

Unterlagen wurden für Sie zusammengestellt von



zum Thema

Energiekennzahlen und -sarpotenziale in Gärtnereien

erstellt im Auftrag von

Wirtschaftskammer OÖ,
Ökologische Betriebsberatung
&
O.Ö. Energiesparverband

erschienen
1997

WINenergy! ist eine Gemeinschaftsinitiative von:



BRANCHENBERATUNG ENERGIE

**ENERGIEKENNZAHLEN UND -SPARPOTENTIALE
IN
GÄRTNEREIEN**

**Eine Gemeinschaftsaktion von O.Ö. Energiesparverband,
Ökologischer Betriebsberatung und Wirtschaftskammer OÖ.**

Linz, im Mai 1997

ENERGIEKENNZAHLEN UND ENERGIESPARPOTENTIALE IN GÄRTNEREIEIN

Der OÖ. Energiesparverband, die Ökologische Betriebsberatung und die Wirtschaftskammer OÖ. haben 1994 einen Branchenschwerpunkt „ENERGIE“ begonnen.

Ende 1996 wurde das Energie-Branchenkonzept für Gärtnereien begonnen und im April 1997 abgeschlossen. Dieses Energie-Branchenkonzept basiert auf 11 Pilotberatungen in OÖ. Gärtnereien, die von folgenden Energieberatern durchgeführt wurden:

- *Dipl. Ing. Dr. Peter Burgholzer, Energie Institut, Linz*
- *Scharoplan, Heizungs-, Lüftungs- Klimaanlage GmbH, Linz*
- *Ing. Horst Bogner, Technisches Büro für Heizung, Lüftung, Sanitär, Peilstein*

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotberatungen sowie die Ausarbeitung des vorliegenden Konzeptes erfolgte durch Dipl. Ing. Dr. Peter Burgholzer im Auftrag der ökologischen Betriebsberatung und des OÖ. Energiesparverbandes.

*Wirtschaftskammer OÖ.
Hessenplatz 3
A-4010 Linz
Tel.:+043/732/7800-628
Fax:+043/732/7800-587*

*OÖ. Energiesparverband
Landstraße 45
A-4020 Linz
Tel.:+043/732/6584-4380
Fax:+043/732/6584-4383*

*Ökolog. Betriebsberatung
Wiener Straße 150
A-4024 Linz
Tel.:+43/732/3332-223
Fax:+43/732/3332-340*

Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung jeglicher Art nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Wirtschaftskammer OÖ. zulässig.

Trotz sorgfältigster Bearbeitung wird für die Ausführungen keine Gewähr übernommen und eine Haftung des Autors oder der Wirtschaftskammer OÖ. ausgeschlossen.

INHALT

1. Einleitung	4
2. Branchen - Kennzahlen für Gärtnereien	5
3. Heizung der Gewächshäuser	6
3.1 Ermittlung der Wärmekennzahl für die Gewächshäuser	6
3.2 Wärmekennzahl der untersuchten Betriebe	8
3.3 Ermittlung des Energieverbrauchs eines Gewächshauses	11
4. Gießwasser	14
5. Elektrische Energie	17
6. Energiekosten	18
7. Stromtarife	20
7.1 Einsparmöglichkeiten bei elektrischer Energie	21
8. Einsparpotentiale und Wirtschaftlichkeit	23
9. Anhang:	
Energiebilanzen für Gewächshäuser	25
BINE Projekt Info-Service: Energieoptimierte Gewächshäuser	

1. Einleitung

Das vorliegende Branchen - Energiekonzept gibt einen Einblick in die Ergebnisse von Betriebsberatungen, die in insgesamt 11 Gärtnereien durchgeführt wurden. Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen werden seither bei Beratungen in der Branche verwendet.

Beim Erstellen eines Branchenkonzeptes werden nicht nur den untersuchten Betrieben konkrete Aufschlüsse über ihre Energiesituation geliefert, die dabei erhobenen Daten dienen darüber hinaus auch dazu, Branchendurchschnittswerte (Kennzahlen) zu ermitteln. Derartige Branchenkennzahlen ermöglichen es - durch den Vergleich mit den Betriebskennzahlen - erste grobe Aussagen über den energetischen Ist-Zustand eines Betriebes zu treffen.

Bei aktuellen Beratungen werden diese Zahlen für den untersuchten Betrieb konkretisiert bzw. erweitert. Die systematische energetische Analyse eines Betriebes ermöglicht es, relativ schnell Energie- und Kosteneinsparungspotentiale aufzuzeigen. Basierend auf dieser Energieanalyse wird letztlich ein Konzept erarbeitet, das:

• sämtliche mögliche Maßnahmen zur Energie- und Energiekosteneinsparung eines Betriebes,

• die Beschreibung jeder einzelnen Maßnahme und

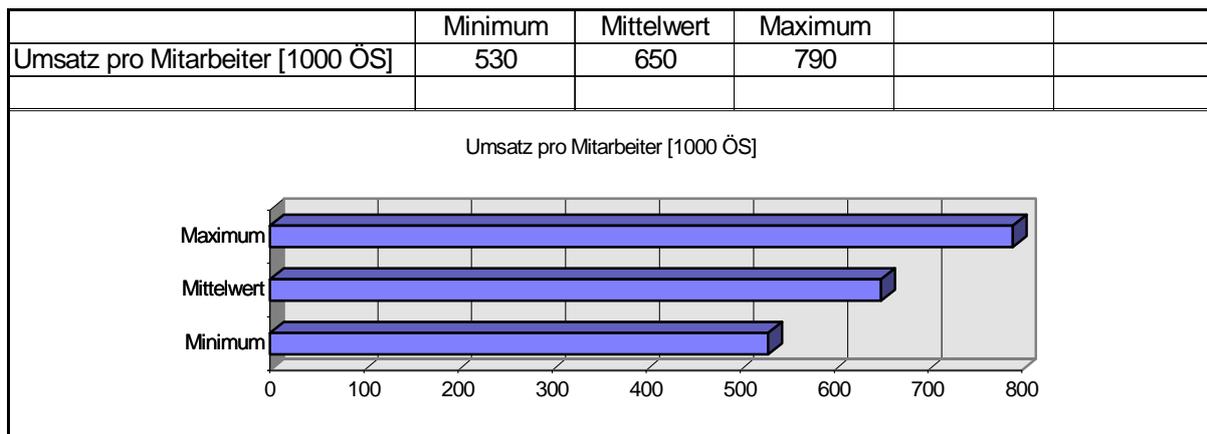
• die Wirtschaftlichkeitsdaten jeder einzelnen Maßnahme

enthält.

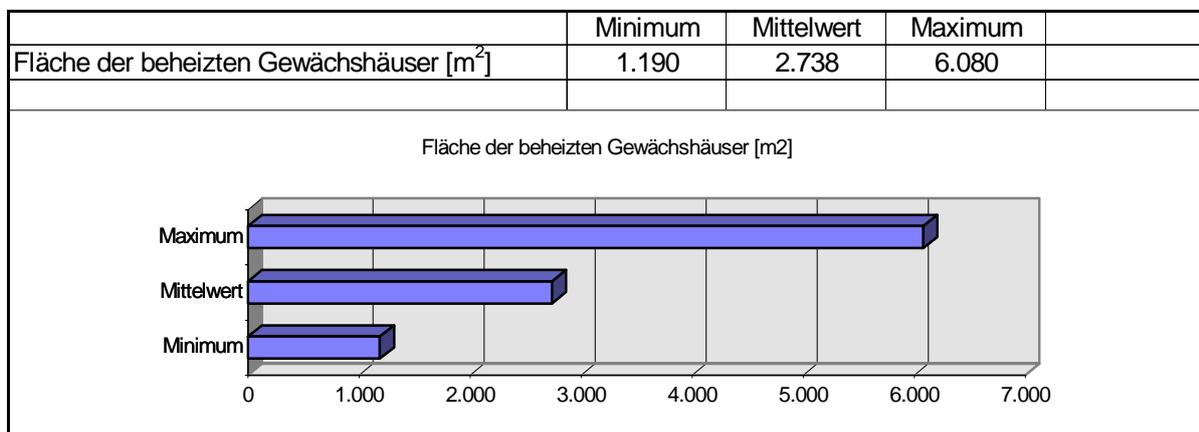
Damit ist es möglich, gezielte Handlungsschritte zu setzen und so den Energieverbrauch und die Energiekosten zu senken.

2. Branchen - Kennzahlen für Gärtnereien

1996 und 1997 wurden insgesamt 11 Gärtnereibetriebe einer genaueren Untersuchung unterzogen. Auf Basis der ermittelten Betriebsdaten wurden branchenspezifische Kennzahlen ermittelt. Im folgenden finden Sie die Mittelwerte und Bandbreiten (Maxima und Minima) und können dadurch Ihren eigenen Betrieb mit Ihren Kennzahlen einordnen. Die untersuchten Betriebe hatten zwischen 7 und 26 Mitarbeiter (im Mittel 13 Mitarbeiter) und der erzielte Jahresumsatz lag zwischen 4,7 und 17,5 Mio. ÖS (im Mittel 8 Mio. ÖS). Der Gesamtumsatz pro Mitarbeiter lag zwischen 530.000,-- und 790.000,-- ÖS (im Mittel 650.000,-- ÖS):



Die Gesamtfläche der beheizten Gewächshäuser lag zwischen 1.190 m² und 6.080 m² (im Mittel 2.738 m²).



Der bei weitem größte Energieverbrauch fällt bei allen Gärtnereien für die Beheizung der Gewächshäuser an. Dann kommt eine eventuelle Vorwärmung des Gießwassers und die Beheizung der Verkaufsflächen. Elektrische Energie wird hauptsächlich für Beleuchtung und Druckluft benötigt, weiters zum Betrieb von Brennern und für Steuer- und Regelungszwecke. Der Treibstoffverbrauch ist je nach Art des Betriebes so unterschiedlich, daß hier allgemeine Kennzahlen für Gärtner nicht aussagekräftig sind.

Für alle diese Bereiche werden im folgenden Hinweise für die Berechnung von Kennzahlen in Ihrem Betrieb, typische Mittelwerte und Bandbreiten sowie Einsparmöglichkeiten genannt.

3. Heizung der Gewächshäuser

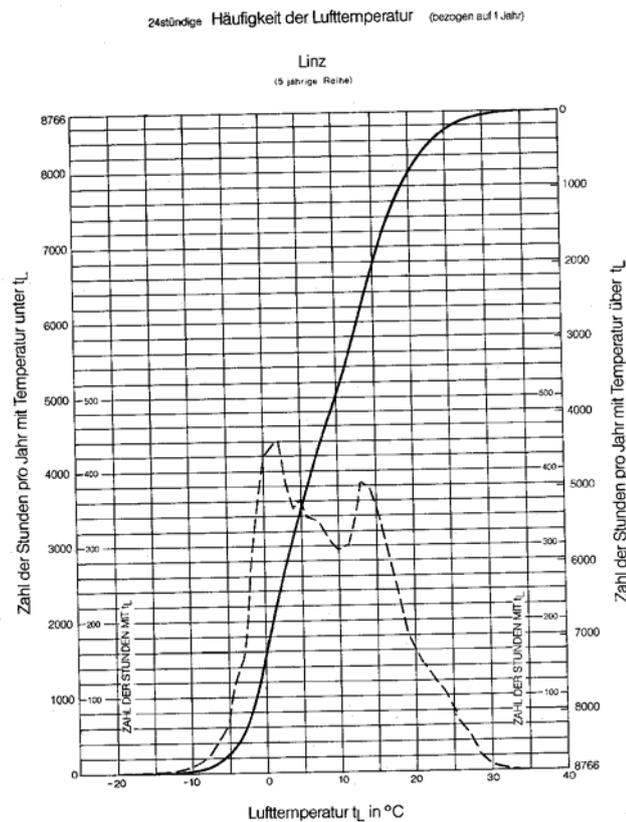
Wohnhaus, Betrieb und Gewächshäuser werden meist mit einem einzigen Heizsystem versorgt. Dabei ist es empfehlenswert, die benötigte Heizleistung auf zwei Gaskessel zu verteilen, da beim Ausfall eines Heizkessels der zweite Kessel zumindest einen Notbetrieb ermöglicht. Die Energieversorgung der einzelnen Gewächshäuser erfolgt meist über eine Ringleitung. Bei neueren Systemen wird die Steuerung der Lüftung, der Energieschirme (über Lichtsensoren) und der Heizung von einer einzigen Mikroprozessorsteuerung durchgeführt.

3.1 Ermittlung der Wärmekennzahl für die Gewächshäuser

Mit der Wärmekennzahl läßt sich die „Güte“ eines Gewächshauses bezüglich des Energieverbrauchs beschreiben. Welche Größen beeinflussen nun diesen Energieverbrauch? Neben der Gewächshausfläche, der baulichen Ausführung (z. B Wärmedämmung des verwendeten Glases), der Anzahl der Sonnentage (solare Einstrahlung) und der Außentemperatur ist die Gewächshaustemperatur, die man mindestens erreichen möchte, ein entscheidender Faktor. Diese Temperatur muß so gewählt werden, daß sich die jeweilige Pflanzenkultur optimal entwickelt und wird sich auch für die meisten Gewächshäuser im Laufe des Jahres ändern.

Daher ist ein Vergleich des Energieverbrauchs pro Quadratmeter Gewächshausfläche für verschiedene Kulturen und damit für verschiedene Gewächshaustemperaturen nicht sinnvoll. Erst die Verwendung der Gradtagssumme, das ist im wesentlichen der Temperaturunterschied von Innen- und Außentemperatur multipliziert mit der Zeitdauer in Tagen, ermöglicht einen direkten Vergleich. So erhält man bei gleicher Glashausinnentemperatur auf „kälteren Standorten“ wie z. B. in größeren Höhen eine größerer Gradtagssumme. Bei gleichem Standort erhöht sich die Gradtagssumme bei einer höheren Glashausinnentemperatur. Soll z. B. ein Glashaus im Jänner statt 20°C auf 22°C geheizt werden, erhöht sich die Gradtagssumme für den Jänner um 62 Kd (= 2 mal 31, da der Jänner 31 Tage hat).

Falls die Außentemperatur zeitweise höher ist als die Innentemperatur, funktioniert die Berechnung nicht mehr so einfach und es sind zusätzliche meteorologische Daten notwendig (Verteilungsfunktion der Temperaturen siehe nachfolgende Abbildung). Jedenfalls sind Gradtagssummen als Klimadaten für viele verschiedene Standorte in Österreich verfügbar.



Auch andere Institutionen haben diese Kennzahlen bei der Untersuchung des Energieverbrauchs von Gewächshäusern herangezogen. So wurde in der Diplomarbeit von Martin Hitzl an der TU Graz am Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften ebenfalls die monatliche Gradtagssumme zur Kennzahlbildung verwendet. Es wurde dort jedoch nur mit einem einheitlichen Temperaturniveau von 20 °C gearbeitet. In Gewächshäusern können jedoch Temperaturniveaus von frostfrei bis weit über 20 °C auftreten. In der Gartenbaulichen Betriebslehre von Heinz Bahnmüller (Verlag Ulmer) sind im Anhang für die einzelnen Monate für die Gewächshaustemperaturen von 2 °C bis zu 24 °C die Energieverbräuche pro m² Gewächshausfläche aufgelistet. Diese Daten beziehen sich auf Kassel. Für andere deutsche Standorte wurden Korrekturfaktoren (zwischen 77% in Aachen und 114% in München) angegeben.

Da meist nur der Jahresenergieverbrauch für Geschäftsflächen, eventuell auch Wohnhaus und Gewächshäuser insgesamt verfügbar ist, muß der Jahresenergieverbrauch mit dem Gesamtnutzungsgrad der Heizanlage multipliziert werden und davon wird der Wärmebedarf der Massivbauten (Geschäft, Wohnhaus, etc.) abgezogen. Da der Wärmebedarf der Massivbauten meist um eine Größenordnung kleiner ist als der Wärmebedarf der Gewächshäuser ist der mögliche Fehler bei dieser Abschätzung klein.

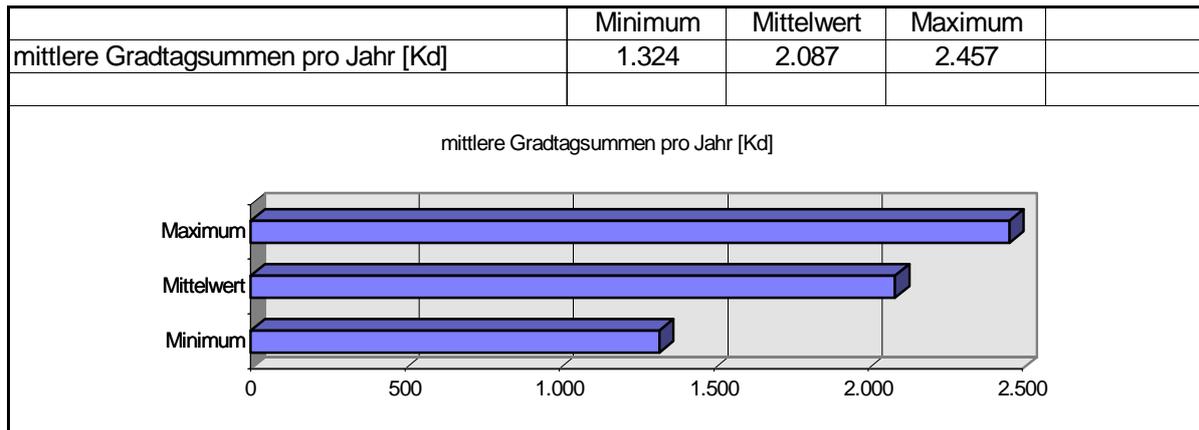
Im folgenden Beispiel wird die Ermittlung der Wärmekennzahl für eine Gärtnerei mit Gasheizung und 5 beheizten Gewächshäusern gezeigt. Der Jahresgasverbrauch beträgt 48.446 m³. Bei einem Nutzungsgrad von 0,9 für die Gasheizung, einem unteren Heizwert des Gases von 9,5 kWh/ m³ beträgt der Heizenergiebedarf 414.213 kWh pro Jahr. Davon werden für die Gewächshäuser 385.413 kWh benötigt.

Die im folgenden berechnete Wärmekennzahl ist ein Maß für die Güte der Gewächshäuser (siehe auch Anhang „Energiebilanzen für Gewächshäuser“). Diese Wärmekennzahl orientiert sich am tatsächlichen Energieverbrauch und berücksichtigt daher neben den Verlusten die solaren Gewinne. Je besser das Glashaus ist, z. B. durch Gläser mit geringeren Wärmeverlusten oder an Standorten mit mehr Sonnenschein, desto kleiner ist die Wärmekennzahl.

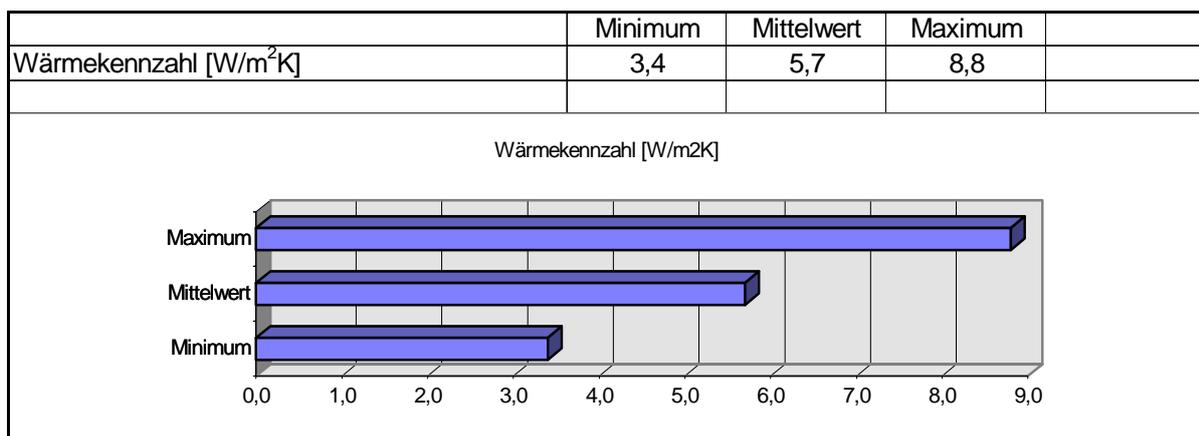
Nutzungsgrad(Heizung):	90%					
unterer Heizwert:	9,50	kWh/m ³				
jährliche Verbräuche	Gas	Endenergie	Wärmebedarf			
	[m ³]	[kWh]	[kWh]			
Massivbauten:	3368	32000	28800			
Gewächshäuser:	45078	428237	385413			
gesamt:	48446	460237	414213			anteiliger
				Gradtag-		Gasverbr.
Bezeichnung	Fläche [m²]	Temp. [°C]	Monate	summen	m² *K*d	[m³]
Haus 1	250	17	Feb bis Dez	2.574	643.500	7.000
		2	Jan	155	38.750	422
Haus 2	260	22	Jan-Dez	5.540	1.440.400	15.668
Haus 3	400	7	Dez bis Feb	700	280.000	3.046
		16	Mär bis Nov	1.200	480.000	5.221
Haus 4	320	11	Dez, Jan	769	246.080	2.677
		16	Feb bis Nov	1.673	535.360	5.823
Haus 5	400	2	Dez bis Feb	300	120.000	1.305
		12	Mär bis Nov	900	360.000	3.916
Gesamtsumme	1630				4.144.090	45.078
Wärmebedarf:	385413	kWh				
Wärmekennzahl:	3,9	W/m²K				

3.2 Wärmekennzahl der untersuchten Betriebe

Die untersuchten Betriebe hatten einen Jahreswärmebedarf von 316 MWh bis zu 2.521 MWh (im Mittel 795 MWh). Die mittlere Gradtagsumme für ein Jahr beschreibt die Temperaturniveaus der Gewächshäuser (siehe 3.1.) und liegt zwischen 1.324 Kd und 2.457 Kd (im Mittel 2.087 Kd).



Die Wärmekennzahl lag zwischen $3,4 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ für gut geregelte und doppelverglaste Gewächshäuser mit Energieschirm und $8,8 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ für einfachverglaste älterer Gewächshäuser (im Mittel $5,7 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$).



Man beachte, daß die Abhängigkeit des Energieverbrauchs von den Temperaturen in den Gewächshäusern ausschließlich in den Gradtagsummen steckt. Die Wärmekennzahl berücksichtigt die bauliche Ausführung und die Nutzung der solaren Einstrahlung. Durch die Wärmekennzahl kann daher die „Güte“ der Gewächshäuser direkt verglichen werden.

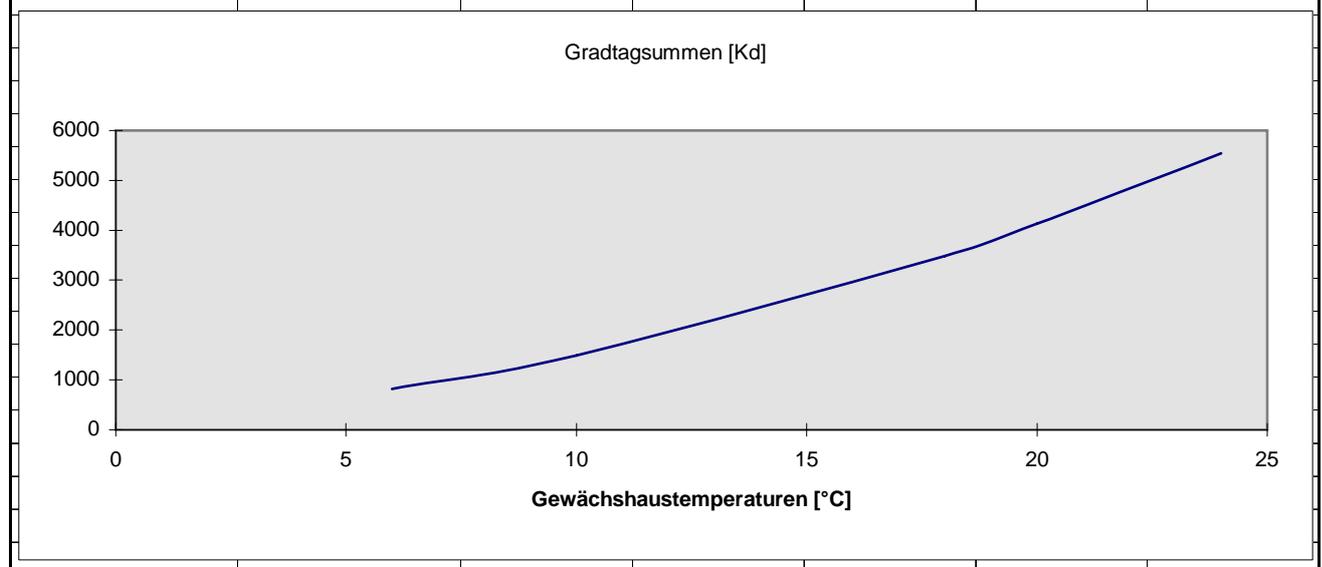
3.3 Ermittlung des Energieverbrauchs eines Gewächshauses aus der Wärmekennzahl

Im folgenden wird der Jahresenergieverbrauch pro m^2 Gewächshausfläche für das beste Gewächshaus mit einer Wärmekennzahl von $3,4 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$, für ein mittleres Gewächshaus mit einer Wärmekennzahl von $5,7 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ und für das schlechteste Gewächshaus mit einer Wärmekennzahl von $8,8 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ für verschiedene Gewächshaustemperaturen verglichen.

Gewächshaustemperaturen [°C]		6	10	18	20	24
Gradtagsummen [Kd]		819	1490	3483	4131	5540
Gewächshaus	Wärmekennzahl	Jahreswärmebedarf pro m ² Gewächshausfläche				
ist	[W / m ² K]			[kWh / m ²]		
sehr gut	3,4	67	122	284	337	452
mittel	5,7	112	204	476	565	758
sehr schlecht	8,8	173	315	736	872	1170

Man sieht, daß die Gradtagsummen und damit der Energieverbrauch stark mit der Temperatur ansteigt (siehe Grafik unten). Zur Ermittlung der Gradtagsummen für die Temperaturen Ihrer Gewächshäuser bietet Anhang B eine Tabelle, die die Gradtagsummen für die einzelnen Monatshälften und Temperaturen angibt. Diese Tabelle basiert auf den Angaben der Gartenbaulichen Betriebslehre von Heinz Bahn Müller (Verlag Ulmer) und wurde auf die klimatischen Verhältnisse von Hörsching bei Linz umgerechnet. Zur Berechnung des Wärmebedarfs ist die Gradtagsumme mit der Wärmekennzahl und der Quadratmeter des Gewächshauses zu multiplizieren. Um den Wärmebedarf in kWh zu bekommen ist das Ganze noch mit 0,024 zu multiplizieren.

Gewächshaustemperaturen [°C]		6	10	18	20	24
Gradtagsummen [Kd]		819	1490	3483	4131	5540
Gewächshaus	Wärmekennzahl	Jahreswärmebedarf pro m ² Gewächshausfläche				
ist	[W / m ² K]			[kWh / m ²]		
sehr gut	3,4	67	122	284	337	452
mittel	5,7	112	204	476	565	758
sehr schlecht	8,8	173	315	736	872	1170



Bei einer Gasheizung (Nutzungsgrad ist 0,9 und der untere Heizwert liegt bei 9,5 kWh / m³) beträgt dann der Jahresgasverbrauch pro m² Gewächshausfläche:

Gewächshaustemperaturen [°C]		6	10	18	20	24
Gradtagsummen [Kd]		819	1490	3483	4131	5540
Gewächshaus	Wärmekennzahl	Jahresgasverbrauch pro m ² Gewächshausfläche				
ist	[W / m ² K]	[m ³ Gas / m ²]				
sehr gut	3,4	8	14	33	39	53
mittel	5,7	13	24	56	66	89
sehr schlecht	8,8	20	37	86	102	137

3.4 Ermittlung des Wärmebedarfes von Gewächshäusern

Nachfolgende Tabelle, gibt die Gradtagsummen für die einzelnen Monatshälften und Temperaturen an. Diese Tabelle basiert auf den Angaben der Gartenbaulichen Betriebslehre von Heinz Bahnmüller (Verlag Ulmer) und wurde auf die klimatischen Verhältnisse von Horsching bei Linz umgerechnet. Zur Berechnung des Wärmebedarfes ist die Gradtagsumme mit der Wärmekennzahl und der Quadratmeter des Gewächshauses zu multiplizieren. Um den Wärmebedarf in kWh zu bekommen ist das Ganze noch mit 0,024 zu multiplizieren.

Gradtagsummen zur Ermittlung des Wärmebedarfes von Gewächshäusern

Monat	Heiztemperatur in °C														
	2	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	
	Gradtagsummen zur Ermittlung des Wärmebedarfes von Gewächshäusern [Kd]														
Januar	1	*	14	13,4	17,94	33	44,73	52,03	64,26	67,5	75,48	83,6	96,58	110,5	124,3
		52,8	77	100,5	101,7	121	139,2	160,8	183,6	193,5	199,8	224,4	245,8	274	297,5
		52,8	91	113,9	119,6	154	183,9	212,9	247,9	261	275,3	308	342,4	384,5	421,8
	2	8,8	7	13,4	11,96	27,5	39,76	47,3	64,26	67,5	75,48	83,6	96,58	114,9	128,8
		70,4	98	107,2	119,6	137,5	154,1	179,7	202	211,5	217,6	242	272,2	296,1	328,6
		79,2	105	120,6	131,6	165	193,8	227	266,2	279	293	325,6	368,8	411,1	457,3
Februar	1	*	7	6,7	5,98	11	19,88	28,38	41,31	49,5	53,28	66	74,63	88,4	102,1
		52,8	84	93,8	107,6	132	144,1	165,6	183,6	193,5	204,2	224,4	250,2	274	301,9
		52,8	91	100,5	113,6	143	164	193,9	224,9	243	257,5	290,4	324,9	362,4	404
	2	8,8	7	13,4	11,96	16,5	19,88	28,38	41,31	45	53,28	66	79,02	92,82	106,6
		44	63	73,7	77,74	99	109,3	127,7	137,7	148,5	151	171,6	188,8	207,7	226,4
		52,8	70	87,1	89,7	115,5	129,2	156,1	179	193,5	204,2	237,6	267,8	300,6	333

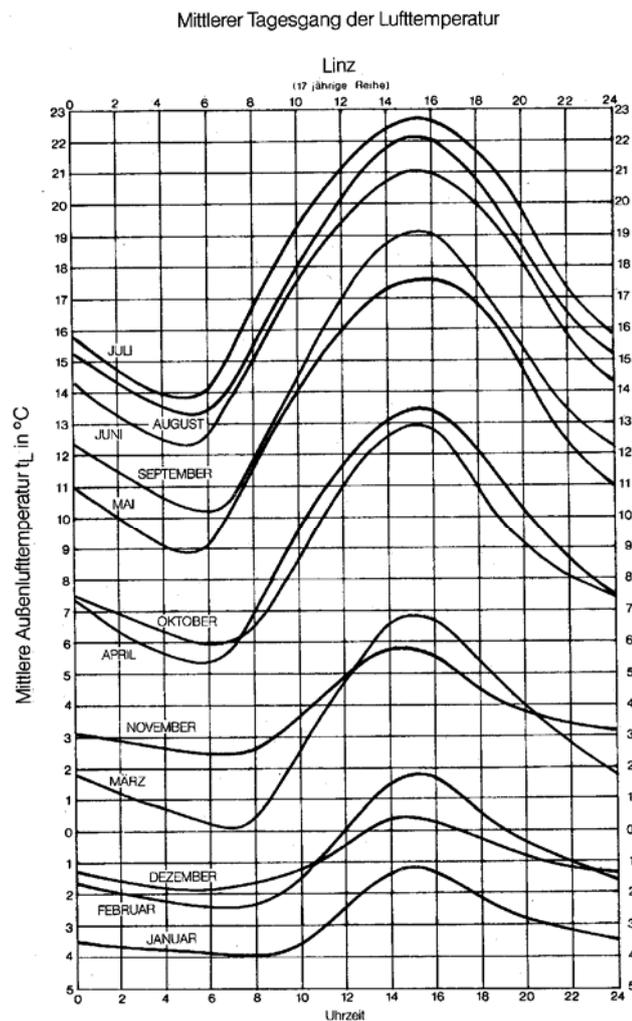
März	1	*	*	6,7	5,98	5,5	9,94	9,46	18,36	22,5	26,64	30,8	43,9	61,88	75,48
		17,6	42	60,3	65,78	88	99,4	123	137,7	144	155,4	180,4	201,9	221	244,2
		17,6	42	67	71,76	93,5	109,3	132,4	156,1	166,5	182	211,2	245,8	282,9	319,7
	2	*	*	*	5,98	5,5	9,94	9,46	18,36	22,5	26,64	35,2	43,9	57,46	75,48
		*	14	13,4	29,9	49,5	64,61	85,14	101	108	115,4	136,4	158	176,8	199,8
		*	14	13,4	35,88	55	74,55	94,6	119,3	130,5	142,1	171,6	201,9	234,3	275,3
April	1	*	*	*	*	*	4,97	4,73	9,18	9	8,88	13,2	21,95	26,52	35,52
		*	*	6,7	11,96	22	39,76	56,76	73,44	85,5	93,24	110	127,3	150,3	168,7
		*	*	6,7	11,96	22	44,73	61,49	82,62	94,5	102,1	123,2	149,3	176,8	204,2
	2	*	*	*	*	*	4,97	4,73	9,18	9	8,88	17,6	26,34	30,94	39,96
		*	*	*	*	11	19,88	37,84	50,49	58,5	66,6	79,2	92,19	110,5	128,8
		*	*	*	*	11	24,85	42,57	59,67	67,5	75,48	96,8	118,5	141,4	168,7
Mai	1	*	*	*	*	*	*	*	4,59	4,5	8,88	8,8	8,78	17,68	26,64
		*	*	*	*	*	9,94	18,92	36,72	40,5	48,84	61,6	83,41	97,24	106,6
		*	*	*	*	*	9,94	18,92	41,31	45	57,72	70,4	92,19	114,9	133,2
	2	*	*	*	*	*	*	4,73	4,59	9	8,88	13,2	21,95	26,52	35,52
		*	*	*	*	*	*	9,46	22,95	27	35,52	48,4	57,07	70,72	88,8
		*	*	*	*	*	*	14,19	27,54	36	44,4	61,6	79,02	97,24	124,3
Juni	1	*	*	*	*	*	*	*	*	4,5	4,44	8,8	8,78	13,26	22,2
		*	*	*	*	*	*	*	9,18	13,5	22,2	30,8	48,29	57,46	71,04
		*	*	*	*	*	*	*	9,18	18	26,64	39,6	57,07	70,72	93,24
	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4,44	4,4	8,78	8,84	13,32
		*	*	*	*	*	*	*	4,59	9	13,32	22	35,12	53,04	62,16
		*	*	*	*	*	*	*	4,59	9	17,76	26,4	43,9	61,88	75,48
Juli	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4,4	8,78	8,84	13,32	
		*	*	*	*	*	*	*	4,5	8,88	17,6	30,73	44,2	57,72	
		*	*	*	*	*	*	*	4,5	8,88	22	39,51	53,04	71,04	
	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4,4	8,78	13,26	22,2	
		*	*	*	*	*	*	*	4,5	8,88	22	35,12	48,62	57,72	
		*	*	*	*	*	*	*	4,5	8,88	26,4	43,9	61,88	79,92	
August	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4,4	4,39	8,84	8,88	
		*	*	*	*	*	*	*	9	8,88	30,8	39,51	53,04	71,04	
		*	*	*	*	*	*	*	9	8,88	35,2	43,9	61,88	79,92	
	2	*	*	*	*	*	*	*	*	4,5	4,44	4,4	8,78	13,26	17,76
		*	*	*	*	*	*	*	4,59	9	17,76	35,2	52,68	66,3	84,36
		*	*	*	*	*	*	*	4,59	13,5	22,2	39,6	61,46	79,56	102,1

September	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4,4	4,39	8,84	8,88
		*	*	*	*	*	*	4,73	13,77	22,5	26,64	48,4	65,85	83,98	106,6
		*	*	*	*	*	*	4,73	13,77	22,5	26,64	52,8	70,24	92,82	115,4
	2	*	*	*	*	*	*	4,59	4,5	4,44	8,8	13,17	17,68	26,64	
		*	*	*	*	*	*	9,46	32,13	40,5	44,4	66	83,41	101,7	119,9
		*	*	*	*	*	*	9,46	36,72	45	48,84	74,8	96,58	119,3	146,5
Oktober	1	*	*	*	*	*	*	4,59	4,5	8,88	8,8	8,78	17,68	26,64	
		*	*	*	*	5,5	19,88	42,57	59,67	72	79,92	101,2	122,9	145,9	164,3
		*	*	*	*	5,5	19,88	42,57	64,26	76,5	88,8	110	131,7	163,5	190,9
	2	*	*	*	*	*	4,97	4,73	13,77	13,5	17,76	22	39,51	53,04	66,6
		*	*	*	*	11	34,79	56,76	78,03	90	102,1	123,2	144,9	168	195,4
		*	*	*	*	11	39,76	61,49	91,8	103,5	119,9	145,2	184,4	221	262
November	1	*	*	*	*	*	4,97	9,46	13,77	18	26,64	35,2	48,29	61,88	75,48
		*	*	*	11,96	44	64,61	89,87	114,8	121,5	133,2	154	180	203,3	230,9
		*	*	*	11,96	44	69,58	99,33	128,5	139,5	159,8	189,2	228,3	265,2	306,4
	2	*	*	*	5,98	5,5	9,94	23,65	36,72	45	48,84	61,6	74,63	83,98	97,68
		*	14	33,5	41,86	66	94,43	113,5	137,7	144	155,4	176	201,9	229,8	253,1
		*	14	33,5	47,84	71,5	104,4	137,2	174,4	189	204,2	237,6	276,6	313,8	350,8
Dezember	1	*	*	6,7	11,96	16,5	29,82	42,57	50,49	58,5	62,16	74,8	87,8	101,7	111
		8,8	49	60,3	65,78	93,5	109,3	132,4	156,1	162	173,2	198	223,9	247,5	270,8
		8,8	49	67	77,74	110	139,2	175	206,6	220,5	235,3	272,8	311,7	349,2	381,8
	2	*	7	13,4	11,96	33	44,73	52,03	64,26	72	79,92	92,4	101	119,3	133,2
		35,2	63	80,4	95,68	115,5	139,2	160,8	179	189	199,8	224,4	254,6	278,5	306,4
		35,2	70	93,8	107,6	148,5	183,9	212,9	243,3	261	279,7	316,8	355,6	397,8	439,6
Insges. Tag		17,6	35	67	83,72	148,5	238,6	326,4	454,4	522	595	743,6	939,5	1149	1385
Nacht		281,6	511	636,5	735,5	1001	1252	1570	1928	2111	2295	2741	3196	3669	4151
Jahr		299,2	546	703,5	819,3	1150	1491	1897	2382	2633	2890	3485	4135	4818	5537

1.Zeile Tag
2.Zeile Nacht
3.Zeile Gesamt

4. Gießwasser

Im Anhang Energiebilanz von Gewächshäusern ist zu erkennen, daß insbesondere zu den Übergangszeiten (im Frühling und im Herbst) die solare Einstrahlung nur sehr schlecht ausgenutzt werden kann. Kommt die Sonne hervor, ist das Gewächshaus bald überhitzt (d. h. die momentane solare Einstrahlung übersteigt die momentanen Verluste), und die überschüssige solare Einstrahlung muß abgelüftet werden. Oft kurze Zeit später muß wieder geheizt werden.



Neben der Aufheizung von Speichermassen kann diese überschüssige Solarenergie zur Erwärmung des Gießwassers gut verwendet werden. Dafür reicht ein kleiner Wärmetauscher (Fan-Coil), der die Luft von der Gewächshausdecke ansaugt und abkühlt und diese Wärmemenge an das Gießwasser abgibt und dieses erwärmt. Zu diesem Wärmetauscher finden Sie ergänzende Informationen im Kapitel „Einsparpotentiale und Wirtschaftlichkeit“.

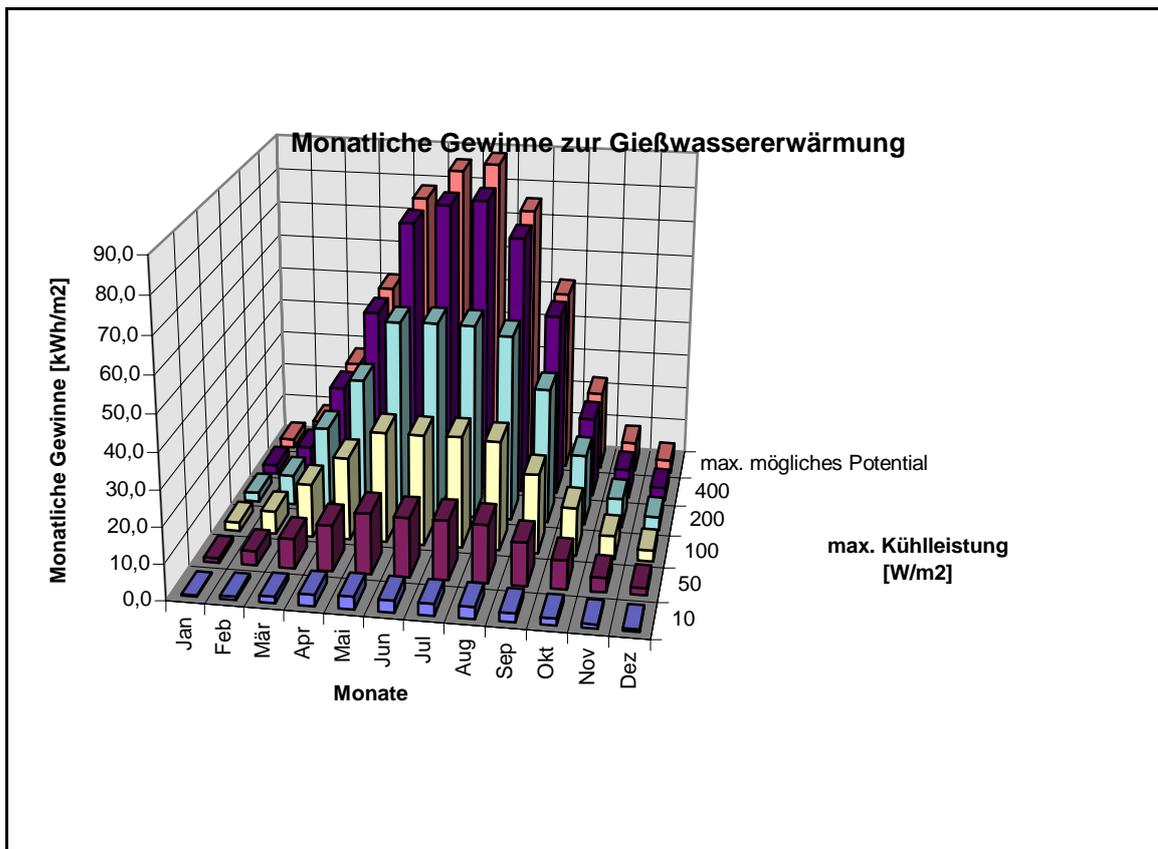
Die folgenden Tabellen zeigen die monatlichen Gewinne pro Quadratmeter Gewächshausfläche für verschiedene maximale Kühlleistungen des Wärmetauschers:

Monatliche Gewinne zur Gießwassererwärmung in kWh pro Quadratmeter Glashausfläche

als Funktion der maximalen Kühlleistung
bei einer Glashausinnentemperatur von 20°C

max. Kühlleistung

[W/m ²]	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
10	0,4	0,8	1,7	3,1	3,4	3,3	3,3	3,2	2,4	1,8	1,2	0,8
50	1,3	4,1	8,4	12,9	17,0	16,5	16,6	16,2	12,2	8,0	4,0	2,1
100	2,4	6,4	15,0	23,2	31,1	31,1	31,3	30,7	22,2	13,6	6,5	3,2
200	2,5	8,4	23,0	37,6	54,6	55,0	54,9	52,5	38,2	20,1	8,3	3,7
400	2,5	8,7	27,3	50,1	76,2	81,8	83,5	73,4	51,9	22,8	8,4	3,8
max. mögliches Potential	2,5	8,7	27,4	50,9	77,9	86,1	88,4	75,6	52,0	22,8	8,4	3,8



Monatliche Gießwassermenge in l pro Quadratmeter Glashaushfläche

als Funktion der maximalen Kühlleistung
bei einer Glashaushinnentemperatur von 20°C

Kaltwassertemp.: 8,0 °C

Gießwassertemp.: 13,0 °C

max. Kühlleistung

[W/m ²]	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
10	70	139	291	525	585	569	570	558	419	317	199	130
50	225	696	1438	2213	2916	2845	2850	2792	2093	1381	684	356
100	418	1099	2576	3992	5350	5347	5390	5282	3823	2335	1111	543
200	438	1443	3950	6465	9396	9459	9434	9030	6562	3457	1426	642
400	438	1490	4692	8623	13110	14065	14364	12625	8932	3916	1437	645
max. mögliches Potential	438	1490	4708	8750	13395	14804	15208	13005	8939	3916	1437	645

Kaltwassertemp.: 8,0 °C

Gießwassertemp.: 20,0 °C

max. Kühlleistung

[W/m ²]	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
10	29	58	121	219	244	237	238	233	174	132	83	54
50	94	290	599	922	1215	1185	1188	1163	872	575	285	148
100	174	458	1073	1663	2229	2228	2246	2201	1593	973	463	226
200	182	601	1646	2694	3915	3941	3931	3763	2734	1440	594	268
400	182	621	1955	3593	5463	5860	5985	5260	3722	1632	599	269
max. mögliches Potential	182	621	1962	3646	5581	6168	6337	5419	3725	1632	599	269

Man sieht, daß bereits in der Übergangszeit und bereits bei kleiner maximaler Kühlleistung erhebliche Mengen an Warmwasser zur Verfügung stehen. Man könnte sich daher für diese Mengen Warmwasser auch andere Verwendungszwecke überlegen. Bei einem genügend großen Wasserbecken ist auch der Temperaturverlust gering. Daher kann es auch sinnvoll sein, wenn die Lufttemperatur im Gewächshaus unter die Wassertemperatur absinkt (z. B. am Abend), den Wärmetauscher wieder zu aktivieren und diesmal das Wasser abzukühlen und die Luft zu erwärmen. Dadurch können Heizkosten eingespart werden. Eventuell kann das Warmwasser auch als Wärmereservoir für eine Wärmepumpe eingesetzt werden.

5. Elektrische Energie

Beleuchtung:

Besonders im Schaufensterbereich und überall dort, wo die Einschaltdauer von Lampen länger als eine Stunde ist, sollen Leuchtstoffröhren statt Glühlampen oder Halogenlampen verwendet werden.

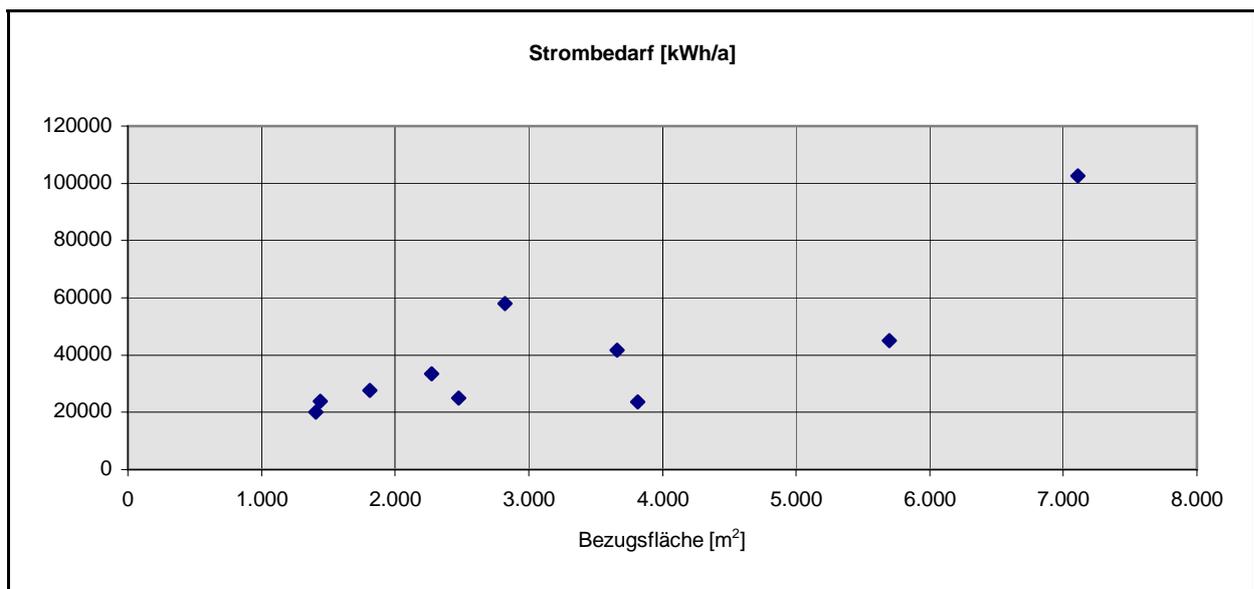
Druckluft:

Elektr. Winden zur Gewächshauslüftung statt druckluftbetriebener Kolben.

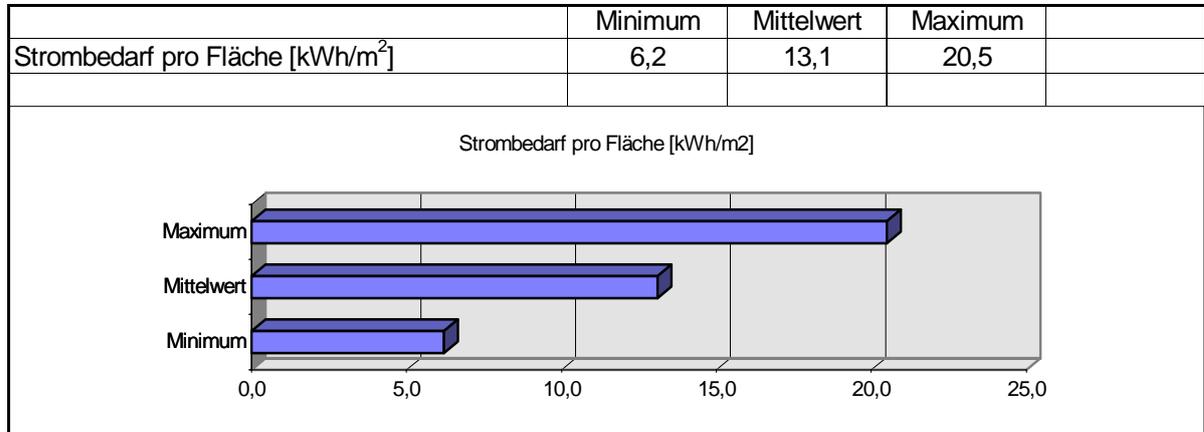
Kühlaggregat:

Der Kühlraum dient zur Aufbewahrung der Schnittblumen. Die Kälteanlage ist meist mit einem Motor mit ca. 1 kW Leistung ausgerüstet. Eine noch so sorgfältig ausgelegte und aufgebaute Kälteanlage kann aber nicht optimal arbeiten, wenn die Randbedingungen im Betrieb durch mangelnde Wartung oder sonstige Umstände ungünstig beeinflusst werden. Verschmutzte Wärmetauscher z.B. erhöhen die Verdampfungs-, bzw. Kondensations-temperatur und damit den Energieverbrauch einer Kälteanlage.

Die Bezugsfläche beinhaltet die beheizten Geschäftsflächen und Gewächshausflächen. Diese Fläche variierte bei den untersuchten Betrieben zwischen 1.407 m² und 7.110 m² (im Mittel 3.252 m²). Der jährliche Gesamtstromverbrauch lag zwischen 20.000 kWh und 102.600 kWh (im Mittel 40.100 kWh). Der Zusammenhang zwischen Bezugsfläche und Jahresstromverbrauch schaut folgendermaßen aus:



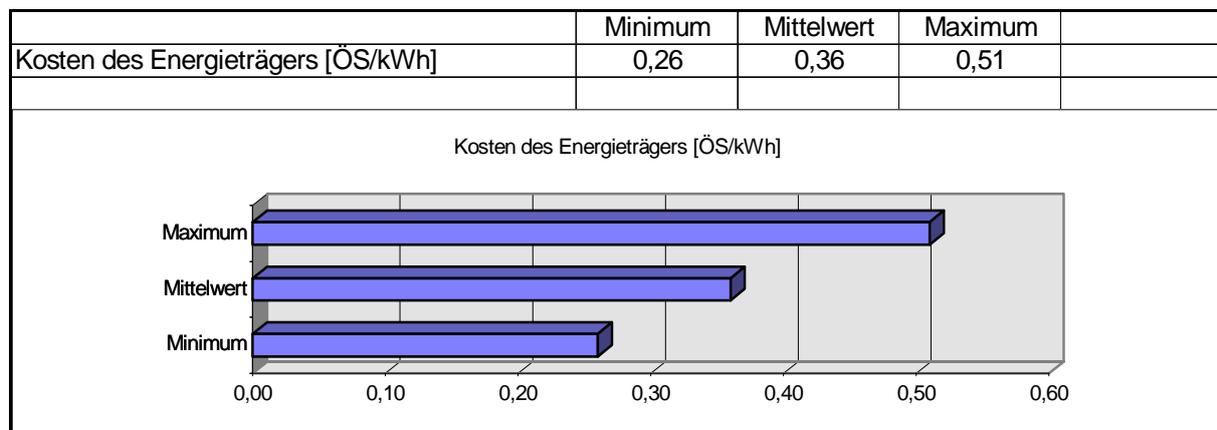
Der Strombedarf pro Fläche liegt zwischen 6,2 kWh / m² und 20,5 kWh / m² (dieser Betrieb hat künstliche Belichtung für einen Teil der Pflanzen). Das Mittel liegt bei 13 kWh / m² .

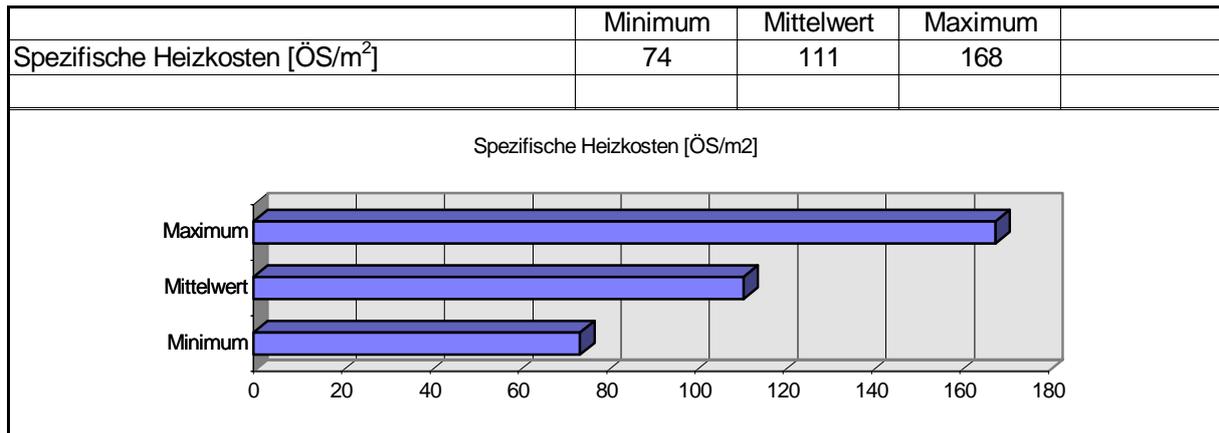


6. Energiekosten

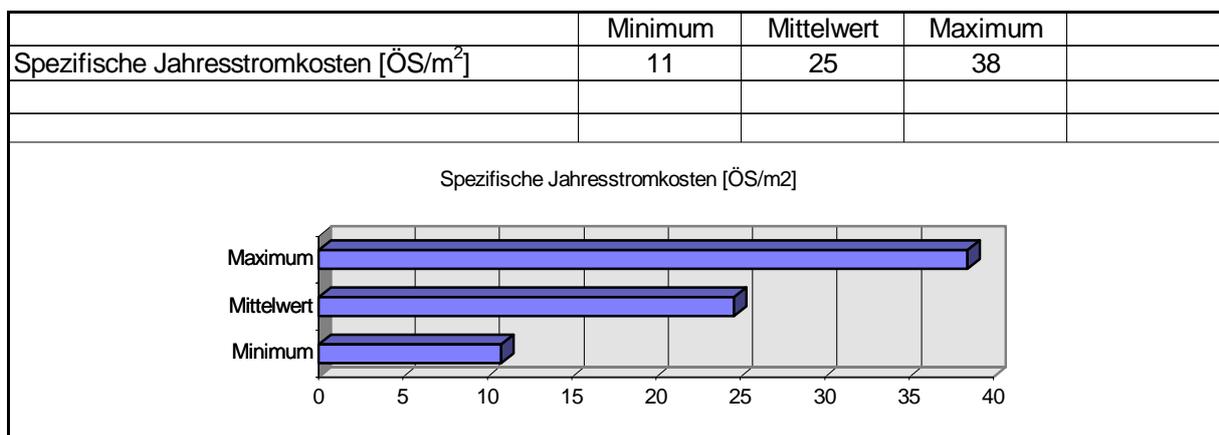
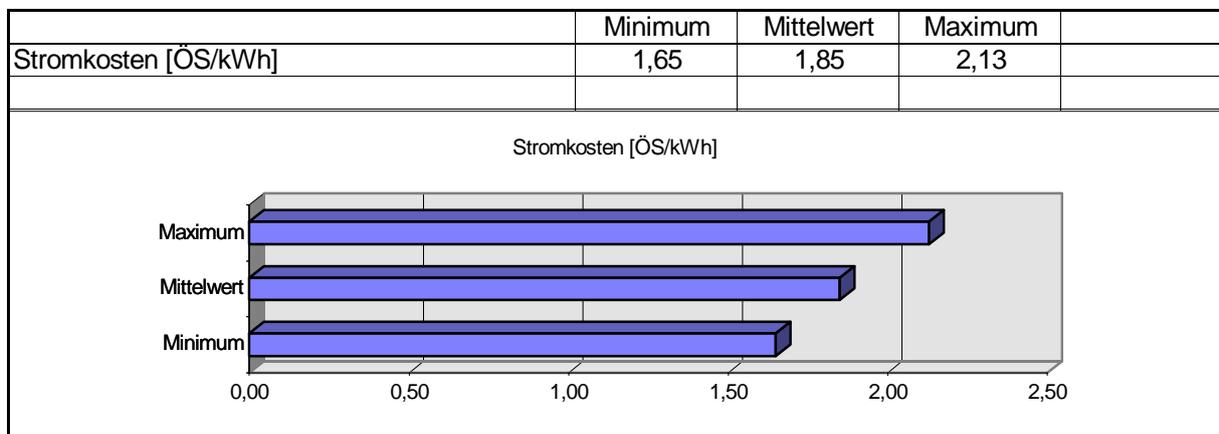
Kosten des Energieträgers für die Heizung

Da Zeiträume mit Energieabgabe und ohne Energieabgabe vorkommen sind die Kosten der Energieträger ohne Energieabgabe angegeben, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Betriebe mit Fernwärmeversorgung haben den höchsten Preis pro kWh. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß keine Investitionskosten und Wartungskosten oder Reperaturkosten für den Heizkessel anfallen.





Elektrischer Strom



Die Bezugsfläche enthält die beheizten Geschäftsflächen und Gewächshausflächen.

Bevor die elektrischen Verbraucher genauer analysiert werden, soll an dieser Stelle kurz auf das prinzipielle tarifliche System der Stromversorgung eingegangen werden.

7. Stromtarife

Die Kosten für die elektrische Energie setzen sich zusammen aus:

- Arbeitspreis
- Leistungspreis
- Meßpreis
- Blindstromkosten

Der **Arbeitspreis** ist das Entgelt für die vom Kunden bezogene Wirkarbeit in [öS/kWh]. Die Kosten für eine kWh sind abhängig von der Tarifzeit und der Art der Bestimmung der Verrechnungsleistung.

Der **Leistungspreis** stellt das Entgelt für die vom Kunden im jeweiligen Abrechnungszeitraum beanspruchte elektrische Leistung dar. Als Berechnungsgrundlage dient die Verrechnungsleistung, die entweder auf Basis der 96-Stunden-Meßperiode (gemessen oder rechnerisch bestimmt) oder der 1/4-Stunden-Meßperiode ermittelt wird.

- **96-Stunden-Meßperiode**

Dabei wird der Stromverbrauch in 96-Stundenperioden gemessen. Mit jeder Stunde beginnt eine neue Periode. Jede gemessene kWh stellt eine Leistungseinheit dar. Verrechnet wird der höchste 96-Stundenwert des Abrechnungszeitraumes. Falls die Ermittlung der Leistungseinheiten rechnerisch erfolgt (nur bei sehr kleinen Verbrauchern) wird die Verrechnungsleistung über den sogenannten Lastfaktor ermittelt. Dieser beträgt für das Gewerbe 0,025.

- **1/4-Stunden-Meßperiode**

Die Jahresverrechnungsleistung in kW ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der drei höchsten gemessenen 1/4-Stunden-Durchschnittsleistungen in den Zeiträumen

- Jänner bis März
- April bis September
- Oktober bis Dezember

Der Stromkunde kann nach dem neuen Tarifsystem den für ihn günstigsten Tarif über weite Bereiche selbst wählen.

Blindstrom

Neben der Wirkarbeit bezieht ein Betrieb üblicherweise auch Blindarbeit. Diese ist bis zu 50 % der Wirkarbeit (im Abrechnungszeitraum) kostenfrei. Blindstromkompensationsanlagen sind daher auf einen $\cos \varphi$ von mindestens 0,9 auszulegen.

Meßpreis

Der Meßpreis ist das Entgelt für die zur Verfügungstellung der Meß-, Schalt- und Steuereinrichtungen.

Schwachlasttarife

Außerhalb der Netzspitzen kann der Stromkunde kostengünstige Schwachlasttarife in Anspruch nehmen.

- **Nachtstrom**
- **Sommer-Nachtstrom**
- **Tarif für unterbrechbare Lieferung**

Diese Art des Tarifes ist besonders günstig für Betriebe mit einzelnen elektrischen Verbrauchern hoher Anschlußleistung aber geringer täglicher Betriebszeit. Können diese Betriebszeiten in fixe, für das EVU lastschwache Perioden verlegt werden, so kann dieser Sondertarif in Anspruch genommen werden.

Sondertarife

Die Sondertarife sind nach Spannungsebene, Leistungs- und Eigentumsverhältnissen (Übergabestelle) strukturiert.

7.1 Einsparmöglichkeiten bei elektrischer Energie

Eine Einsparung bei den Stromkosten kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- **Tarifwahl:** Durch die Auswahl des für das Unternehmen am besten geeigneten Stromtarifs bzw. durch Anpassung von Energielieferverträgen an die betrieblichen Bedingungen können große Sparpotentiale erzielt werden. Eine Tarifanalyse, die von der OÖ. Wirtschaftskammer angeboten wird, zeigt die jeweils günstigsten Varianten auf. So ergab sich bei einem untersuchten Betrieb allein durch eine Tarifumstellung (also ohne Investitionsaufwand) eine Reduktion der Stromkosten um etwa S 120.000.- pro Jahr oder knapp 2,5%.
- **Reduktion des Stromverbrauchs (bezogene Wirkarbeit)** durch Reduktion der Einschaltzeiten von bestehenden Verbrauchern bzw. Ersatz durch energiesparende Systeme.

Lastmanagement

Die Leistungssteuerung (auch Lastmanagement genannt) stellt eine drohende Leistungsspitze fest und reagiert darauf. Dies geschieht in der Form, daß einzelne Verbraucher (die mit verschiedenen Wegschaltprioritäten belegt sein können) auf eine bestimmte Zeit weggeschaltet werden können. Folgende Verbrauchsstellen können spitzenabhängig geschaltet werden: Küche, Lüftungsanlage, Klimaanlage, teilweise Pumpen, Beleuchtung (z. B. Garagenbeleuchtungen bzw. einzelne Leuchtbänder in Büros, Nebenräumen etc.). Auch durch entsprechendes Benutzerverhalten kann das Überschreiten von Leistungsspitzen vermieden werden. So ergibt sich bei einem untersuchten Betrieb eine geschätzte Leistungsspitze von ca. 19 kW (ca. öS 30.000,- pro Jahr) durch das Einschalten der im Haus verteilten Kaffeemaschinen bei Bürobeginn. Durch gestaffelte Beginn- bzw. Pausenzeiten können solche Spitzen reduziert werden. Eine genauere Analyse der Einsparpotentiale durch ein Spitzenlastmanagement kann nach einer Aufnahme und Auswertung der Lastgangkurve erfolgen.

Reduzierung der Blindstromkosten

Die Blindleistung entsteht im Stromnetz vorwiegend durch induktive Lasten, die hauptsächlich von Elektromotoren verursacht werden. Wenn Blindstromkosten anfallen (ist auf der Stromrechnung ersichtlich), empfiehlt sich die Installation einer Blindstromkompensation. Dabei werden, je nach Anforderung, dezentral an einzelne Verbraucher, bei Verbrauchergruppen oder zentral Regeleinheiten installiert, die einen Bezug von Blindstrom verhindern. Mit Hilfe einer Blindstromkompensationsanlage werden diese Induktivitäten durch entsprechende Kondensatoren ausgeglichen. Eine Blindstromkompensation muß üblicherweise so ausgelegt sein, daß die Blindleistung max. 50% der Wirkleistung beträgt (d.h. daß der $\cos \varphi$ größer gleich 0,9 ist).

8. Einsparpotentiale und Wirtschaftlichkeit

Die Beseitigung der gefundenen Schwachstellen hat neben der Einsparung von Energie auch erhebliche Energiekosteneinsparungen zur Folge. Die folgende Übersicht zeigt eine Abschätzung der Energiesparpotentiale. In den vorgeschlagenen Maßnahmen wird auf eine wirtschaftliche Amortisationszeit geachtet. Maßnahmen, die eine Amortisationszeit von über 5 Jahren ergeben, bleiben in der Aufstellung unberücksichtigt.

- **Fan-Coil (Luft - Wasser - Wärmetauscher):**

bereits in der Übergangszeit (ab März und bis Oktober) können pro Monat bis zu ca. 20 kWh pro Quadratmeter Glashausfläche an Warmwasser gewonnen werden. Damit lässt sich nicht nur der gesamte Gießwasserbedarf decken, sondern es könnte damit zur Nachtzeit auch das Glashaus wieder beheizt werden.

Beispiel einer Wirtschaftlichkeitsrechnung:

Eine Gärtnerei besitzt eine Gewächshausfläche 2000 m^2 , die zu bewässern sind. Bei einem täglichen Wasserverbrauch von $5 \text{ l} / \text{m}^2$ wird im Monat ca. 300 m^3 Gießwasser benötigt. Um diese Menge von der Kaltwassertemperatur von 8°C auf 13°C vorwärmen zu können, ist eine Energie von 1745 kWh notwendig. Mit den mittleren Kosten des Energieträgers (siehe Kapitel 6) von $0,36 \text{ ÖS/kWh}$ und einem Gesamtnutzungsgrad von 90% ergibt dies im Jahr Kosten von 8 374,- ÖS.

Nun soll ein Fan-Coil mit 6 kW maximaler Kühlleistung zur Vorwärmung des Gießwassers eingesetzt werden (Investitionskosten ca. 10 000 ÖS). Es werden 600 m^2 Gewächshaus mit einem Temperaturniveau von ca. 20°C damit belüftet, d. h. die maximale Kühlleistung liegt bei $10 \text{ W} / \text{m}^2$. Damit können $2 439 \text{ m}^3$ von den im Jahr benötigten 3600 m^3 erwärmt werden (siehe Kapitel 6, Tabelle „Monatliche Gießwassermenge in l“), das sind 68% Deckungsgrad. Es können damit im Jahr ca. 5 673 ÖS an Heizkosten zur Erwärmung des Gießwassers eingespart werden. Da für den Betrieb des Gebläses und der Pumpe des Fan-Coils die jährlichen Stromkosten nur bei ca. 600 ÖS bis 700 ÖS liegen, ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 2 Jahren.

- **Umglasung:**
Verbesserung der Güte der Verglasung. Z. B. durch Doppelverglasung statt Einfachverglasung kann der Heizenergiebedarf für Gewächshäuser mit einer Innentemperatur von 20 °C auf 2/3 des ursprünglichen Heizenergiebedarfs reduziert werden (siehe auch Anhang „Energiebilanzen für Gewächshäuser“)
- **Einbau von Speichermassen**
ist nur für Neubauten wirtschaftlich. Dabei kann durch eine Verrohrung von Gehwegen oder Beton- und Schottermassen Luft durchgeblasen werden.
- **Verbesserung der Steuerung und Regelung von Heizung und Lüftung**
Es muß sichergestellt sein, daß nicht gleichzeitig geheizt und gelüftet wird. Die Einstellungen der Heizungs- und Lüftungsregelung sind darauf zu überprüfen.
- **Kesseltausch:**
durch den besseren Gesamtwirkungsgrad ergeben sich bei alten Kesseln durch die niedrigeren Energiekosten oft sehr günstige Amortisationszeiten. Eine Wirkungsgradverbesserung um bis zu 25 % ist in Einzelfällen realistisch. Der alte Kessel kann hierbei oft als Reservekessel weiter eingesetzt werden. Manche Versicherungen bieten für diesen Fall eine günstigere Versicherungsprämie an.

9. Anhang: Energiebilanzen für Gewächshäuser

Für die Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs eines Gewächshauses ist es notwendig, neben den Transmissionsverlusten und Lüftungsverlusten auch den Anteil der solaren Einstrahlung, der tatsächlich zur Deckung der Verluste genutzt werden kann, zu kennen. Gewächshäuser weisen gegenüber Massivbauten (wie z. B. Wohnhäuser) nur sehr geringe Speichermassen auf. Weiters ist durch den hohen Anteil an Glasflächen die solare Einstrahlung viel größer als für herkömmliche Bauten. Daher führen zur Bestimmung der solaren Gewinne die für Massivbauten üblichen Methoden zu schlechten Resultaten, die von gemessenen Werten stark abweichen.

Im folgenden sollen zur Verdeutlichung die Transmissionsverluste (Verluste durch die Wärmeleitung des Glases) und die solaren Gewinne im Laufe eines Tages gegenübergestellt werden:

$$\text{Transmissionsverlust } P_t = A \cdot k \cdot (T_i - T_a)$$

$$\text{solare Einstrahlung } P_s = G \cdot A \cdot f$$

A.... Fläche des Gewächshauses

G.... momentane solare Einstrahlung auf eine horizontale Ebene

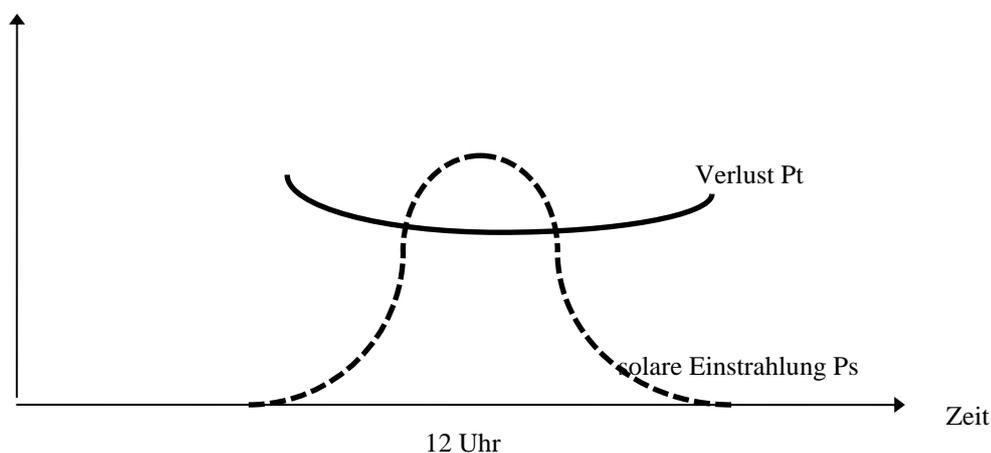
f..... Produkt aus Glasanteil, Energiedurchlaßfaktor g und der Abschattung

k.... Wärmedurchgangskoeffizient für das Glas

T_i.... Innentemperatur

T_a.... momentane Außentemperatur

Dabei wird angenommen, daß die Fläche für die solare Einstrahlung gleich der Verlustfläche A ist und Verluste über den Boden vernachlässigt. Da T_a und G zeitabhängig sind, sich also im Laufe des Tages ändern, sind auch P_t und P_s zeitabhängig. Abb. 1 zeigt dies schematisch für einen Tag:



Die solare Einstrahlung kann bei geringer Speichermasse nur dann genutzt werden, wenn diese kleiner als der momentane Verlust ist. Was darüber hinausgeht wird weggelüftet. P_s und P_t sind nicht unabhängig, sondern korrelieren stark, da bei hoher solarer Einstrahlung G auch die Außentemperatur T_a ein Maximum aufweist. Dadurch können zur Bestimmung des tatsächlichen solaren Gewinnes nicht nur die Mittelwerte und Streuungen von G und T_a herangezogen werden, sondern es sind entsprechende Korrelationsfaktoren zu berücksichtigen.

Speichermassen (im einfachsten Fall anliegende Massivbauten) können bei geeigneter Regelung von Heizung und Lüftung die Spitzen der solaren Einstrahlung zu Zeiten mit niedrigerer solarer Einstrahlung und niedrigeren Außentemperaturen „umschichten“.

Einige aus Klimadaten abgeleitete Ergebnisse sollen dies verdeutlichen. Abb. 2a zeigt monatliche Verluste, solare Einstrahlung und solare Gewinne für $T_i = 20^\circ\text{C}$, Abb. 2b für $T_i = 10^\circ\text{C}$ wenn die Speichermassen vernachlässigbar klein sind (übliche Situation für Gewächshäuser). Dabei wurde Einfachverglasung ($k=6 \text{ W/m}^2\text{K}$) und $f=0,6$ angenommen.

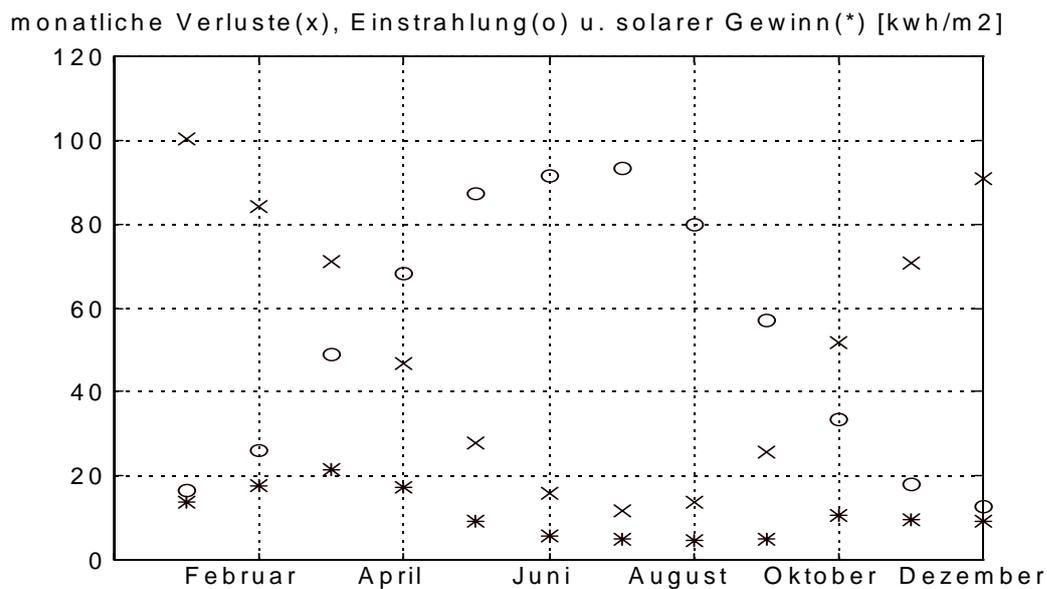


Abb. 2a

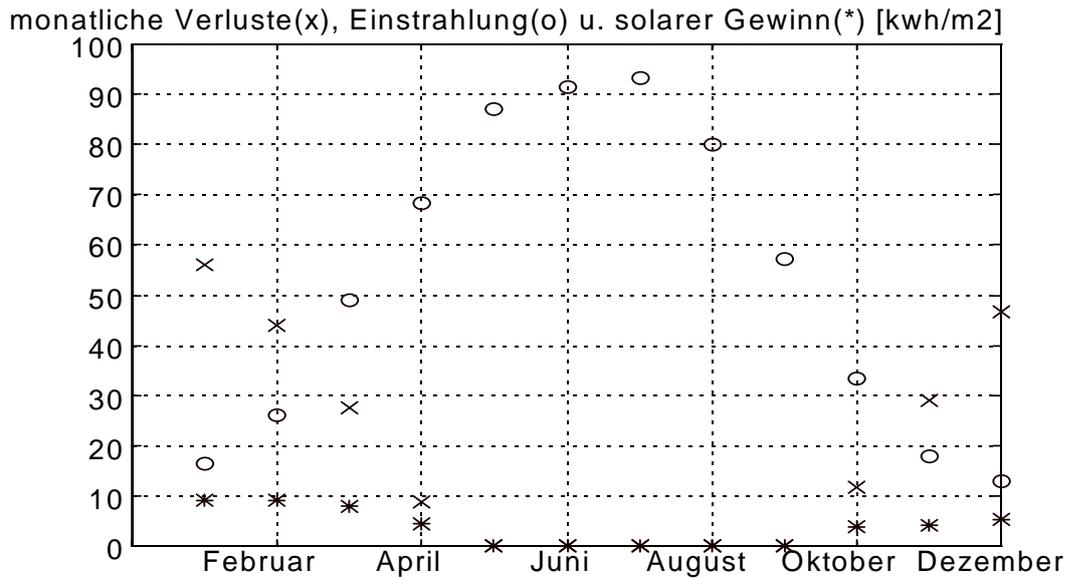


Abb. 2b

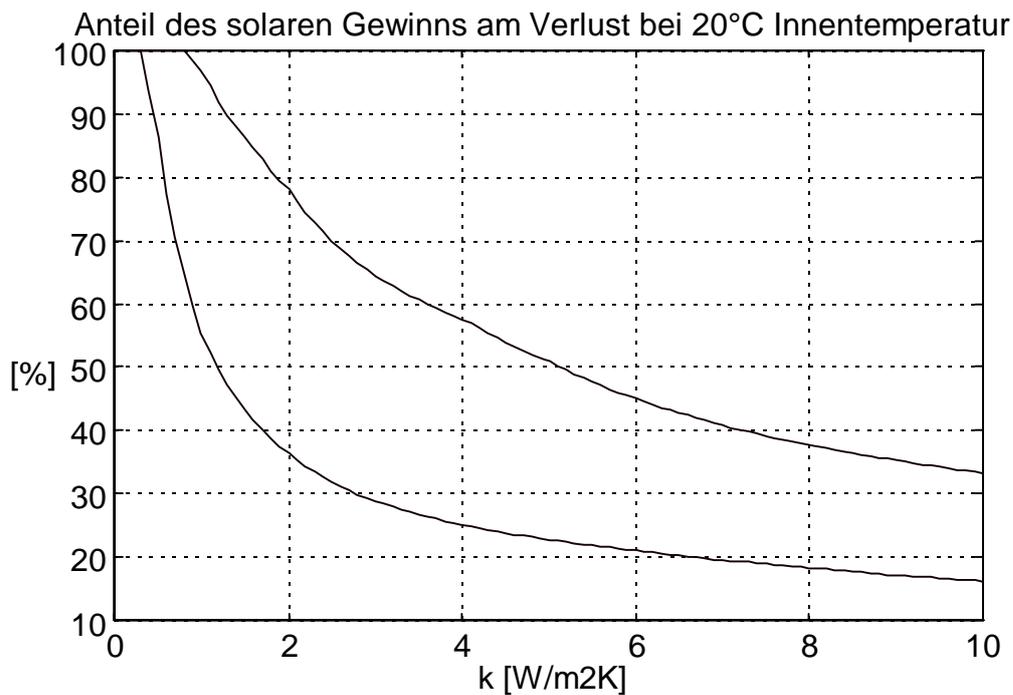


Abb. 3:

Anteil des solaren Gewinns am Verlust für ein Jahr in Abhängigkeit des k-Wertes für das Glas. Der Rest auf 100% muß durch die Heizung erbracht werden. Die untere Kurve ist für vernachlässigbar kleine Speichermassen, die obere Kurve wenn durch Speichermassen die solare Spitze bis zu maximal einem halben Tag verschoben werden kann.

In Abb. 3 ist für $T_i = 20^\circ\text{C}$ der Anteil des solaren Gewinns am Verlust für ein Jahr in Abhängigkeit des k -Wertes für das Glas gezeigt. Die untere Kurve ist für vernachlässigbar kleine Speichermassen, die obere Kurve wenn durch Speichermassen die solare Spitze bis zu maximal einem halben Tag verschoben werden kann.

Abb. 4 zeigt den zugehörigen Heizenergiebedarf für $T_i = 20^\circ\text{C}$ und Abb.5 die daraus berechnete Wärmekennzahl $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$. Die Wärmekennzahl ist der Wärmebedarf (Heizenergie) pro Quadratmeter Gewächshaus dividiert durch die Gradtagssumme. Die Gradtagssumme ist die Differenz von Innen- und Außentemperatur multipliziert mit der Zeitdauer in Tagen. Die berechnete Wärmekennzahl ist ein Maß für die Güte der Gewächshäuser. Diese Wärmekennzahl orientiert sich am tatsächlichen Energieverbrauch und berücksichtigt daher neben den Verlusten die solaren Gewinne. Je besser das Glashaus ist, z. B. durch Gläser mit geringeren Wärmeverlusten oder an Standorten mit mehr Sonnenschein, desto kleiner ist die Wärmekennzahl.

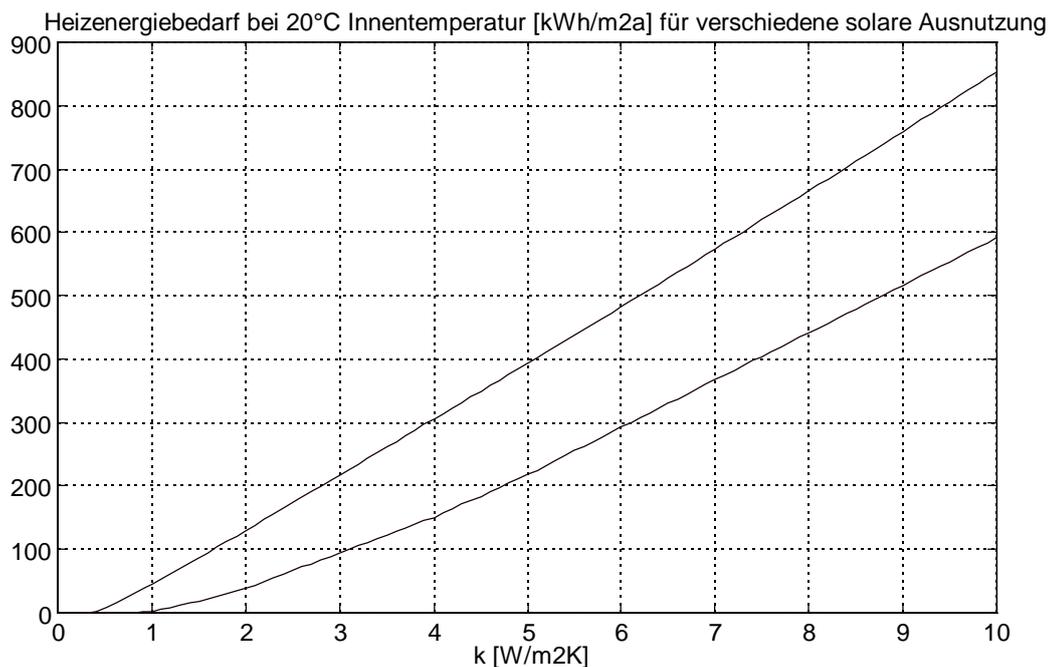


Abb. 4:

Jährlicher Heizenergiebedarf in Abhängigkeit vom k -Wert der Verglasung. Die obere Kurve ist für vernachlässigbar kleine Speichermassen, die obere Kurve wenn durch Speichermassen die solare Spitze bis zu maximal einem halben Tag verschoben werden kann.

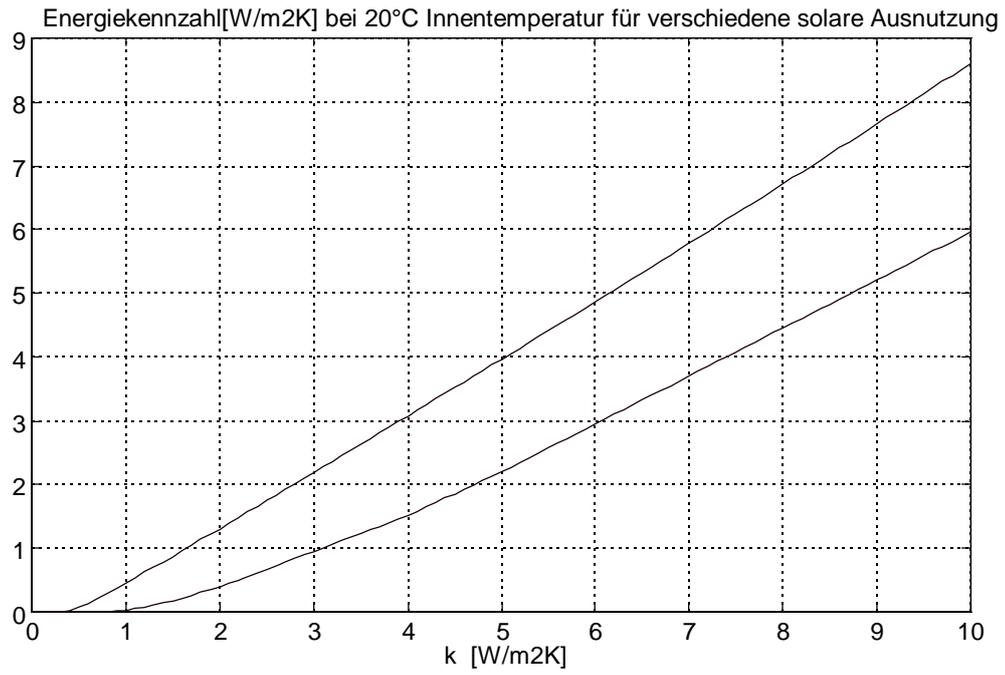


Abb. 5. Wärmekennzahl zur Situation von Abb. 4