



Berechnung des Wärmebedarfs von Gewächshäusern

Der Wärmebedarf ist die Heizleistung, die eine Heizungsanlage erbringen muss, um bei einer bestimmten Außentemperatur eine gewünschte Innentemperatur im Gewächshaus zu halten. Die für die Dimensionierung einer Heizungsanlage festgelegten Bedingungen bezeichnet man als Auslegungsfall. Um die notwendige Heizleistung zu ermitteln, müssen für die Wärmeverteilungsverluste vom Kesselhaus zu den Gewächshäusern entsprechende Zuschläge zum Gesamtwärmebedarf im Auslegungsfall (z. B. 1 bis 3 %) berücksichtigt werden. Der Wärmebedarf wird in Watt [W], Kilowatt [kW] oder Megawatt [MW] angegeben. Die Berechnung des Wärmebedarfs einer Gewächshausanlage erfolgt vereinfacht nach der Formel:

$$\Phi_{cs} = U_{cs} \cdot A_s \cdot \Delta T$$

$$A_s = A_g \cdot F$$

Erläuterung:

$$\Phi_{cs} = \text{Gesamtwärmebedarf [W]}$$

$$U_{cs} = \text{Wärmeverbrauchs-/bedarfskoeffizient [W/(m}^2 \text{ K)]}$$

$$A_s = \text{Hüllfläche (Außenfläche) des Gewächshauses [m}^2 \text{]}$$

oder

$$\text{Grundfläche (} A_g \text{) [m}^2 \text{]} \cdot \text{Hüllflächenfaktor } F \text{ [-]}$$

$$\Delta T = \text{Auslegungstemperaturdifferenz } \theta_i - \theta_a \text{ [K], } \Delta \text{ in } ^\circ\text{C} \equiv \Delta \text{ in K}$$

$$\theta_i = \text{Gewünschte Innentemperatur im Auslegungsfall [} ^\circ\text{C]}$$

$$\theta_a = \text{Außentemperatur im Auslegungsfall [} ^\circ\text{C]}$$

In den nachfolgenden Tabellen sind Standardwerte für die Faktoren U_{cs} (Tab. 1), F (Tab. 2) und θ_a (Tab. 3) aufgeführt. Bei der Angabe der U_{cs} -Werte wurden zusätzliche Energiesparmaßnahmen (PE-Folie, Noppenfolie, Energieschirm) zur Minimierung des Risikos nur mit der halben Einsparwirkung berücksichtigt. Im KTBL-Bericht zur Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäusern (KTBL 2010) wird zwischen dem Transmissionswärmebedarf und dem Wärmebedarf für Luftwechsel unterschieden. Detailliertere Berechnungen zum Wärmebedarf sind unter Berücksichtigung dieses Berichtes oder der DIN EN 12831 auszuführen.

Wenn die Hüllfläche aus Kombinationen verschiedener Materialien (z. B. Doppelglas an den Steh- und Giebelwänden und Einfachglas im Dachraum) besteht, sind die U_{cs} -Werte anteilig auf die Fläche anzurechnen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich das Verhältnis zwischen Dach und Stehwand in Abhängigkeit von der Grundfläche verändert. Eine Zunahme der Grundfläche verschiebt das Verhältnis zugunsten der Dachfläche. Anhaltswerte liefert dazu Tabelle 2, wo Hüllflächenfaktoren für die verschiedenen Flächenanteile des Gewächshauses aufgelistet sind. Sie gelten für ein Venlogewächshaus mit einer Kappenbreite von 4 m (können aber auch für andere Kappenbreiten eingesetzt werden). Für eine exakte Berechnung des Verhältnisses sind die sich ergebenden Flächen des Gewächshauses einzeln zu berechnen (VON ZABELTITZ 1986).



Tab. 1: U_{cs} -Werte zur Berechnung des Wärmebedarfs

Material und Wärmedämmmaßnahme	U_{cs} -Wert [W/(m ² K)]
Einfachglas	7,6
Einfachglas + PE-Folie ¹⁾	6,5
Einfachglas + Noppenfolie ¹⁾	6,2
Einfachglas + Energieschirm ¹⁾	6,1
Einfachfolie	7,0
Doppelglas	4,7
Kunststoffstegdoppelplatten	4,6
Doppelfolie	5,1

¹⁾ Energieeinsparwirkung nur zur Hälfte berücksichtigt.

Tab. 2: Hüllflächenfaktoren (F-Werte) für verschiedene Gewächshausgrößen und Stehwandhöhen

Gewächshaus- grundfläche m ²	Hüllflächenfaktor F [-] ¹⁾								
	Stehwandhöhe 3 m			Stehwandhöhe 4 m			Stehwandhöhe 5 m		
	Gesamt- haus	Dach- fläche	Stehwand- und Giebelfläche	Gesamt- haus	Dach- fläche	Stehwand- und Giebelfläche	Gesamt- haus	Dach- fläche	Stehwand- und Giebelfläche
1 000	1,51	1,10	0,41	1,64	1,10	0,54	1,76	1,10	0,66
5 000	1,28	1,10	0,18	1,34	1,10	0,24	1,40	1,10	0,30
10 000	1,23	1,10	0,13	1,27	1,10	0,17	1,31	1,10	0,21
40 000	1,16	1,10	0,06	1,18	1,10	0,08	1,20	1,10	0,10

¹⁾ Annahmen für die Berechnung: Venlogewächshaus mit einer Kapfenbreite von 4 m, quadratische Grundfläche, Dachneigung von 25,1°.

Tab. 3: θ_a -Werte (Normaußentemperatur nach DIN EN 12831, Beiblatt 1) von ausgewählten Standorten

Standort	Temperatur [°C]
Berlin	-14
Düsseldorf	-10
Erfurt	-14
Frankfurt/Main	-12
Hannover	-14
München	-16
Oldenburg	-10
Schwerin	-12
Stuttgart	-12



Rechenbeispiele für die Wärmebedarfsermittlung

1. Für ein 5000 m² großes Venlogewächshaus (5 m Stehwandhöhe) mit Einfachglasbedachung am Standort Oldenburg ergibt sich bei einer gewünschten Innentemperatur von 20 °C eine Temperaturdifferenz von 30 K.

Formel	Beispiel
Wärmeverbrauchs-/Wärmebedarfskoeffizient (U_{CS})	$U_{CS} = 7,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Hüllfläche (Außenfläche) des Gewächshauses (A_S)	$A_S = A_g \cdot F$
Grundfläche (A_g)	$A_g = 5\,000 \text{ m}^2$
Hüllflächenfaktor (F)	$F = 1,40$
Auslegungstemperaturdifferenz $\theta_i - \theta_a$ (ΔT)	$\Delta T = \theta_i - \theta_a$
Gewünschte Innentemperatur im Auslegungsfall (θ_i)	$\theta_i = 20 \text{ °C}$
Außentemperatur im Auslegungsfall (θ_a)	$\theta_a = -10 \text{ °C}$
Wärmebedarf (Φ_{CS}) $= U_{CS} \cdot A_S \cdot \Delta T$ $= U_{CS} \cdot A_g \cdot F \cdot (\theta_i - \theta_a)$	$= 7,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \cdot 5\,000 \text{ m}^2 \cdot 1,40 \cdot (20 \text{ °C} - (-10 \text{ °C}))$ $= 1\,596\,000 \text{ W}$ oder $1\,596 \text{ kW}$

Bei Berücksichtigung von Verteilungsverlusten von 3 % ergibt sich eine notwendige Heizleistung von:
 $\Phi_{CS} = 1\,596 \text{ kW} \cdot 1,03 = 1\,644 \text{ kW}$ oder $1,64 \text{ MW}$.

2. Eine Gewächshausanlage mit 1000 m² (Stehwandhöhe 3 m) Grundfläche am Standort Hannover mit Einfachglasbedachung und Energieschirmeinsatz soll auf eine Innentemperatur von 20 °C ausgelegt werden ($\Delta T = 34 \text{ K}$).

Formel	Beispiel
Wärmeverbrauchs-/Wärmebedarfskoeffizient (U_{CS})	$U_{CS} = 6,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Hüllfläche (Außenfläche) des Gewächshauses (A_S)	$A_S = A_g \cdot F$
Grundfläche (A_g)	$A_g = 1\,000 \text{ m}^2$
Hüllflächenfaktor (F)	$F = 1,51$
Auslegungstemperaturdifferenz $\theta_i - \theta_a$ (ΔT)	$\Delta T = \theta_i - \theta_a$
Gewünschte Innentemperatur im Auslegungsfall (θ_i)	$\theta_i = 20 \text{ °C}$
Außentemperatur im Auslegungsfall (θ_a)	$\theta_a = -14 \text{ °C}$
Wärmebedarf (Φ_{CS}) $= U_{CS} \cdot A_S \cdot \Delta T$ $= U_{CS} \cdot A_g \cdot F \cdot (\theta_i - \theta_a)$	$= 6,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \cdot 1\,000 \text{ m}^2 \cdot 1,51 \cdot (20 \text{ °C} - (-14 \text{ °C}))$ $= 313\,174 \text{ W}$ oder 313 kW

Bei Berücksichtigung von Verteilungsverlusten von 3 % ergibt sich eine notwendige Heizleistung von:
 $\Phi_{CS} = 313 \text{ kW} \cdot 1,03 = 322 \text{ kW}$.

Wird auf den Energieschirm verzichtet und an 60 % der Hüllfläche Noppenfolie fest installiert, ergibt sich der Wärmebedarf wie folgt:

$$\Phi_{CS} = (0,6 \cdot 6,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) + 0,4 \cdot 7,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})) \cdot 1\,000 \text{ m}^2 \cdot 1,51 \cdot (20 \text{ K} - (-14 \text{ K}))$$

$$= 347\,058 \text{ W} \text{ oder } 347 \text{ kW}$$

Bei Berücksichtigung von Verteilungsverlusten von 3 % ergibt sich eine notwendige Heizleistung von:
 $\Phi_{CS} = 347 \text{ kW} \cdot 1,03 = 357 \text{ kW}$.



3. Für ein 10 000 m² (Stehwandhöhe 3 m) großes Venlogewächshaus mit Einfachglas im Dachraum und Doppelglas an den Stehwänden am Standort Düsseldorf ergibt sich bei einer gewünschten Innentemperatur von 18 °C eine Temperaturdifferenz von 28 K.

Formel	Beispiel
Wärmeverbrauchs-/Wärmebedarfskoeffizient Dachfläche (U_{CS})	$U_{CS} = 7,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Wärmeverbrauchs-/Wärmebedarfskoeffizient Stehwand- und Giebelfläche (U_{CS})	$U_{CS} = 4,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Hüllfläche (Außenfläche) des Gewächshauses (A_S)	$A_S = A_g \cdot F$
Grundfläche (A_g)	$A_g = 10\,000 \text{ m}^2$
Hüllflächenfaktor Dachfläche (F)	$F = 1,10$
Hüllflächenfaktor Stehwand- und Giebelfläche (F)	$F = 0,13$
Auslegungstemperaturdifferenz $\theta_i - \theta_a$ (ΔT)	$\Delta T = \theta_i - \theta_a$
Gewünschte Innentemperatur im Auslegungsfall (θ_i)	$\theta_i = 18 \text{ °C}$
Außentemperatur im Auslegungsfall (θ_a)	$\theta_a = -10 \text{ °C}$
Wärmebedarf (Φ_{CS}) $= U_{CS} \cdot A_S \cdot \Delta T$ $= U_{CS} \cdot A_g \cdot F \cdot (\theta_i - \theta_a)$ $= ((U_{CS} \cdot F)_{\text{Dach}} + (U_{CS} \cdot F)_{\text{Stehwand}}) \cdot A_g \cdot (\theta_i - \theta_a)$	$= ((7,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \cdot 1,10) + (4,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \cdot 0,13)) \cdot 10\,000 \text{ m}^2 \cdot 28 \text{ K}$ $= 2\,511\,880 \text{ W}$ oder $2\,512 \text{ kW}$

Bei Berücksichtigung von Verteilungsverlusten von 3 % ergibt sich eine notwendige Heizleistung von:
 $\Phi_{CS} = 2\,512 \text{ kW} \cdot 1,03 = 2\,587 \text{ kW}$ oder $2,59 \text{ MW}$.

Normen

DIN EN 12831 Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

DIN EN 12831 Beiblatt 1 Heizsysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast-Nationaler Anhang NA

Literatur

Haase, S.; Rath, T. (2013): Individuelle Kalkulation des Investitionsbedarfs für Gewächshausanlagen, KTBL Arbeitsblatt 734, Darmstadt

KTBL (Hg.) (2010): Bericht zur Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäusern, KTBL-Workshop 17. September 2008 in Worms, Darmstadt

von Zabeltitz, C. (1986): Gewächshäuser – Handbuch des Erwerbsgärtners. Ulmer-Verlag, Stuttgart

Autoren

M. Sc. Sandra Haase, Abteilung Biosystemtechnik, Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr. Thomas Rath, Hochschule Osnabrück

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

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
 Telefon: +49 6151 7001-0 | Fax: +49 6151 7001-123
 E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Eingetragen im Vereinsregister beim Amtsgericht Darmstadt,
 Aktenzeichen 8 VR 1351

Vereinspräsident: Prof. Dr. Thomas Jungbluth
 Geschäftsführer: Dr. Martin Kunisch (kom.)
 Verantwortlich im Sinne des Presserechts: Dr. Martin Kunisch

Diese Information wurde vom KTBL und den Autoren nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Das KTBL und die Autoren übernehmen keine Gewähr für Aktualität, Vollständigkeit und Fehlerfreiheit der bereitgestellten Inhalte. Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

© 2014 Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Nachdruck nur mit Quellenangabe.