: 02834 704-156  
 www.landwirtschaftskammer.de

**Gabriele Hack**

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
 Fachbereich Gartenbau  
 Technik, Zierpflanzenbau  
 Gartenstraße 11  
 50765 Köln-Auweiler  
 gabriele.hack@lwk.nrw.de  
 T: 0221 5340-557  
 M: 0160 96958886

**Matthias Schlüpen**

Beratung Technik  
 Versuchszentrum Gartenbau Straelen/Köln-Auweiler  
 Hans-Tenhaeff-Straße 40/42  
 47638 Straelen  
 matthias.schluopen@lwk.nrw.de  
 T: 02834 704-186

**Jörg Simon**

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH)  
 Homburger Straße 17  
 61169 Friedberg  
 joerg.simon@llh.hessen.de  
 T: 06031 83-0  
 T: 06031 8373-03

**Norbert Belker**

Beratung Technik  
 Bildungszentrum Gartenbau und Landwirtschaft  
 Münster-Wolbeck  
 Münsterstraße 62/68  
 48167 Münster-Wolbeck  
 norbert.belker@lwk.nrw.de  
 T: 02506 309-613

**KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.**

Till Belau + Christian Reinhold  
 Bartningstraße 49  
 64289 Darmstadt  
 t.belau@ktbl.de  
 c.reinhold@ktbl.de  
 T: 06151 7001-0  
 www.ktbl.de

**Christopher Straeter**

WeGa – Kompetenznetz Gartenbau e. V.  
 c/o Hochschule Osnabrück, Standort Haste  
 Oldenburger Landstraße 24  
 49090 Osnabrück  
 christopher.straeter@wega-ev.net  
 T: 0541 969-5366  
 M: 0176 45931471  
 www.wega-ev.net

**Alexander von Kürten**

Gartenbau-Versicherung VVaG  
 Von-Frerichs-Straße 8  
 65191 Wiesbaden  
 avkuerten@gevau.de  
 T: 0611 5694-0  
 T: 0611 5694-236  
 F: 0611 5694-140  
 www.hortisecur.de

**Dr.-Ing. Lutz Damerow**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn  
 Institut für Landtechnik  
 Nußallee 5  
 53115 Bonn  
 damerow@uni-bonn.de  
 T: 0228 7323-93

**Christian Senft**

Gartenbau-Versicherung VVaG  
 Von-Frerichs-Straße 8  
 65191 Wiesbaden  
 csenft@gevau.de  
 T: 0611 5694-204  
 F: 0611 5694-141  
 www.gevau.de

## Anhang 2 Gartenbau-Experten/Verbände/Institute (Fortsetzung)

**Prof. Dr. Jana Zinkernagel**

Hochschule Geisenheim University  
 Institut für Gemüsebau  
 Von-Lade-Straße 1  
 65366 Geisenheim  
 jana.zinkernagel@hs-gm.de  
 T: 06722 502-511

**Michael Pippert**

Dienstleistungszentrum Ländl. Raum (DLR) Rheinpfalz  
 Breitenweg 71  
 67435 Neustadt an der Weinstraße  
 michael.pippert@dlr.rlp.de  
 T: 06321 671-218

**Dr. Thorsten Bornwaßer**

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau  
 Heidelberg (LVG)  
 Diebsweg 2  
 69123 Heidelberg  
 thorsten.bornwasser@lvg.bwl.de  
 T: 06221 7484-18  
 F: 06221 7484-13  
 www.lvg-heidelberg.de

**Thomas Esposito**

Landratsamt Ludwigsburg  
 Auf dem Wasen 9  
 71640 Ludwigsburg  
 thomas.esposito@landkreis-ludwigsburg.de  
 T: 07141 8746-0  
 T: 07141 144-4933  
 F: 07141 144-9927

**Ralf Ludewig**

Landratsamt Tübingen  
 Wilhelm-Keil-Straße 50  
 72072 Tübingen  
 r.ludewig@kreis-tuebingen.de  
 T: 07071 207-0  
 T: 07071 207-4032  
 F: 07071 207-94032

**Katja Wenkert**

Landratsamt Karlsruhe  
 Dezernat V Landwirtschaftsamt, Abteilung  
 Sonderkulturen  
 Technik im Gartenbau, IuK-Beauftragte  
 Landwirtschaftsamt  
 Beiertheimer Allee 2  
 76137 Karlsruhe  
 katja.wenkert@landratsamt-karlsruhe.de  
 T: 0721 936-88620  
 F: 0721 936-88621  
 www.karlsruhe.landwirtschaft-bw.de

**Peter Berwanger**

Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald  
 Europaplatz 3  
 79206 Breisach  
 peter.berwanger@lkbh.de  
 T: 0761 2187-5835  
 F: 0761 2187-775835

**Petra Scherbauer**

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
 Landshut  
 Gartenbauzentrum Bayern Süd-Ost  
 Am Lurzenhof 3  
 84036 Landshut  
 T: 0871 975189-555  
 F: 0871 975189-599  
 www.aelf-la.bayern.de

**Prof. Dr. Heike Mempel**

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf  
 Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie  
 Technik im Gartenbau  
 Am Staudengarten 10  
 85350 Freising  
 heike.mempel@hswt.de  
 T: + 08161 71-5853  
 F: + 08161 71-4417  
 www.hswt.de

**Anhang 2 Gartenbau-Experten/Verbände/Institute (Fortsetzung)****Dietmar Prucker**

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf  
Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie  
Am Staudengarten 10  
85350 Freising  
dietmar.prucker@hsbt.de  
T: 08161 71-5595  
F: 08161 71-4417  
[www.hsb.tum.de](http://www.hsb.tum.de)

**Stefan Kirchner**

Gartenbauzentrum Bayern Nord  
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Kitzingen  
Mainbernheimer Straße 103  
97318 Kitzingen  
[stefan.kirchner@aelf-kt.bayern.de](mailto:stefan.kirchner@aelf-kt.bayern.de)  
T: 09321 3009-184  
F: 09321 3009-135  
M: 0173 8637485  
[www.aelf-kt.bayern.de](http://www.aelf-kt.bayern.de)

**Markus Konrad**

Amt für Landwirtschaft und Forsten  
Johann-Niggli-Straße 7  
86316 Friedberg  
[markus.konrad@aelf-au.bayern.de](mailto:markus.konrad@aelf-au.bayern.de)  
T: 0821 26091-135  
F: 0821 26091-444

**Prof. Dr. Henning Bredenbeck**

Fachhochschule Erfurt  
Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst  
Leipziger Straße 77  
99085 Erfurt  
[bredenbeck@fh-erfurt.de](mailto:bredenbeck@fh-erfurt.de)  
T: 0361 6700-227  
F: 0361 6700-269

**Corina Ringel**

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürth  
Gartenbauzentrum Bayern Mitte -Technik-  
Jahnstraße 7  
90763 Fürth  
[corina.ringel@aelf-fu.bayern.de](mailto:corina.ringel@aelf-fu.bayern.de)  
T: 0911 99715-411  
F: 0911 99715-444

### Anhang 3 Literatur- und Bezugsquellen

#### Literatur

Belker, Brockmann, Domke, Hack, Krusche, Lange, Sennekamp, Viehweg:  
Rationelle Energienutzung im Gartenbau/Branchen Energiekonzept Gartenbau,  
Verlag Vieweg, ISBN 3-528-03189-1, 2002

Domke, Labowsky, Ludewig, Ludolph, Schockert, Sennekamp:  
Heizkosteneinsparung im Unterglasgartenbau,  
AID ISBN 978-3-8308-0701-8, 2007

Domke, Cremer  
AEL-Merkblatt Nr. 35/2003 Elektroenergiebedarf im Gartenbau

Tantau:  
Gewächshausheizungen,  
Ulmer-Verlag

von Zabeltiz:  
Gewächshäuser,  
Ulmer-Verlag

#### Fachpresse Gartenbau

[www.taspo.de](http://www.taspo.de)  
[www.gb-profi.de](http://www.gb-profi.de)  
[www.ulmer.de](http://www.ulmer.de)  
[www.obstbau.org](http://www.obstbau.org)

#### Internetseiten zum Gartenbau

<a href="http://www.gewerbegas.info">www.gewerbegas.info</a>	Erdgas und Erdgas-Technologien im Gewerbe
<a href="http://www.gewerbegas.info/erdgas-im-gewerbe/gartenbau/energiiekalkulator">www.gewerbegas.info/ erdgas-im-gewerbe/ gartenbau/energiiekalkulator</a>	Energiiekalkulator

#### Gartenbauverbände

<a href="http://www.hortigate.de">www.hortigate.de</a>	Das Informationsnetzwerk Gartenbau
<a href="http://www.g-net.de">www.g-net.de</a>	Zentralverband Gartenbau e.V.
<a href="http://www.aid.de">www.aid.de</a>	Informationen über Landwirtschaft, Lebensmittel, Ernährung
<a href="http://www.provinzialverband.de">www.provinzialverband.de</a>	Provinzialverband Rheinischer Obst- und Gemüsebauer e.V.
<a href="http://www.zmp.de">www.zmp.de</a>	Zentrale Markt- und Preisinformationen GmbH
<a href="http://www.ktbl.de">www.ktbl.de</a>	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

### Anhang 3 Literatur- und Bezugsquellen (Fortsetzung)

#### **Landwirtschaftskammern, Forschung, Universitäten, Projekte**

<a href="http://www.landwirtschaftskammer.de">www.landwirtschaftskammer.de</a>	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen/Gartenbauzentrum
<a href="http://www.zbg.uni-hannover.de">www.zbg.uni-hannover.de</a>	Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V.
<a href="http://www.ZINEG.NET">www.ZINEG.NET</a>	Zukunftsinitiative Niedrig-Energie-Gewächshaus
<a href="http://www.igps.uni-hannover.de">www.igps.uni-hannover.de</a>	Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme (IGPS)
<a href="http://www.energieverbraucher.de">www.energieverbraucher.de</a>	Bund der Energieverbraucher
<a href="http://www.klimaregelcomputer.de">www.klimaregelcomputer.de</a>	Klimaregelcomputer im Gewächshaus
<a href="http://www.bmjv.de">www.bmjv.de</a>	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
<a href="http://www.beruf-gaertner.de">www.beruf-gaertner.de</a>	Informationen zum Ausbildungsberuf „Gärtnerin/Gärtner“
<a href="http://www.fnr.de">www.fnr.de</a>	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
<a href="http://www.bine.info">www.bine.info</a>	Informationsdienst über die Energieforschung für die Praxis
<a href="http://www.5amtag.de">www.5amtag.de</a>	„5 am Tag“ – Engagement für den Verzehr von Obst und Gemüse
<a href="http://www.hortex.ulmer.de">www.hortex.ulmer.de</a>	Energieverbrauchsberechnung für Gewächshäuser

#### **Infoseiten**

<a href="http://www.indega.de">www.indega.de</a>	Unternehmerverbund von Anbietern von Produkten, Pflanzen und Dienstleistungen für den Gartenbau
<a href="http://www.gabot.de">www.gabot.de</a>	Branchen-News und Gartenbau-Branchenbuch
<a href="http://www.landgard.de">www.landgard.de</a>	Erzeugergenossenschaft für Blumen, Pflanzen, Obst und Gemüse
<a href="http://www.gartentechnik.de">www.gartentechnik.de</a>	Garten, Pflanzen, Technik, Termin/Ratgeber und Tipps

## Anhang 4 Checkliste Energieeinsatz im Gartenbau

### Checkliste Energieeinsatz im Gartenbau

Oft sind es nicht die großen Maßnahmen, die eine Einsparung ermöglichen, sondern schon das selbstkritische Beobachten des Betriebes mit einer einfachen Checkliste.

Die Positionen sind zu prüfen und in der jeweiligen Spalte „Handlungsbedarf“ oder kein „kein Handlungsbedarf“ anzukreuzen.

Die letzte Spalte zeigt das mögliche Einsparpotential an, wenn Handlungsbedarf erkannt wird.

Hinweis: Das Einsparpotenzial kann von Fall zu Fall variieren.

	kein Handlungsbedarf	Handlungsbedarf	mögliche Einsparpotenzial, wenn Handlungsbedarf
<b>Gewächshaushüllle</b>			
Sprossen	abgedichtet	Kältebrücken	
Stehwände/Giebel	mit Folie gedämmt	keine Dämmung	
<b>Fundamente</b>			
Wärmedämmung	isoliert	unisoliert	
<b>Verglasung/Bedachung</b>			
Scheiben	in Ordnung	verrutscht/defekt	
Scheiben	sauber	verschmutzt	
Stehwandverglasung	z. Scheibe = isoliert	einschalig unisoliert	
Stehwand Noppenfolie	Noppenfolie isoliert	keine Noppenfolie	
Verkitzung	dicht	undicht	
Klemmprofile	vorhanden	nicht vorhanden	
<b>Lüftungen</b>			
Klappen schließen	vollständig dicht	unvollständig undicht	
Zugseile/Zahnstangen	in Ordnung	defekt	
<b>Rinnen</b>			
Rinnen gedämmt	gedämmt	ungedämmt	
<b>Türen/Tore</b>			
schließen	vollständig/dicht	unvollständig	
<b>Energieschirm/Schattierung</b>			
vorhanden	vorhanden	nicht vorhanden	
schließen	dicht	undicht	
am Zugband	dicht	undicht	
am Gitterbinder	dicht	undicht	
Schürzen dichten ab	dicht	undicht	
Material am Giebel	dicht	undicht	
Material	nicht beschädigt	beschädigt	
Materialart	hohe Energiesparwirkung	geringe Energiesparwirkung	
<b>Heizungsanlage</b>			
Kesselfisolierung	vollständig	unvollständig	
Kesselfisolierung	> 10 cm dick	< 5 cm	
Wartung/Inspektion	durchgeführt	nicht durchgeführt	
Rauchgaszüge	gereinigt	ungereinigt	
Kesseltemperatur	an Bedarf angepasst	nicht angepasst	
Kesselbeimischpumpe	nur bei Bedarf	Dauerlauf	
Abgaskondensator Gas	vorhanden	nicht vorhanden	
Wirkungsgrad Kondensator	viel Kondensat	wenig Kondensat	
Abgasnutzung CO <sub>2</sub>	ja	nein	
<b>CO<sub>2</sub>-Kanone</b>			
Wartung/Inspektion	durchgeführt	nicht durchgeführt	
<b>Verteiler und Rohrsystem</b>			
Handmischer	beweglich	sitzen fest	
Pumpentyp	Trockenläufer	Nassläufer	
Vorregelung Ringleitung	vorhanden	nicht vorhanden	
Isolierung Verteiler Ringleitung	in Ordnung	defekt/nicht vorhanden	
<b>Wärmeverteilung</b>			
Anordnung Heizungssystem	pflanzennah	hohe Rohrheizung	
Ventilator	vorhanden	nicht vorhanden	
Rohrtyp	geringer Wasserinhalt	hoher Wasserinhalt	
<b>Umstellung auf andere Energieträger</b>			
Möglichkeit	geprüft	nicht geprüft	
<b>Mess-Regeltechnik</b>			
Regelgeräte	aktuell	veraltet	
Wartung/Inspektion	durchgeführt	nicht durchgeführt	
Anordnung	pflanzennah	falsche Platzierung	
<b>Klimacomputer</b>			
Wetterstation-Kontrolle	durchgeführt	nicht durchgeführt	
Soll-/Istwertprüfung	durchgeführt	nicht durchgeführt	
Einstellung frühes Ablüften	eingestellt	nicht eingestellt	
EN-Schirm später öffnen	eingestellt	nicht eingestellt	
EN-Schirm früher schließen	eingestellt	nicht eingestellt	
keine Bewässerung nachts	eingestellt	nicht eingestellt	
dynamische Regelstrategie	eingestellt	nicht eingestellt	

## Anhang 5 Ortskorrekturfaktoren

**Tabelle Ortskorrekturfaktoren**

zur Berücksichtigung meteorologischer Bedingungen unterschiedlicher Standorte (Hannover = 1,0)

<b>Ort</b>	<b>Faktor</b>	<b>Ort</b>	<b>Faktor</b>
Aachen	0,92	Gießen	0,98
Alzey	0,96	Gilsberg	1,10
Augsburg	1,05	Göttingen	1,01
Aulendorf	1,10	Gschwend	1,09
Baden-Baden	0,92	Gütersloh	0,95
Badenweiler	0,93	Hamburg-Fuhlsbüttel	1,01
Bamberg	1,04	Hamburg-Wandsbek	0,98
Bayreuth	1,08	Hameln	0,97
Bensheim-Auerbach	0,89	Hannover-Flughafen	1,00
Berchtesgaden	1,13	Heidelberg	0,85
Bergzabern	0,92	Heidenheim	1,11
Berlin-Dahlem	1,01	Herchenhain	1,16
Berlin-Tempelhof	0,98	Herford	0,95
Bernkastel-Kues	0,90	Herrenalb, Bad	1,05
Birkenfeld	1,08	Hersfeld, Bad	1,04
Blankenrath	1,04	Hilgenroth	1,00
Bonn-Friesdorf	0,88	Hof, Hohens.	1,20
Borkum	0,95	Hüll	1,11
Braunschweig	1,00	Husum	1,04
Bremen-Flughafen	0,98	Iserlohn	0,97
Bremerhaven	0,98	Isny	1,17
Brilon	1,09	Kaiserslautern	0,89
Buchen	1,07	Karlshuld	1,10
Burghaslach	1,06	Karlsruhe	0,90
Clausthal	1,18	Kassel	0,98
Coburg	1,06	Kiel	1,01
Cuxhaven	0,98	Kirchheim/Teck	1,01
Darmstadt	0,96	Kissingen, Bad	1,03
Dillenburg	1,02	Kleve	0,90
Dortmund	0,92	Klippenbeck	1,18
Düsseldorf	0,87	Koblenz	0,85
Duisburg	0,84	Köln	0,85
Elsdorf	0,91	Kohlgrub, Bad	1,14
Emden	0,99	Kreuznach, Bad	0,94
Ems, Bad	0,92	Lingen/Ems	0,95
Erlangen	1,03	List auf Sylt	1,01
Essen	0,92	Lübeck	1,01
Flensburg	1,07	Lüdenscheid	1,05
Frankfurt/M. (Flughafen)	0,95	Mainz	0,89
Frankfurt/M. (Stadt)	0,90	Mannheim	0,90
Freiburg i. Br.	0,87	Mittelberg	1,15
Freudenstadt	1,15	Mittenwald	1,15
Friedrichshafen	0,98	Mühldorf	1,08
Garmisch-Partenkirchen	1,12	München-Riem	1,07
Geisenheim	0,91	Münsingen	1,17
Gelnhausen	0,94	Münster	0,94

## Anhang 5 Ortskorrekturfaktoren (Fortsetzung)

**Tabelle Ortskorrekturfaktoren**

zur Berücksichtigung meteorologischer Bedingungen unterschiedlicher Standorte (Hannover = 1,0)

<b>Ort</b>	<b>Faktor</b>
Nauheim, Bad	0,97
Neumünster	1,03
Neustadt/Weinstraße	0,90
Neuwied–Oberbieber	0,96
Nördlingen	1,07
Norderney	0,96
Nürburg	1,14
Nürnberg–Buchenb.	1,04
Oberaudorf am Inn	1,11
Oberstdorf	1,21
Öhringen	0,98
Oldenburg	0,98
Passau	1,08
Pforzheim	1,00
Pirmasens	0,99
Pommelsbrunn	1,08
Ravensburg	1,03
Regensburg	1,08
Rosenheim	1,06
Rothenburg o. d. T.	1,06
Saarbrücken–Ensheim	0,97
Saarbrücken–St. Arnual	0,92
Salzuflen, Bad	0,96
St. Blasien	1,21
St. Peter	1,02
Schleswig	1,05
Stuttgart (Stadt)	0,91
Travemünde	1,03
Trier (Stadt)	0,91
Trochtelfingen	1,22
Trostberg	1,07
Tübingen	1,01
Ulm	1,07
Villingen	1,16
Weiden	1,12
Weihenstephan	1,10
Weilburg	1,00
Wertheim	0,98
Wiesbaden	0,93
Wildbad–Sommerberg	1,10
Witzenhausen	1,01
Worms	0,89
Würzburg	0,99
Wuppertal	0,95

**Herausgeber**

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.  
Reinhardtstraße 32  
10117 Berlin

Telefon +49 30 300199-0  
Telefax +49 30 300199-3900  
E-Mail [info@bdew.de](mailto:info@bdew.de)  
[www.bdew.de](http://www.bdew.de)

**Ansprechpartner BDEW**

Geschäftsbereich Vertrieb, Handel und gaspezifische Fragen  
Livia Beier  
E-Mail [livia.beier@bdew.de](mailto:livia.beier@bdew.de)

**Redaktion**

Dipl.-Ing. Otto Domke, Hoyerhagen  
E-Mail [gartenbautechnik@otto-domke.de](mailto:gartenbautechnik@otto-domke.de)

**Bildnachweis**

Dipl.-Ing. Otto Domke

**Layout und Satz**

EKS – DIE AGENTUR  
Energie Kommunikation Services GmbH  
[www.eks-agentur.de](http://www.eks-agentur.de)

Stand: März 2017  
teilweise aktualisiert Juni 2018

**Haftungsausschluss**

Die vorliegende Broschüre wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.  
Sie dient zur Information, erhebt jedoch nicht den Anspruch, fehlerfrei zu sein.  
Daher sind Haftungs- und Regressansprüche – soweit gesetzlich zulässig –  
ausgeschlossen.  
Auch kann eine Vollständigkeit der angegebenen Kontaktadressen und  
Internet-Links nicht gewährt werden.  
Bei Anmerkungen oder erforderlichen Änderungen nehmen Sie bitte Kontakt zu  
uns auf.

