

Holzenergie im Treibhaus

Damit der Bedarf an einheimischem Gemüse auch im Winterhalbjahr gedeckt werden kann, ist es nötig, in beheizten Gewächshäusern zu produzieren. Das ist jedoch wegen des grossen Energiebedarfs aus wirtschaftlichen und ökologischen Überlegungen nicht unproblematisch. Die CO₂-neutrale Beheizung mittels Holzfeuerung könnte eine ökologisch vorteilhafte Alternative sein.

VON SILVIO BORELLA

Die Aufgabe eines Gewächshauses ist es, ein optimales Wachstumsklima zu garantieren. Dies geschieht zum Teil dank dem bekannten Treibhauseffekt: Die kurzwellige Sonnenstrahlung erreicht die Pflanzen und den Boden durch die Glashülle des Gewächshauses. Die langwellige Abstrahlung der Pflanzen und des Bodens bleibt aber im Gewächshaus gefangen. Bei sonnigem Wetter übertrifft dadurch die innere Temperatur die äussere.

Bei bedecktem Himmel oder in der Nacht fehlt aber die Sonnenstrahlung. Da die Gewächshaushülle eine schlechte Wärmedämmung und eine geringe Wärmekapazität hat, sinkt die innere Temperatur nachts und bei bedecktem Himmel schnell ab.

Um das ganze Jahr betrieben werden zu können, müssen somit Gewächshäuser zum Teil intensiv beheizt werden. Damit sich der grosse Energieaufwand lohnt, ist es wichtig, optimale Wachstumsbedingungen für die Pflanzen zu schaffen. Insbesondere die Nährstoffgehalte des Bodens respektive des Pflanzsubstrats bei Hors-sol-Produktion sind wesentliche Parameter. Aber auch die CO₂-Konzentration in der Luft kann vor allem in geschlossenen Gewächshäusern schnell zum wachstumslimitierenden Faktor werden.

Da eine Heizung CO₂ freisetzt liegt es nahe, dieses Kohlendioxid für die gewünschte CO₂-Düngung zu

Eine Holzheizung ist eine interessante Alternative zur Beheizung von Gewächshäusern.

verwenden. Dies wird schon viel mit Gas-Heizungen so gemacht. Ein weiterer Schritt wäre, dasselbe mit einer CO₂-neutralen Energiequelle (Holz, Bio-Abfälle usw.) zu realisieren. Zumindest bei der Produktion von Bio-Gemüse sollte aus rein moralischen Gründen mit ökologisch korrekten Energieträgern gearbeitet werden.

Machbarkeitsstudie

Die AEK Energie AG beliefert schon seit Jahren Gebäude mit Heizenergie aus Holzpellets. Die Idee lag somit nahe, auch Gewächshäuser mit Holzenergie zu beheizen und mit dem emittierten CO₂ die Pflanzen zu düngen. Bevor eine gute Idee umgesetzt werden kann, muss sie aber einerseits technisch machbar, andererseits finanziell tragbar und konkurrenzfähig im Vergleich zu den aktuell am meisten angewandten Lösungen sein (Heizölheizung, Gas-Heizung mit gekoppelter CO₂-Gewinnung für die Düngung oder Gas-Heizung mit CO₂-Düngung aus Gasflaschen oder Tank).

Neosys AG erhielt den Auftrag, die technische und ökonomische Machbarkeit einer Holzheizung mit allfälliger gekoppelter CO₂-Düngung zu überprüfen.

Gewächshaus-Heizung

Die für das Wachstum optimale Temperatur hängt vor allem von der Pflanzenart und von der Tageszeit (Tag / Nacht) ab. Die Solltemperatur in einem Gewächshaus variiert zwi-



schen 5 °C bei Nüsslisalat und ≥ 20 °C bei Tomaten oder sogar noch mehr bei Orchideen (siehe Tabelle 1).

PFLANZEN-ARTEN	SOLL-TEMPERATUR TAG [°C]	SOLL-TEMPERATUR NACHT [°C]
Salat, Nüssli	5 °C	5 °C
Gurken	≥ 14 °C	≥ 10 °C
Cherry-Tomaten	≥ 16 °C	≥ 13 °C
Grosse Tomaten	≥ 20 °C	≥ 18 °C

Tabelle 1: Solltemperatur für einige Pflanzenarten [Ref. 1].

Die Solltemperatur, aber auch die Frage, ob der Betrieb im Winter stillgelegt wird, beeinflussen den spezifischen jährlichen Energiebedarf.

Der typische Energiebedarf eines Gewächshauses in der Schweiz liegt zwischen 1500 und 4000 Megawattstunden (MWh) pro Jahr und Hektare. Für Orchideen liegt er sogar bei 5500 MWh. Bei typischen (Frühling 2008) Wärmeenergiepreisen von 10 Rappen pro kWh (Heizöl) ergeben sich Heizkosten von 150000 bis 400000 Franken pro Jahr und Hektare. Umgerechnet auf die Tomatenproduktion ergibt sich eine Grössenordnung von 1 Franken pro Kilogramm Tomate (Jahresdurchschnitt) für die Heizenergie.

CO₂-Düngung

Die für das Wachstum optimale CO₂-Konzentration liegt – je nach

Silvio Borella

Dr. phil. nat. Klimaphysiker, Projektleiter
Technik-Umwelt, Neosys AG.



Pflanzenart – zwischen 500 und 2000 Parts per Million (ppmv). Das ist um ein Vielfaches höher als die atmosphärische Konzentration (380 ppmv). Da zudem die CO₂-Konzentration in einem geschlossenen Gewächshaus wegen der photosynthetischen Aufnahme der Pflanzen unter den Aussenwert sinkt, macht es Sinn, die Gewächshausluft mit CO₂ künstlich anzureichern. Nachgewiesene quantitative Effekte einer CO₂-Düngung liegen bei 20 bis 30 Prozent Mehrertrag.

Bisher werden zwei Systeme für die CO₂-Düngung eingesetzt:

- ☞ Technisches CO₂ (Druckflaschen, Tanks oder Pipeline)
- ☞ CO₂ aus Gasverbrennung an Ort

Das technische CO₂ kostet in der Schweiz (Tank) rund 30 Rappen pro kg. Die Kosten des CO₂ aus der Gasverbrennung lassen sich aus dem Gaspreis und dem CO₂-Ausstoss pro Kubikmeter verbranntes Gas berechnen. Falls die Abgase der Gasheizung benutzt werden, ist das CO₂ ein kostenloses Beiprodukt. Bei Gasverbrennung ausserhalb der Heizperiode kostet es (Gaspreise 2008) etwa 40 Rappen pro kg CO₂. Die CO₂-Kosten betragen typischerweise, je nach System, grob zwischen 20000 und 40000 Franken pro Hektare und Jahr (für 120 bis 180 kg CO₂). Umgerechnet ergibt das eine Grössenordnung von 10 Rappen pro kg Tomaten.

Zusätzlich zum CO₂-Preis muss noch mit Investitionen für die Dosierungsanlage und anderen erforderlichen

Installationen gerechnet werden. Bei einer CO₂-Produktion aus der Gasheizung muss noch ein Wärmespeicher eingesetzt werden, weil der Wärmebedarf (vor allem nachts) und der CO₂-Bedarf (tags) nicht zusammenfallen.

Pellets günstiger als Heizöl

Hinsichtlich der Klimaproblematik und der steigenden Gas- und Heizölpreise wird der Einsatz von Holzheizungen immer aktueller. Da Gewächshäuser energieintensiv sind, trifft diese Aussage besonders auch in diesem Bereich zu.

Bei einer Holzpelletsheizung kostet die Heizenergie etwa 7 Rappen pro kWh. Im Vergleich zum Heizöl werden mit einer Holzpelletsheizung somit 45000 bis 120000 Franken Heizenergiekosten pro Jahr und Hektare Gewächshaus gespart.

Beim Vergleich zwischen einer Holzheizung und einer Heizöl- oder Gasheizung müssen wichtige Punkte berücksichtigt werden:

- ☞ Die Unterhaltskosten sind bei einer Holzheizung höher.
- ☞ Holzheizungen sind pannenanfälliger und kein Gewächshausbetreiber kann das Risiko eingehen, seine ganze Ernte wegen eines Heizungsausfalls zu verlieren. Deshalb ist ein redundantes System nötig, was die Investitionskosten stark erhöht.
- ☞ Da eine Holzheizung weniger flexibel in der Leistungsregulierung ist und der Leistungsbedarf eines Gewächshauses sehr stark und schnell variiert, ist ein grosser Wärmespeicher nötig. Dies erhöht die Investitionskosten weiter.
- ☞ Eine Holzheizung benötigt neu einen Feinstaubabscheider. Auch dies erhöht die Investitionskosten.

Unter Betrachtung der Investitions-, Unterhalts- und Energiepreise ist heutzutage eine Holzpelletsheizung für ein Gewächshaus billiger als eine Heizölheizung, aber teurer als eine Gasheizung. Falls der Gaspreis weiter ansteigt, wird sich die Situation zugunsten von Holzpellets ändern.

Auch bei einem Gewächshaus mit CO₂-Düngung ist immer noch Gas die billigste Variante. Holz produziert mehr CO₂ pro kWh, was einen Düngevorteil ergibt. Auf der anderen Seite muss berücksichtigt werden, dass es im Moment kein kommerzielles System gibt, das es erlaubt, eine CO₂-Begasung aus einer Holzheizung zu betreiben. Aus der gemachten Studie geht aber hervor, dass dies machbar sein sollte: Einerseits hat ein Versuch in Kanada [Ref. 2] gezeigt, dass die Abgase aus der Verbrennung von Mais für

die CO₂-Düngung in Gewächshäusern einsetzbar ist. Andererseits zeigen einfache Berechnungen, dass die Mak-Werte (Maximaler Arbeitsplatzkonzentrationswert nach Suva) mit einer vernünftigen Verdünnung der Abgase aus einer Holzverbrennung eingehalten werden (siehe Tabelle 2).

	HOLZ	GAS
VERDÜNNUNG	40x	13x
CO ₂ :	1625 ppmv	7500 ppmv
CO:	5,5 ppmv	6,4 ppmv
NO ₂ :	3 ppmv	3 ppmv
SO ₂ :	0,25 ppmv	–
FEINSTAUB:	0,5 mg/m ³	ca. 0 mg/m ³

Tabelle 2: Erforderliche Verdünnung der Verbrennungsabgase zur Einhaltung der Mak-Werte, und resultierende CO₂- und Schadstoff-Konzentrationen für die Brennstoffe Holz und Gas. Massgebend für die Festlegung der Verdünnung sind die Stickoxide.

Fazit

Überall, wo kein Gasanschluss vorhanden ist, empfiehlt sich zur Gewächshausbeheizung aus ökonomischer Sicht jetzt schon der Einsatz von Holzpelletsheizungen anstelle von Heizölheizungen. Sogar bei bestehenden Heizölheizungen ist der Ersatz mit einer Holzpelletsheizung wirtschaftlich.

Dort, wo Gas vorhanden ist, hängt der Entscheid von der zukünftigen Energiepreisentwicklung ab. Wenn die bisherige Entwicklung weiter geht, werden bald auch da Holzpellets die billigste Lösung sein.

Da die Investitionskosten recht hoch sind, kann ein Contracting-Vertrag eine sinnvolle Variante sein.

Für eine CO₂-Düngung aus Holzverbrennungsabgasen sind noch Feldversuche nötig. Erst nach dieser Versuchsphase können Systeme kommerziell angeboten werden. Die 100 Prozent erneuerbare Variante mit Heizung und CO₂-Düngung aus Holz ist sowohl finanziell wie auch ökologisch viel versprechend.

Quellen:

[1] Bundesamt für Energie BFE, «Prozessoptimierung bei der Wärmeerzeugung mit Holz in Gewächshäusern», «1600 kW Holzheizung Steinmaur», Schlussbericht, Daniel Meier, Encontrol GmbH, Niederrohrdorf, 4. Dezember 2006

[2] CIDES, «Evaluation de l'innocuité et du rendement technico-économique d'un générateur de CO₂ à maïs pour les serres», Saint-Hyacinthe, Québec, Canada, 1998