



Das Lebensministerium



Standard Diff



AT-Korrektur



dAT-Korrektur



Außentemperaturkorrektur

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Heft 15/2007

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Außentemperaturkorrektur

**Entwicklung neuer Methoden zur Energieeinsparung bei der Steuerung des Gewächshaus-
klimas unter Sicherung der Kulturdauer und Qualität im Zierpflanzenbau
2004 bis 2006**

Stephan Wartenberg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung.....	1
2	Material und Methoden	2
2.1	Gewächshäuser	2
2.2	Steuerungsmodelle	3
2.2.1	Standard DIFF	3
2.2.2	Standard Cool Morning.....	4
2.2.3	Standard Nachtabenkung	4
2.2.4	Lineare Außentemperaturkorrektur.....	4
2.2.5	Dynamische Außentemperaturkorrektur	6
2.2.6	Temperatursumme/Luftfeuchte	9
2.2.7	Anbindung an den Kulturabschnitt.....	9
2.3	Pflanzenarten und -sorten.....	10
2.4	Datenerfassungen.....	13
2.4.1	Klimadaten Gewächshäuser und Außen	13
2.4.2	Heizenergieverbrauch	13
2.4.3	Merkmalerfassungen an den Pflanzen	13
2.4.4	Haltbarkeitstests	14
2.4.5	Biometrische Auswertungen.....	15
3	Ergebnisse	15
3.1	Reale Temperaturverläufe	15
3.2	Entwicklung der Temperatursummendifferenzen	17
3.3	Auswirkungen auf die relative Luftfeuchte.....	20
3.4	Kulturdauer und Ertrag.....	21
3.5	Pflanzenqualität und Zimmerhaltbarkeit	22
3.6	Energieeinsparung.....	26
4	Praxiseinführung	28
5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	29
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	30
7	Literaturhinweise	32
8	Kontaktadressen	34
9	Anhang.....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beet- und Balkonpflanzenarten in den Versuchsjahren 2004 bis 2006	10
Tabelle 2: Poinsettienarten in den Versuchsjahren 2004 bis 2006	11
Tabelle 3: Schnittcyclamen im Versuchsjahr 2005/2006	12
Tabelle 4: Topfcyclamen im Versuchsjahr 2006.....	12
Tabelle 5: Mittlere Luftfeuchte und Zeitanteile mit hoher Luftfeuchte bei verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (19.1. - 8.5.2005, Beet- und Balkonpflanzen)	21
Tabelle 6: Energieeinsparungen und Temperatursummen 2004 bis 2006	27
Tabelle 7: Heizkosteneinsparung in Abhängigkeit von der Energieeinsparung und dem Ölpreis.....	30

Anhang Tabelle 1: Energiesparprogramme Frühjahr 2004 (2 Sätze in KW 4 und 9)

Anhang Tabelle 2: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2004 – Satz KW 4

Anhang Tabelle 3: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2004 – Satz KW 9

Anhang Tabelle 4: Energiesparprogramme Herbst 2004

Anhang Tabelle 5: Pflanzenmerkmale Poinsettien Herbst 2004

Anhang Tabelle 6: Energiesparprogramme Frühjahr 2005

Anhang Tabelle 7: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2005 - Satz KW 3

Anhang Tabelle 8: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2005 - Satz KW 6

Anhang Tabelle 9: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2005 - Satz KW 9

Anhang Tabelle 10: Energiesparprogramme Herbst 2005

Anhang Tabelle 11: Pflanzenmerkmale Poinsettien 2005

Anhang Tabelle 12: Pflanzenmerkmale Schnittcyclamen 2005/2006

Anhang Tabelle 13: Energiesparprogramme Frühjahr 2006

Anhang Tabelle 14: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2006 - Satz KW 5

Anhang Tabelle 15: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2006 - Satz KW 9

Anhang Tabelle 16: Energiesparprogramme Herbst 2006

Anhang Tabelle 17: Pflanzenmerkmale Poinsettien 2006

Anhang Tabelle 18: Pflanzenmerkmale Topfcyclamen 2006

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beeinflussung der Heizungssollwerte durch verschiedene Heizungssteuerungsprogramme am Beispiel 4. - 12.10.04.....	16
Abbildung 2:	Entwicklung der Realtemperaturen der verschiedenen Heizungssteuerungsprogramme am Beispiel 4. - 12.10.2004	17
Abbildung 3:	Entwicklung der Temperatursummendifferenz einer Frühjahrskultur am Beispiel der Beet- und Balkonpflanzen 2005.....	18
Abbildung 4:	Entwicklung der Temperatursummendifferenz einer Herbstkultur am Beispiel der Poinsettien 2004	19
Abbildung 5:	Entwicklung der Temperatursummendifferenz einer Herbst/Winter-Kultur am Beispiel der Schnittcyclamen 2005/2006	20
Abbildung 6:	Gleichwertige Pflanzenqualität bei Neuguinea-Impatiens 'Paradis Papete' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2005).....	23
Abbildung 7:	Gleichwertige Pflanzenqualität bei Zonalpelargonie 'Bergpalais' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2005).....	23
Abbildung 8:	Gleichwertige Pflanzenqualität bei der stark wachsenden 'Millennium' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2004).....	24
Abbildung 9:	Gleichwertige Pflanzenqualität bei der kompakt wachsenden 'Premium White' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2004).....	24
Abbildung 10:	Gleichwertige Pflanzenqualität bei 'Concerto Red' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2006).....	25
Abbildung 11:	Gleichwertige Pflanzenqualität 'Magenta flame decora' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2006).....	25

- Anhang Abbildung 1: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2004
- Anhang Abbildung 2: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Poinsettien im Herbst 2004
- Anhang Abbildung 3: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2005
- Anhang Abbildung 4: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Poinsettien im Herbst 2005 - GWH 11 mit Tischsystem
- Anhang Abbildung 5: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Poinsettien im Herbst 2005 - GWH 12 mit Ebbe/Flut-Beton
- Anhang Abbildung 6: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Schnittcyclamen 2005 - 2006
- Anhang Abbildung 7: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2006 - 1. Satz ab KW 5
- Anhang Abbildung 8: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2006 - 2. Satz ab KW 9
- Anhang Abbildung 9: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Poinsettien im Herbst 2006
- Anhang Abbildung 10: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Topfcyclamen im Herbst 2006

Abkürzungsverzeichnis

AT	lineare Außentemperaturkorrektur
CM	Cool Morning
dAT	dynamische Außentemperaturkorrektur
DIFF	Diff
GWH	Gewächshaus
HE	Heizenergie
KW	Kalenderwoche
m	mit
Nm ²	Nettoquadratmeter
o	ohne
rLF	relative Luftfeuchte
T/N	Tag/Nacht
TS	Temperatursumme
TSD	Temperatursummendifferenz
TSK	Temperatursummenkontrolle

1 Einleitung und Problemstellung

Die Erzeugung von Zierpflanzen in Gewächshäusern erfolgt mit einem erheblichen Einsatz von Heizenergie. An einer Senkung dieses Energieeinsatzes besteht sowohl aus Umweltgründen ein gesellschaftliches als auch aus ökonomischen Gründen ein einzelbetriebliches Interesse. Bei weitgehend stagnierenden Zierpflanzenpreisen erfordern die steigenden Energiepreise eine beschleunigte Senkung des Energieeinsatzes.

Zur Senkung des Energieverbrauches bzw. der Energiekosten von Gewächshäusern gibt es eine Reihe von Maßnahmen, auf die im Einzelfall zurückgegriffen werden kann. Dazu zählen

- Wärmedämmmaßnahmen (z. B. Energieschirme, Thermoverglasungen, zusätzliche Noppenfolie in den Wintermonaten)
- Verbesserung der Wärmeverteilung (z. B. Vegetations- und Bodenheizungen, Ventilatoren)
- Heizanlagen mit hohem Wirkungsgrad (z. B. Brennwerttechnologie, Blockheizkraftwerke)
- Optimierung Regelung (z. B. Sensorpflege, Schirmsteuerung, komplexe computergesteuerte Klimatisierung)
- Energiesparende Kulturführung (z. B. Bewässerung zu energetisch günstiger Tageszeit, Temperaturabsenkung am Kulturende)
- Wechsel zu weniger energiebedürftigen Pflanzenarten und Sorten (z. B. bei Poinsettien)
- Umstieg auf andere Primärenergieträger (z. B. Holzhäcksel, Bioöle, Steinkohle)

Weil jede dieser Maßnahmen Vor- und Nachteile hat, ist eine detaillierte Abwägung für die konkrete betriebliche Situation erforderlich. Eine Übersicht bzw. Checkliste zu diesen Maßnahmen findet sich z. B. in KTBL (2006).

Eine Reihe dieser Maßnahmen wie hochgradig gedämmte Gewächshäuser, spezielle Heizanlagen oder der Umstieg auf andere Primärenergieträger sind derzeit in vielen Betrieben nicht realisierbar, weil sie erhebliche finanzielle Investitionen erfordern. Bei allen Energiesparmaßnahmen ist zu bedenken, dass es nicht allein um eine hohe absolute Einsparung geht, sondern um die Senkung der Energiekosten je Produkteinheit. Eine Produktionssteigerung durch Kulturoptimierung bei gleich bleibendem Energieeinsatz ist ebenfalls eine energiesparende Maßnahme.

An der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurde von 2004 bis 2006 im Fachbereich Gartenbau das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Gewächshaussteuerung zur Energieeinsparung im Zierpflanzenbau“ realisiert, bei dem eine weitere Grundidee zur Energieeinsparung verfolgt wurde:

Einerseits schwankt die energetische Situation von Gewächshäusern im Tagesverlauf, in Abhängigkeit von der Witterungssituation und auch im Jahresverlauf sehr stark. Häufig und rasch wechseln Energiedefizit (Heizungsfall), eine ausgeglichene Energiebilanz (Temperatur zwischen Hei-

zungs- und Lüftungssollwert) und Energieüberschuss (Lütfungsfall). Andererseits haben Pflanzen in bestimmten Grenzen die Fähigkeit, schwächeres Wachstum in Zeiten mit niedrigeren Temperaturen durch stärkeres Wachstum in Zeiten mit höheren Temperaturen auszugleichen. Diese Fähigkeit ergibt sich im Wesentlichen aus der Tatsache, dass Zierpflanzen in der Regel bei Temperaturen kultiviert werden, die knapp unterhalb der Optimalwerte für maximales Wachstum liegen (siehe MENNE 1992). Pflanzen haben also in bestimmten Grenzen die Fähigkeit zur Wärmeintegration.

Aus diesen beiden Tatsachen ergibt sich die Chance zur Energieeinsparung, indem die Deckung des Wärmebedarfes der Pflanzen quasi in solche Zeiten „verschoben“ wird, in denen eine höhere Temperatur im Gewächshaus durch geringeren Einsatz an Heizenergie erreicht werden kann. Die zeitweise Absenkung der Temperatur lässt Risiken hinsichtlich möglicher Kulturzeitverlängerungen, Qualitätseinbußen durch verstärktes Längenwachstum sowie eines erhöhten Krankheitsrisikos durch häufigere Taupunktüberschreitungen erwarten. Aufgabe des oben genannten Projektes war die Entwicklung neuer Methoden zur Energieeinsparung bei der Steuerung des Gewächshausklimas unter Sicherung der Kulturdauer und Produktqualität im Zierpflanzenbau bis hin zu anwendungsreifen Empfehlungen für die wichtigsten Topfpflanzenkulturen.

Bisher erfolgte die Temperatursteuerung in Gewächshäusern nach konstanten Tag- und Nachtsollwerten, die mehr oder weniger streng an einer Optimierung des Pflanzenzuwachses orientiert waren. Die energetische Situation des Gewächshauses wurde dabei nur insofern berücksichtigt, als dass zunächst die Nachtsollwerte 2 bis 3 K unter den Tagsollwerten lagen. Das damit geförderte, unerwünschte Streckungswachstum wurde chemisch kontrolliert. Nach Einführung der Energieschirme, die die Energiesituation nachts wesentlich verbessern und durch das Bestreben, die chemische Wachstumsregulierung zu reduzieren, wurden auch nachts höhere bzw. tags und nachts gleiche Sollwerte praktiziert (so genannte Diff-Strategie). Neue, intelligente Heizungsstrategien sollten den aktuellen Heizungssollwert flexibilisieren und an die aktuelle Energiesituation des Gewächshauses anpassen.

Wesentliche veränderliche Einflussgrößen auf den Bedarf an Heizenergie von Gewächshäusern sind die Differenz zwischen der Innen- und Außentemperatur, die Einstrahlung sowie die Windgeschwindigkeit. Der stärkste Einflussfaktor ist dabei die Differenz zwischen der Innen- und Außentemperatur. Im Rahmen dieses Projektes wurden deshalb Möglichkeiten und Grenzen einer Außentemperaturkorrektur des Heizungssollwertes von Gewächshäusern untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Gewächshäuser

Die Entwicklung und Testung der Energiesparprogramme erfolgte in der Versuchsgewächshausanlage der LfL in Dresden-Pillnitz. Die einzeln stehenden Breitschiffgewächshäuser 10, 11 und 12 entsprechen der Grundkonstruktion Deutsches Normgewächshaus und sind in Südost-Nordwest-Richtung aufgestellt. Die 12,55 m breiten und 45,95 m langen Gewächshäuser sind in jeweils drei

Kabinen zu 185 m² Grundfläche unterteilt. Die Verglasung besteht im Stehwandbereich aus Isolierglas (Doppelverglasung) und im Dachbereich aus Gartenblankglas. Die Nettogröße beträgt pro Haus 120 m², wobei die Gewächshäuser 10 und 11 mit Rolltischen und das Gewächshaus 12 mit Beton-Anstaubecken im Grundbeet ausgestattet sind. Jede der Kabinen ist separat klimatisierbar.

Die Gewächshäuser 10 und 11 mit Tischausstattung werden über Untertisch-, Stehwand- und hohe Rohrheizung mit Heizwärme versorgt. Das Gewächshaus 12 besitzt anstelle der Untertisch- eine Bodenheizung in den Beton-Anstaubecken. Alle Heizungskreisläufe sind einzeln steuerbar. Die Lüftung erfolgt über zweiseitige durchgehende Firstlüftung sowie über Seitenlüftungen in beiden Stehwänden. Für den Energiehaushalt sind weiterhin der Schattier-/Energieschirm sowie bei einigen Kulturen die Verdunklungsanlage relevant. Der trapezförmig in Traufenhöhe angebrachte Schattier-/Energieschirm besteht aus einem weißen Acrylgewebe (Isocryl) mit einem Schattierwert-Nennwert von 60 Prozent und einem Nennwert von 40 Prozent hinsichtlich der Energieeinsparung. Die aus schwarzem Gewebe bestehende Verdunklungsanlage läuft unterhalb der hohen Rohrheizung und schließt mit senkrechten Vorhängen seitlich bis zum Boden ab.

2.2 Steuerungsmodelle

Die Pillnitzer Versuchsgewächshäuser sind mit Steuerungs- und Regelungstechnik der Firma RAM, Herrsching vom Typ CC600 ausgestattet. Mit den Modulen VISURAM und VISUDATA ist eine detaillierte Steuerung aller Funktionen sowie eine umfassende Protokollierung aller erfassten Werte und Funktionen möglich. Die einzelnen Steuerungsprogramme sind in den Produktunterlagen „CC600 Computeranlage K1511“ der RAM Elektronische Regelsysteme der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik Herrsching (RAM 2003) beschrieben.

Zur Gewächshaussteuerung wurden im Rahmen dieses Projekts neben Standardprogrammen aus dem CC600-Paket spezielle Sonderprogramme genutzt, die RAM auf Anregung der LfL bereits bei Errichtung der Pillnitzer Versuchsgewächshäuser im Jahr 2001/2002 entwickelt und installiert hatte. Weil sich auf der RAM-Plattform nicht alle gewünschten Steuerungsmodelle umsetzen ließen, wurde im Auftrag der LfL durch die Firma Hempel + Rülcker Gesellschaft für elektronische Klimaregelsysteme mbH, Dresden ein auf ACCESS-Runtime basierendes Programm entwickelt, mit dem sich unter Ausnutzung der ODBC-Schnittstelle des RAM-Softwarepaketes nahezu beliebige mathematische und zeitgebundene Modelle für die Gewächshaussteuerung realisieren lassen. Im Folgenden werden die erprobten bzw. neu entwickelten Heizungssteuerungsprogramme zur Energieeinsparung kurz vorgestellt. Übersichten zu den konkreten Einstellwerten sind im Anhang wiedergegeben.

2.2.1 Standard DIFF

Das Programm "Standard DIFF" wurde in den Jahren 2004 und 2005 als Vergleichsvariante sowohl bei Beet- und Balkonpflanzen als auch bei Poinsettien eingesetzt. Dieses Programm ist hinsichtlich der hohen Pflanzenqualität und der Kulturdauer ein gut geeigneter Maßstab. Bei Beet- und Balkonpflanzen wurde der Heizungssollwert auf Tag/Nacht 13/16 °C festgelegt, bei den Poinsettien auf

17/19 °C. Die Zielvorgabe einer höheren Nacht- als Tagtemperatur wird jedoch nur etwa an 25 bis 35 Prozent der Kulturtage wirklich erreicht.

2.2.2 Standard Cool Morning

Im Versuchsjahr 2006 wurde bei den Beet- und Balkonpflanzen sowie den Poinsettien eine Temperatursteuerung mit "Cool Morning" als Vergleichsvariante genutzt. Dieses Programm bietet von Haus aus ein Grundpotenzial zur Energieeinsparung, weil in den frühen Morgenstunden, wenn in der Regel auch die Außentemperatur ihren niedrigsten Punkt erreicht, der Heizungssollwert drastisch abgesenkt wird. Allerdings geht durch die Öffnung der Lüftung sowie einen notwendigen Temperatenausgleich während anderer Tagesstunden dieser Einspareffekt teilweise wieder verloren. Auch dieses Programm ist ein guter Standard hinsichtlich der Pflanzenqualität. Bei den Beet- und Balkonpflanzen erfolgte eine Festlegung des Heizungssollwertes auf Tag/Nacht 16/17 °C, wobei ab eine Stunde vor Sonnenaufgang der Heizungssollwert für vier Stunden auf 8 °C abgesenkt wurde. Bei der Poinsettienkultur wurde ein Heizungssollwert von Tag/Nacht 18/18 °C mit der gleichen Absenkung in den frühen Morgenstunden verknüpft.

2.2.3 Standard Nachtabsenkung

Bei der 2005 - 2006 realisierten Kultur von Schnittcyclamen betrug der Heizungssollwert basierend auf Ergebnissen vorhergehender Jahre Tag/Nacht 16/16 °C. Beim Versuch mit Topfcyclamen im Herbst 2006 wurde mit Tag/Nacht 16/14 °C als Standard die in der Praxis übliche Nachtabsenkung des Heizungssollwertes realisiert. Weil bei Topfcyclamen Qualitätsverluste durch ein verstärktes Längenwachstum nicht in dem Maße wie bei anderen Kulturen zu befürchten sind, ist eine energetisch günstige Nachtabsenkung sinnvoll.

2.2.4 Lineare Außentemperaturkorrektur

Beim Programm „lineare Außentemperaturkorrektur“ (= AT) erfolgt eine Anpassung des Heizungssollwertes an die Außentemperatur. In vorwählbaren Bereichen der Außentemperatur wird der Heizungssollwert linear nach oben (Sollwertanhebung) oder nach unten (Sollwertabsenkung) korrigiert. Damit diese Korrekturen auf Dauer nicht zu einer zu starken Abweichung in der Entwicklung der Temperatursumme und damit der Pflanzen führen, überwacht dieses Programm die Differenz zwischen der realen Temperatursumme und der auf einer angenommenen Tagesmitteltemperatur (= Mitteltemperatursollwert) beruhenden theoretischen Temperatursumme. Wird die Differenz zur theoretischen Temperatursumme zu groß, erfolgt wiederum eine Abschwächung der Sollwertanhebungen bzw. -absenkungen. Alle Anhebungen und Absenkungen erfolgen linear in durch die Festlegung der Start- und Endpunkte skalierbaren Bereichen.

Die Arbeitsweise dieses Programms wird anhand der folgenden Beispielswerte erläutert (Begrifflichkeit wie im Sonderprogramm 4 des RAM CC600-Programmpaketes):

a	Heizung: Anhebg von/bis TempSu-Diff	900 Kh	0 Kh
b	Heizung: Anhebg von/bis ATemp-HS	-5 K	-2 K
c	Heizung: Absenkg von/bis TempSu-Diff	-900 Kh	0 Kh
d	Heizung: Absenkg von/bis ATemp-HS	-9,0 K	-14,0 K
e	Heizung: max. Anhebung/max Absenkung	+2,5 K	-5,0 K
f	Heizung: akt Raumsollwert	XX.X °C	
g	Heizung: Temp.summe Diff/Periode	± X Kh	X d
h	Heizung: akt TempSum-abh Korrektur	± X K	

In der Zeile „e“ werden die maximale Anhebung beziehungsweise maximale Absenkung des Basisheizungssollwertes vorgegeben. Welche Anteile dieser Maximalwerte realisiert werden, wird durch die Zeilen „a“ bis „d“ festgelegt.

Die Zeile „b“ beinhaltet, dass eine Anhebung ab einer Differenz zwischen der aktuellen Außentemperatur und dem Basisheizungssollwert von -5 K möglich ist. Diese Anhebung steigt linear bis zu einer Differenz zwischen der Außentemperatur und dem Basisheizungssollwert von -2 K auf die maximale Anhebung von +2,5 K an. Für alle darüber liegenden Differenzen bleibt sie beim Maximalwert von +2,5 K. Diese, zunächst nach der Außentemperatur bemessene Anhebung wird anschließend anhand der Temperatursummenkontrolle verändert. Wie in der Zeile „a“ angegeben, beginnt die Anhebung bei +900 Kh und erreicht ihren Maximalwert bei 0 Kh. Das heißt, bei einem Temperatursummenpolster von mehr als 900 Kh ist keine Anhebung mehr möglich, bei 0 Kh und darunter wird die nach der Außentemperaturkorrektur bemessene Anhebung voll umgesetzt. Im Bereich dazwischen wird die nach der Außentemperaturkorrektur bemessene Anhebung mit einem linear von 0 bis 1 anwachsenden Faktor korrigiert.

Die Zeilen „d“ und „c“ enthalten die entsprechenden Einstellwerte für die Absenkung. Demnach beginnt die Absenkung bei einer 9 K unter dem Basisheizungssollwert liegenden Außentemperatur und erreicht bei -14K zwischen Außentemperatur und Basisheizungssollwert ihren Maximalwert. Diese nach der Außentemperaturkorrektur bemessene Absenkung wird wiederum durch die Temperatursummenkontrolle verändert. Die Absenkung beginnt bei -900 Kh und erreicht bei 0 Kh dem Maximalwert.

Die aktuelle Temperatursummendifferenz wird in Zeile „g“ wiedergegeben. Bei Programmstart wird diese durch Eingabe von „0“ unter Periode zurückgesetzt. Die Temperatursummendifferenz ist die Summe der Abweichungen der realen Gewächshaustemperatur von der vorzugebenden Mitteltemperatur. Diese orientiert sich möglichst an der bisherigen realen Durchschnittstemperatur für die jeweilige Kultur und liegt meist in der Nähe der bisherigen Lüftungssollwerte.

Das Programm der „Außentemperaturkorrektur“ wurde auf Vorschlag seitens der LfL von der Firma RAM, Herrsching entwickelt. Nach Versuchen in den Jahren 2002 und 2003 wurde dieses Programm im Rahmen dieses Projektes 2004 und 2005 mit verschiedenen Parametrierungen bei der Kultur von Beet- und Balkonpflanzen und Poinsettien weiter erprobt. Die konkreten Einstellwerte sind im Anhang dargestellt.

2.2.5 Dynamische Außentemperaturkorrektur

Beim Programm „Dynamische Außentemperaturkorrektur“ (= dAT) wird der aktuelle Heizungswert nach der Abweichung der realen Außentemperatur von ihrem Erwartungswert (= langjähriges Stundenmittel) korrigiert. Ist es für die konkrete Jahres- und Tageszeit zu kalt bzw. zu warm, erfolgt eine Absenkung bzw. Anhebung des Heizungswertes. Ziel ist es, die Wärmeintegration weniger über die Tag/Nacht-Wechsel als über mehrtägige Witterungsschwankungen durchzuführen.

Das dem Steuerungsprogramm zu Grunde liegende mathematische Modell lautete ursprünglich

$$HT_{akt} = HT_{Basis} + \underbrace{F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll}) * (HT_{Basis} - AT_{Ist})}_{\text{Korrekturglied für die Abweichung der Außentemperatur vom langjährigen Mittel}} + \underbrace{F_2 * (TS_{Soll} - TS_{Ist}) / (TS_{Ziel} - TS_{Ist})}_{\text{Korrekturglied für Erreichen der geplanten Temperatursumme zum Kulturende}}$$

Korrekturglied für die Abweichung der Außentemperatur vom langjährigen Mittel

Korrekturglied für Erreichen der geplanten Temperatursumme zum Kulturende

- HT_{akt} = aktualisierter Heizungswert
- HT_{Basis} = Basis-Heizungswert
- F₁ = Skalierungsfaktor Außentemperaturkorrektur
- AT_{Ist} = Ist-Wert Außentemperatur
- AT_{Soll} = Erwartungswert Außentemperatur (langjähriges Mittel)
- F₂ = Skalierungsfaktor Temperatursummenkorrektur
- TS_{Soll} = Soll-Wert Temperatursumme
- TS_{Ist} = Ist-Wert Temperatursumme
- TS_{Ziel} = Zielwert der Temperatursumme zum Kulturende

Weil sich die Festlegung eines Zielwertes für die Temperatursumme aus praktischen Gesichtspunkten jedoch als schwierig erwies, wurde eine offene Lösung für die Temperatursummenkontrolle entwickelt:

$$HT_{\text{akt}} = HT_{\text{Basis}} + F_1 \cdot (AT_{\text{Ist}} - AT_{\text{Soll}}) - F_2 \cdot (TS_{\text{Ist}} - TS_{\text{Soll}})^3$$

HT_{akt}	= aktualisierter Heizungssollwert
HT_{Basis}	= Basis-Heizungssollwert
F_1	= Skalierungsfaktor Außentemperaturkorrektur (z. B. 0,25)
AT_{Ist}	= Ist-Wert Außentemperatur
AT_{Soll}	= Erwartungswert Außentemperatur (langjähriges Mittel)
F_2	= Skalierungsfaktor Temperatursummenkorrektur (z. B. 5×10^{-8})
TS_{Soll}	= Soll-Wert Temperatursumme
TS_{Ist}	= Ist-Wert Temperatursumme

Der Basis-Heizungssollwert wird durch zwei Summanden modifiziert. Der erste Summand bewirkt je nach Abweichung der aktuellen Außentemperatur vom langjährigen Mittel eine Absenkung oder Anhebung des Heizungssollwertes. Ist die Differenz zwischen dem Ist-Wert und dem Erwartungswert der Außentemperatur negativ, wird abgesenkt. Ist die Differenz positiv, wird angehoben.

Die Stärke der Veränderung des Heizungssollwertes in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Ist- und Soll-Wert der Außentemperatur kann über den Faktor F_1 beeinflusst werden. Der Faktor ist so zu wählen, dass Pflanzschäden sicher vermieden werden. Dazu sind die zu erwartenden maximalen Differenzen zu berücksichtigen. Am Standort Pillnitz betragen diese in den letzten Jahren maximal ± 15 K. Bei einem Faktor F_1 von 0,25 ist also eine maximale Absenkung bzw. Anhebung von etwa 4 K gegenüber dem Basis-Heizungssollwert zu erwarten, was bei den meisten Pflanzenarten unkritisch ist. Im Rahmen der Versuche wurde dieser Faktor variiert, später auch für die Absenkung und Anhebung unterschiedlich groß bemessen.

Durch weitere, begrenzende Programmbausteine werden unsinnige Situationen vermieden. Zum Beispiel verhindert

$$\text{WENN } (AT_{\text{Ist}} - HT_{\text{Basis}}) \geq 0, \text{ DANN } F_1 = 0,$$

dass bei Außentemperaturen über dem Basis-Heizungssollwert hinaus noch eine Anhebung des Heizungssollwertes erfolgt.

Der Lüftungssollwert wird durch

$$\text{WENN } (HT_{\text{akt}} - HT_{\text{Basis}}) \geq 0, \text{ DANN } LT_{\text{akt}} = LT_{\text{Basis}} + \Delta t$$

LT_{akt} = aktueller Lüftungssollwert

LT_{Basis} = Basis-Lüftungssollwert

Δt = Abstand Heizungs-/Lüftungssollwert (z. B. 2 bis 4 K)

nur bei Anhebungen des Heizungssollwertes im frei wählbaren Abstand zum aktualisierten Heizungssollwert mitgeführt. Einerseits sind so Anhebungen möglich, ohne dass der Abstand zu einem starren Lüftungssollwert zu klein wird oder gar gleichzeitig geheizt und gelüftet wird. Andererseits braucht so der Abstand Lüftungssollwert zu Heizungssollwert nicht von vornherein zu groß gewählt zu werden, um das Risiko von Taupunktüberschreitungen zu vermeiden. Bei Absenkungen besteht diese Gefahr nicht, weil dann ohnehin der Heizungsfall eingetreten ist. Der Lüftungssollwert bleibt so konstant auf seinem Basiswert.

Zur Vermeidung von unerwünschten Verlängerungen oder Verkürzungen der Kulturdauer enthielt bereits das Programm „Außentemperaturkorrektur“ eine laufende Überwachung der Temperatursumme. Bei einer zu starken Abweichung von der zur Erreichung des Produktionszieles notwendigen Temperatursumme wird die Korrektur des Heizungssollwertes nach der Außentemperatur abgeschwächt bis aufgehoben. Diese Temperatursummenkontrolle wurde grundsätzlich in die „dynamische AT-Korrektur“ übernommen und wird durch den zweiten Summanden des Modells realisiert. Die Differenz zwischen dem Ist- und dem Soll-Wert der Temperatursumme seit Kulturbeginn wird in die dritte Potenz gesetzt. Dadurch nimmt die Korrektur nach der Abweichung von der Temperatursumme zu, je größer die Differenz zwischen Soll- und Istwert ist. Gleichzeitig bleibt die Orientierung der Abweichung durch Beibehaltung des Vorzeichens erhalten. Auch dieser Summand kann wieder über einen Faktor skaliert werden.

Weil bei der Praxiserprobung in Pilotbetrieben deutlich wurde, dass die Temperatursummenkontrolle mit der häufig notwendigen Flexibilität der Temperaturführung unvereinbar ist, wurden Programmvarianten der dynamischen Außentemperaturkorrektur ohne Temperatursummenkontrolle entwickelt und getestet. Diese Programme haben folgendes Grundmodell:

$$HT_{\text{akt}} = HT_{\text{Basis}} + k * F_1 * (AT_{\text{Ist}} - AT_{\text{Soll}})$$

HT_{akt} = aktualisierter Heizungssollwert

HT_{Basis} = Basis-Heizungssollwert

k = Schalterfaktor für Anhebung bzw. Absenkung

F_1 = Skalierungsfaktor Außentemperaturkorrektur

AT_{Ist} = Ist-Wert Außentemperatur

AT_{Soll} = Erwartungswert Außentemperatur (langjähriges Mittel)

Durch die Programmbausteine

WENN $AT_{Ist} > HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0$

WENN $AT_{Ist} \leq HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0,2$ bzw. $0,3$ für „Pillnitz sanft“ bzw. „Pillnitz stark“

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} > 0$, DANN $k = 1$

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} < 0$, DANN $k = 2$

werden die Abschaltung der Außentemperaturkorrektur bei einer über dem Basis-Heizungssollwert liegenden Außentemperatur sowie die gegenüber der Anhebung doppelt so starke Absenkung realisiert.

2.2.6 Temperatursumme/Luftfeuchte

Im Jahr 2005 wurde bei den Beet- und Balkonpflanzen ein weiterer Ansatz zur Energie sparenden Gewächshausklimatisierung verfolgt. Vergleichsweise niedrige Heizungssollwerte von Tag/Nacht 12/15°C wurden mit hohen Lüftungssollwerten von Tag/Nacht 18/20°C kombiniert. Ziel war es, möglichst viel Strahlungswärme zu nutzen. Ein so großer Abstand zwischen Heizungs- und Lüftungssollwert ist normalerweise zu vermeiden, weil eine hohe Luftfeuchtigkeit und Taupunktüberschreitungen zu befürchten sind. Deshalb wurde dieses Heizungssteuerungsprogramm mit einem Programm zur Entfeuchtung kombiniert. Dieses Programm (Standardsoftware in RAM CC600) führte bei Überschreitung des Sollwertes von 70 Prozent relativer Luftfeuchte zur Inbetriebnahme der Heizung. Ab 75 Prozent relativer Luftfeuchte erfolgte zusätzlich eine Luftumwälzung durch Ventilatoren sowie ab 85 Prozent eine Entfeuchtung durch Lüftung.

2.2.7 Anbindung an den Kulturabschnitt

Bei den Poinsettien wurde 2004 ein weiterer Ansatz der Temperaturführung in die Versuche einbezogen: In verschiedenen Wachstumsphasen bzw. Kulturabschnitten haben Abweichungen von den optimalen Kulturtemperaturen unterschiedliche Konsequenzen. Bei den Weihnachtssternen sollten in der Einwurzlungsphase bis kurz nach dem Stutzen extrem niedrige Temperaturen vermieden werden, um eine sichere Etablierung der Pflanzen sowie einen kräftigen Neuaustrieb mit möglichst vielen Trieben zu erreichen. Auch in der Schlussphase der Brakteenentwicklung, mindestens ab der 3. Kurztagswoche ist ein bestimmtes Temperaturniveau für ausreichend große und gut ausgefärbte Brakteen unerlässlich. Dazwischen, in der Hauptwachstums- bis zu Beginn der Kurztagsphase, werden niedrigere Temperaturen toleriert und können sogar zu einem gewünschten kompakten Pflanzenaufbau beitragen. Hieraus ergibt sich ebenfalls ein Einsparpotenzial. Auch in der Lagerung der fertigen Bestände kann konsequent der Heizungssollwert abgesenkt werden, sofern der Lüftungssollwert in Abstand von 2 bis 3 Kelvin mitgeführt wird. Im Versuch erfolgte nach der Startphase bei Heizungssollwerten Tag/Nacht von 20/20 °C ab 14 Tage nach dem Stutzen eine Absenkung auf 10/12 °C. Schon ab der 2. Kurztagswoche erfolgte eine Anhebung der Heizungssollwerte Tag/Nacht auf 19/19 °C, bis nach erfolgter Ausfärbung in der 9. Kurztagswoche zur Lagerung auf Tag/Nacht 12/12 °C abgesenkt wurde.

2.3 Pflanzenarten und -sorten

In den nachfolgenden Tabellen sind die in den Versuchen zum Projekt eingesetzten Arten und Sorten wiedergegeben. Um zu allgemein gültigen Aussagen zu gelangen, wurde versucht, stets ein breiteres Sortenspektrum einzubeziehen. War dies nicht möglich, erfolgte eine gezielte Auswahl von Sorten möglichst verschiedener Genotypen. So reichte das Artenspektrum der Beet- und Balkonpflanzen von den Nemesien mit niedrigeren Optimaltemperaturen bis zu den Wärme liebenden Neuguinea-Impatiens. Bei den Poinsettien wurde im Jahr 2005 ein größeres Sortiment einbezogen. In den Jahren 2004 und 2006 standen Hauptsorten mit ganz unterschiedlichen Wuchseigenschaften von der sehr kompakten 'Premium White' über die alteingeführte 'Cortez' bis zur stark wachsenden 'Christmas Feelings' in den Versuchen. Bei den Cyclamen wurden neben den verfügbaren Schnittsorten in 2005-2006 für den Topfcyclamenversuch 2006 fünf internationale Spitzensorten ganz unterschiedlicher Herkunft einbezogen.

Tabelle 1: Beet- und Balkonpflanzenarten in den Versuchsjahren 2004 bis 2006

Art 'Sorte'	2004	2005	2006
Fuchsia Cultivars. 'Shadow Dancer Shirley'			X
Impatiens Cv. Neuguinea-Grp. 'Paradise ImpTambor'	X		
Impatiens Cv. Neuguinea-Grp. 'Paradise Papete'		X	X
Nemesia Cultivars 'Sunsatia Lemon'	X	X	X
Pelargonium Cultivars Peltatum-Grp. 'Granatit'	X	X	
Pelargonium Cultivars Zonale-Grp. 'Bergpalais'	X	X	X
Petunia Cultivars 'Chili Red'		X	
Petunia Cultivars 'Surfinia Patio Red'			X
Petunia Cultivars 'Surfinia Blue Vein'	X		

Tabelle 2: Poinsettiansorten in den Versuchsjahren 2004 bis 2006

Warenzeichen 'Sorte'	2004	2005	2006
PLA® Pelfi® 'Cortez'	X	X	X
Pelfi® 'Mars Marble'		X	
Red Fox® 'Malibu Red'	X	X	
selecta® 'Christmas Dream'		X	
selecta® 'Christmas Fairy'		X	
selecta® 'Christmas Feelings'	X	X	X
selecta® 'Christmas Feelings Sparkle'	X		
selecta® 'Christmas Spirit'		X	
selecta® 'Christmas Star'		X	
Eckespoint® 'Enduring Red'		X	
Eckespoint® 'Freedom Red'		X	
Eckespoint® 'Jester Red'		X	
Eckespoint® 'Primero Red'		X	X
Eckespoint® 'Autumn Red'		X	
Eckespoint® 'Monreale Red'		X	
Eckespoint® 'Prestige'		X	
Eckespoint® 'Red Velveteen'		X	
selecta® 'Silent Night'		X	
Red Fox® 'Premium Apricot'		X	
Red Fox® 'Premium Picasso Dark'		X	
Red Fox® 'Premium Red'		X	
Red Fox® 'Coco 2000 Red'		X	
Red Fox® 'Elegance Bright Red'		X	
Red Fox® 'Euroglory Red'		X	
Red Fox® 'Infinity Red'		X	
PLA® Pelfi® 'Cortez Electric Fire'		X	
Pelfi® 'Mars Pink'		X	
PLA® Pelfi® 'Early Millenium'		X	
Pelfi® 'Red Dragon'		X	
PLA® Pelfi® 'Red Elf'		X	
Red Fox® 'Premium White'	X		X
PLA® Pelfi® 'Millenium'	X		
florema® 'Estrella Red'			X

Tabelle 3: Schnittcyclamen im Versuchsjahr 2005 bis 2006

Serie	Sorte bzw. Stamm	Herkunft
	Cut Flower Mix	S&G Syngenta, Kleve
Butterfly	Soft Pink with Eye	Nebelung, Münster
DECORA	F1-Mix Schnitt	Schott, Schneeberg
HEINECKE	Striata Schnitt	Schott, Schneeberg
LUWA	Lulu	Schott, Schneeberg
LUWA	Lucie	Schott, Schneeberg
LUWA	Luna	Schott, Schneeberg
LUWA	Luise	Schott, Schneeberg
LUWA	weinrot	Schott, Schneeberg
	Bach gefr.L	Sprünken, Straelen
	Bach gefr.S	Sprünken, Straelen
	Beethoven gefr.	Sprünken, Straelen
	Bordeaux gefr.	Sprünken, Straelen
	Franz List gefr.	Sprünken, Straelen
	Victoria L	Sprünken, Straelen
Luckenwalder Schnitt	Lulu	Hofmann, Weixdorf (jetzt Kühne)
Luckenwalder Schnitt	Lola	Hofmann, Weixdorf (jetzt Kühne)
Luckenwalder Schnitt	Luna	Hofmann, Weixdorf (jetzt Kühne)
Luckenwalder Schnitt	Lucie	Hofmann, Weixdorf (jetzt Kühne)
	LW 11/03	Gb „Zum Grünen Weg“, Luckenwalde
	LW 2/03	Gb „Zum Grünen Weg“, Luckenwalde
	LW 17/03	Gb „Zum Grünen Weg“, Luckenwalde
	LW 18/03	Gb „Zum Grünen Weg“, Luckenwalde
Luckenwalder Schnitt	Luna	Chrestensen, Erfurt
Luckenwalder Schnitt	Chrestensen, Erfurt	Chrestensen, Erfurt
Luckenwalder Schnitt	Chrestensen, Erfurt	Chrestensen, Erfurt
Luckenwalder Schnitt	Chrestensen, Erfurt	Chrestensen, Erfurt

Tabelle 4: Topfcyclamen im Versuchsjahr 2006

Serie	Sorte	Herkunft
Maxora	White	Varinova, Berkel en Rodenrijs, NL
Concerto	Red	S&G Syngenta, Kleve, D
Halios	Magenta flamme decora	Morel, Frejus, F
XL Super Serie	Pure White	Schoneveld, Twello, NL
Sierra	Scarlet	Goldsmithseeds, Gilroy, USA

2.4 Datenerfassungen

2.4.1 Klimadaten Gewächshäuser und Außen

Die Klimadaten in den Gewächshäusern wurden praxisüblich mit belüfteten und strahlungsgeschützten Temperatur- und Luftfeuchtesensoren ermittelt, die pflanzennah über den Kulturflächen angebracht waren. Nach diesen Sensoren erfolgte auch die Regelung. Für die Klimadaten außen wurde die Klimastation im Südosten der Pillnitzer Versuchsgewächshausanlage genutzt. Die Protokollierung und Verdichtung aller Klimadaten erfolgte über das Programmpaket VISUDATA in Verbindung mit der RAM CC600 Gewächshaussteuerung.

2.4.2 Heizenergieverbrauch

Der Energieverbrauch der einzelnen Gewächshausabteile wurde mittels Wärmemengenzählern gemessen. Die Wärmemengenzähler ermitteln aus der Differenz zwischen der Vorlauf- und Rücklauf-temperatur sowie dem Wasserdurchfluss die eingesetzte Heizenergie. Weil die einzelnen Gewächshausabteile an unterschiedlichen Positionen in der Gesamtanlage stehen, somit unterschiedliche energetische Rahmenbedingungen aufweisen (Anteil Außenflächen, Windexposition, Sonneneinstrahlung), wurden die gemessenen Werte mittels Korrekturfaktoren berichtigt. Diese Korrekturfaktoren wurden durch Wärmemengenmessungen bei gleichen Einstellwerten jeweils vor und nach den Versuchen ermittelt. Eine Nachkalkulation der Korrekturfaktoren mit dem Programmpaket HORTEX zur Ermittlung des Wärmebedarfs von Gewächshäusern (PROF. DR. RATH, Universität Hannover) bestätigte deren Richtigkeit. Alle in diesem Bericht angegebenen Wärmebedarfsmengen sind entsprechend bereinigte Werte. Die Erfassung des Heizenergieverbrauchs der einzelnen Gewächshausabteile erfolgte stundengenau. Zur besseren Vergleichbarkeit der Zahlen zum Wärmeverbrauch erfolgt die Angabe in kWh/Netto-m² (bei Anteil der Nettofläche von 65 Prozent). Neben den absoluten Zahlen des Verbrauches an Heizenergie wurde das Einsparpotenzial der Heizungssteuerungsprogramme anhand der prozentualen Einsparung gegenüber der jeweiligen Standardvariante bewertet. Diese war auch Standard hinsichtlich der Kulturdauer und Pflanzenqualität.

2.4.3 Merkmalerfassungen an den Pflanzen

Zur Ermittlung der Auswirkungen der verschiedenen Heizungssteuerungsprogramme auf die Kulturdauer und die Pflanzenqualität wurde eine Reihe von Merkmalen bestimmt.

Beet- und Balkonpflanzen (Erfassung je Pflanze zum Tag des Blühbeginns)

- Datum Blühbeginn (bei Nemesis mind. 3, bei allen anderen mind. 1 offene Blüte)
- Pflanzenhöhe in cm
- Pflanzenbreite in cm
- Triebanzahl (Triebanzahl Nemesis ab 10 cm Länge, Triebanzahl Fuchsia ab 20 cm Länge)
- Bonitur Gesamteindruck (1 = sehr schlecht, 3 = schlecht, 5 = mittel, 7 = gut, 9 = sehr gut)
- Sprossmasse in g
- Bemerkungen

Poinsettien (Erfassung je Pflanze zu einem Stichtag am Kulturende)

- Bonitur Cyathienstadium (als Maß für die physiologische Reife)

- 1 = Knospenstadium; Cyathien sind geschlossen, grün und 2 bis 4 mm groß
- 2 = endendes Knospenstadium; Cyathien überwiegend noch geschlossen, grün, Oberseite gelb und verdickt mit einer roten Cyathien spitze
- 5 = Cyathien sind leicht geöffnet; erste Staubfäden und Nektardrüsen sind sichtbar
- 7 = Vollblüte; Staubfäden voll entwickelt; Nektardrüsen seitlich gut sichtbar; grüner Fruchtknoten
- 9 = Cyathien sind abgefallen

- Pflanzenhöhe in cm
- Pflanzenbreite in cm
- Brakteendurchmesser
- Triebanzahl
- Bonitur Gesamteindruck (1 = sehr schlecht, 3 = schlecht, 5 = mittel, 7 = gut, 9 = sehr gut)
- Sprossmasse in g
- Bemerkungen

Schnittcyclamen (Erfassung wöchentlich je Pflanze)

- Anzahl Blütenstiele (zu ausgewählten Terminen an allen Blüten je Pflanze)
- Stiellänge in cm
- Blütenblattlänge in cm

Topfcyclamen (Erfassung je Pflanze zum Tag des Blühbeginns)

- Datum Blühbeginn (mind. 3 offene Blüten)
- Laubhöhe in cm
- Pflanzenhöhe in cm
- Pflanzenbreite in cm
- Blütenblattlänge in cm
- Blattanzahl
- Bonitur Laubgröße (1 = sehr klein, 3 = klein, 5 = mittel, 7 = groß, 9 = sehr groß)
- Bonitur Gesamteindruck (1 = sehr schlecht, 3 = schlecht, 5 = mittel, 7 = gut, 9 = sehr gut)
- Sprossmasse in g

2.4.4 Haltbarkeitstests

Bei Poinsettien, Schnitt- und Topfcyclamen wurden an ausgewählten Varianten Test zu möglichen Auswirkungen der Temperatursteuerungsprogramme auf die Zimmerhaltbarkeit vorgenommen. Diese fanden im Haltbarkeitsraum unter Standardbedingungen statt (20 bis 22 °C, 12 h Tag mit 300 bis 500 lx Kunstlicht, relative Luftfeuchte 40 bis 60 Prozent). Die Bewässerung aller Topfpflanzen in den Haltbarkeitstests erfolgte über Glasfaserdochte nach dem Docht-von-unten-Prinzip von ORTMANN. Die Schnittcyclamen wurden seitlich angeritzt und in Trinkwasser ohne Zusätze eingestellt, da zuckerhaltige Blumenfrischhaltmittel bei Schnittcyclamen keine Vorteile haben.

2.4.5 Biometrische Auswertungen

Die Versuchsanlagen waren in der Regel Spaltanlagen, deren Großteilstücke die Gewächshäuser mit den verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen darstellten. Durch Einbeziehung mehrerer Arten bzw. Sorten sowie die Kombination mit anderen Faktoren wie Substrat, Düngung und Wachstumsregulierung konnten gleichzeitig weitere Fragestellungen bearbeitet und sollte eine bessere Treffsicherheit sowie Allgemeingültigkeit der Aussagen zu den Heizungssteuerungsprogrammen erreicht werden. Es wurde jeweils mit mindestens drei Wiederholungen gearbeitet. Die Parzellengröße betrug in der Regel 1 m² mit folgenden Pflanzenanzahlen: bei Poinsettien 8 bis 12, bei Beet- und Balkonpflanzen 16 bis 20, bei Schnittcyclamen 10 und bei Topfcyclamen 20. Die Messungen erfolgten jeweils an den Kernpflanzen der Parzellen wie bei den Pflanzenmerkmalen angegeben.

Die biometrischen Auswertungen erfolgten mit Hilfe des Statistikpaketes SPSS 12.0 bzw. 14.0. Nach varianzanalytischer Auswertung (univariate Varianzanalysen) erfolgten die Mittelwertvergleiche mittels TUCKEY-B-Test oder bei stark divergierenden Stichprobenumfängen mittels BONFERRONI-Test. Für die grafischen Darstellungen wurden EXCEL genutzt.

3 Ergebnisse

3.1 Reale Temperaturverläufe

Zur Darstellung der Funktion der einfachen und der dynamischen Außentemperaturkorrektur ist in Abb. 1 der zeitliche Verlauf der aktuellen Sollwerte für einige Tage aus der Poinsettienkultur im Herbst 2004 im Vergleich zur Standardvariante DIFF beispielhaft wiedergegeben. Die konkreten Einstellwerte sind in Anhang Tabelle 5 enthalten.

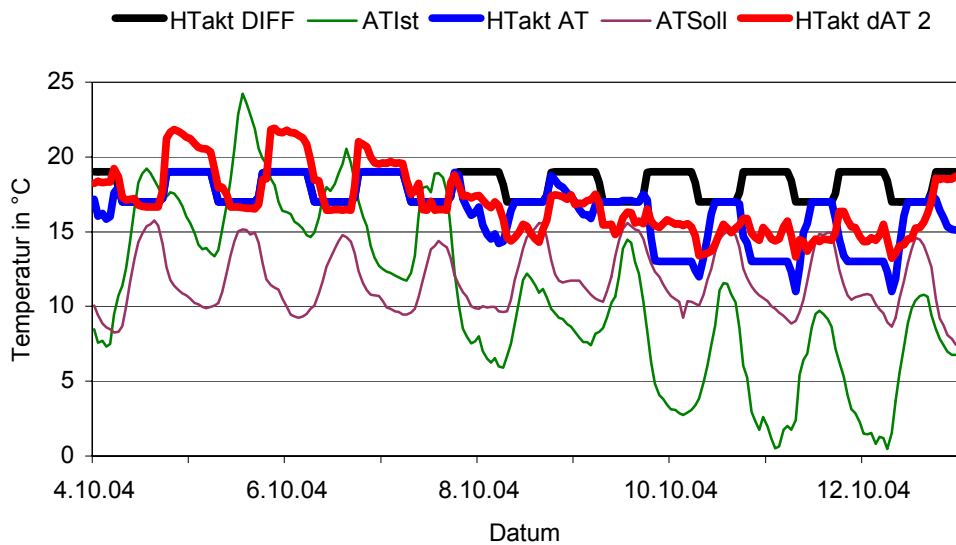


Abbildung 1: Beeinflussung der Heizungssollwerte durch verschiedene Heizungssteuerungsprogramme am Beispiel 4. - 12.10.04

Die Standardvariante (= HTakt DIFF) gab tags 17 und nachts 19 °C vor. Dies war zugleich der Basis-Heizungssollwert, der durch die Programmvarianten der Außentemperaturkorrektur modifiziert wurde.

Bei der „Außentemperaturkorrektur“ (AT) erfolgte die Absenkung des Heizungssollwertes entsprechend des Absinkens der Außentemperatur (= ATIst) unter den Anfangspunkt der Absenkung bei einer Außentemperatur von 9 K unter dem Basis-Heizungssollwert ab dem Abend des 07.10.04. Die starken Tag/Nacht-Schwankungen der Außentemperatur bewirkten dabei für den aktualisierten Heizungssollwert (= Htakt AT) eine Umkehrung des DIFF-Prinzipes mit niedrigerer Tag- als Nachttemperatur.

Bei der „dynamischen Außentemperaturkorrektur“ begann die Absenkung des Heizungssollwertes ebenfalls am Abend des 07.10.04, als die Außentemperatur unter das langjährige Mittel (= ATSoll) fiel. Bei diesem Programm wird ja nach der Differenz zwischen der aktuellen Außentemperatur und dem langjährigen Mittel korrigiert. Weil die Außentemperatur trotz der starken Tag/Nacht-Schwankungen durchgängig unter dem langjährigen Mittel blieb, wurde durchgängig abgesenkt, wenn auch wegen des Differenzverlaufes wechselnd stark.

Dass an den „warmen“ Tagen des 05./06.10.04 bei der „Außentemperaturkorrektur“ keine Sollwertanhebung erfolgte, obwohl die Außentemperatur über 5 K unter dem Basis-Heizungssollwert anstieg, ergab sich aus einem Temperatursummenpolster von mehr als 900 Kh, das die Kultur zu diesem Zeitpunkt noch aus den wärmeren ersten Kulturwochen mitbrachte.

Bei der „dynamischen Außentemperaturkorrektur“ erfolgte nachts eine starke Anhebung auf Grund der wesentlich über dem langjährigen Mittel liegenden Außentemperatur. Tags fiel der Sollwert auf den Basis-Heizungssollwert zurück, teilweise sogar darunter. Die Ursachen dafür lagen in der Abschaltung der Anhebung beim Ansteigen der Außentemperatur über den Basis-Heizungssollwert sowie aber weiterhin aktiver Korrektur nach der auch hier positiven Temperatursummindifferenz.

Für die Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung ist jedoch nicht der Verlauf der Heizungssollwerte entscheidend, sondern der reale Temperaturverlauf. Für den gleichen Zeitabschnitt Anfang Oktober in der Poinsettienkultur 2004 ist dieser in Abbildung 2 dargestellt.

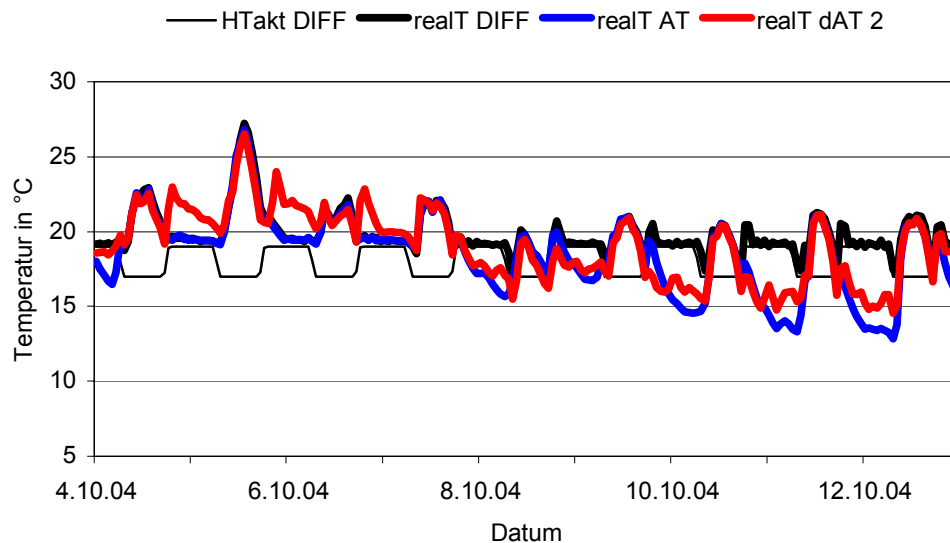


Abbildung 2: Entwicklung der Realtemperaturen der verschiedenen Heizungssteuerungsprogramme am Beispiel 4. - 12.10.2004

Der Verlauf der Realtemperaturen der verschiedenen Heizungssteuerungsprogramme weicht insbesondere tags auf Grund der Einstrahlung häufig und bei allen Programmen von den Sollwerten ab. Allerdings weisen die verschiedenen Programme vor allem bei den Nachttemperaturen erhebliche Unterschiede auf. Es ist allerdings nicht sinnvoll, derartig kurze Abschnitte hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Energieeinsparung und der Auswirkungen auf Kulturdauer und Pflanzenqualität zu interpretieren. Entsprechende Aussagen für die Gesamtkulturdauer werden in den Abschnitten 3.4 bis 3.6 getroffen.

3.2 Entwicklung der Temperatursummindifferenzen

Die Witterungsabhängigkeit der Realtemperaturen ist offensichtlich. Vom zeitlichen Verlauf her hat dies insbesondere auch für die Entwicklung der Temperatursummindifferenzen bei den Frühjahrs- und Herbstkulturen einen entsprechend unterschiedlichen Einfluss.

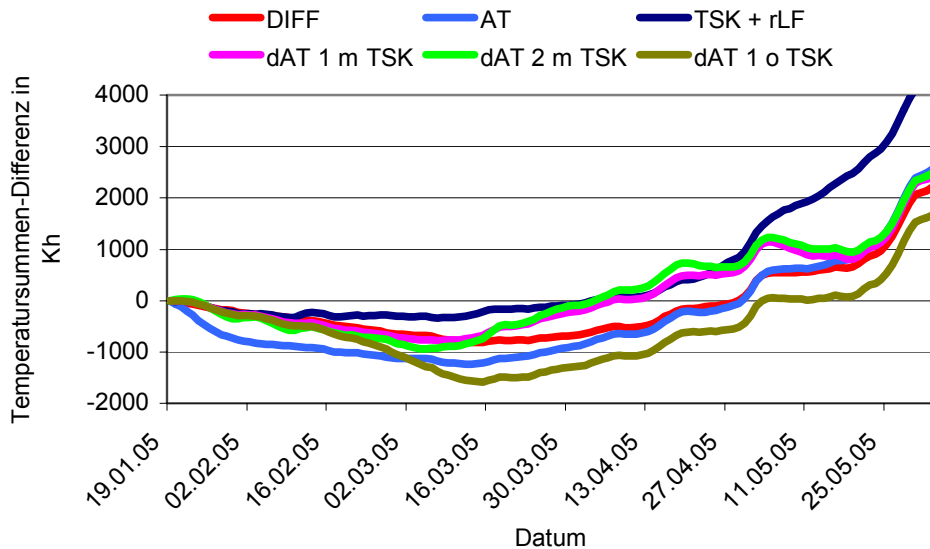


Abbildung 3: Entwicklung der Temperatursummendifferenz einer Frühjahrskultur am Beispiel der Beet- und Balkonpflanzen 2005

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Temperatursummendifferenzen der Programmvarianten bei den Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2005. Typischerweise lief bei allen Programmen die Temperatursummendifferenz (TSD) anfangs in den negativen Bereich. Auch bei der Standardvariante DIFF reichten die Heizungssollwerte von Tag/Nacht 13/16 °C im Zusammenwirken mit den niedrigen Außentemperaturen und der geringen Einstrahlung nicht für das Erreichen des Mitteltemperatursollwertes von 16 °C aus. Jedoch verhielten sich die Programme unterschiedlich. Bei der „Außentemperaturkorrektur“ (AT) wurde anfangs auf Grund der Korrektur nach der Differenz zu den niedrigen Außentemperaturen stark abgesenkt. Diese Absenkung schwächte sich ab, je näher die TSD der Grenze für die Absenkung bei -900 kh kam. Die Varianten der „dynamischen Außentemperaturkorrektur“ (dAT) senkten anfangs moderater ab, jedoch mit stärkeren Schwankungen je nachdem, wie die stark die aktuelle Witterung, die aktuelle Außentemperatur vom langjährigen Mittel abwich. Die größte negative Temperatursummendifferenz erreichte die Variante ohne Temperatursummenkontrolle (dAT 1 o TSK), während die beiden anderen dAT-Varianten in ihrer Absenkung entsprechend gedämpft wurden. Trotz der niedrigeren Basis-Heizungssollwerte von T/N 12/15 °C sinkt beim Programm „Temperatursumme/Luftfeuchte“ die TSD am geringsten ab, weil ohne Außentemperatureinfluss sofort einem Absinken der TSD entgegen gesteuert wird, allerdings mit hohem Energieeinsatz.

Ab Mitte März kehrte sich die Temperatursummenentwicklung bei allen Programmen um. Alle Programme mit Temperatursummenkontrolle lagen am Kulturende relativ dicht beieinander. Abweichend davon lag die Temperatursummendifferenz bei dAT ohne Temperatursummenkontrolle am Kulturende deutlich darunter und bei TSK+rLF deutlich darüber. Hier war im letzten Kulturabschnitt

ein starker Anstieg zu beobachten, der neben der hohen Lüftungstemperatur auf das Verhindern von Absenkungen durch die Entfeuchtung zurückzuführen war.

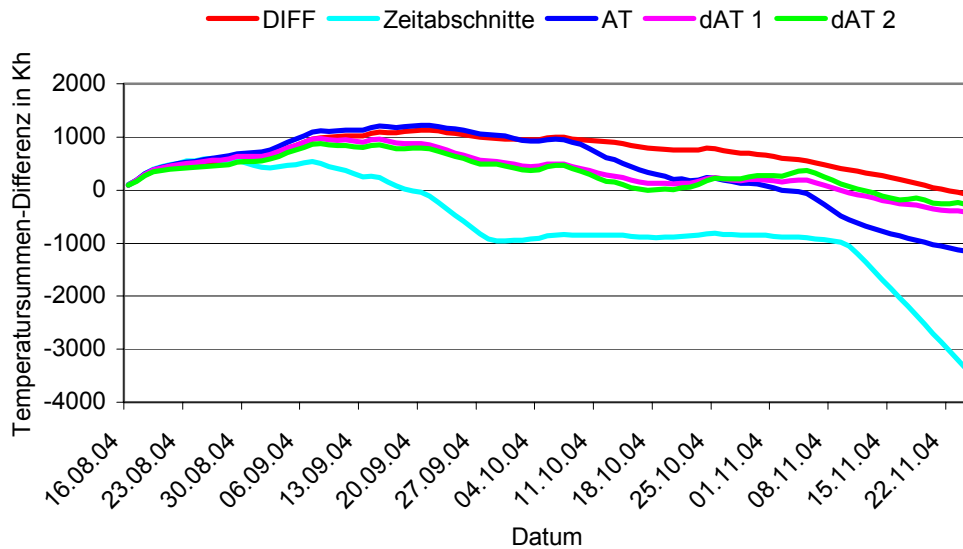


Abbildung 4: Entwicklung der Temperatursummendifferenz einer Herbstkultur am Beispiel der Poinsettien 2004

Bei einer Herbstkultur wie den Poinsettien wurde dagegen zu Beginn ein „Wärmepolster“ aufgebaut (siehe Abbildung 4). Trotz eines Mitteltemperatursollwertes von 20 °C bei Heizungstemperaturen von Tag/Nacht 17/19 °C lagen anfangs die Realtemperaturen so hoch, dass sich eine positive TSD aufbaute, die erst ab Anfang Oktober wieder abnahm.

Danach senkten die Programme mit Außentemperaturkorrektur ab, ihre TSD-Entwicklung blieb hinter der des Standards DIFF zurück. Am stärksten war dies bei AT entsprechend der weiter absinkenden Außentemperaturen zu beobachten. Erst am Kulturende schwächte sich diese Entwicklung durch Annäherung an das Minimum von -900 Kh für eine Absenkung ab. Die TSD-Entwicklung bei den dAT-Varianten schwankte dagegen stärker auf Grund der unterschiedlichen Abweichungen der Außentemperatur vom langjährigen Mittel während verschiedener Witterungsperioden.

Ein deutlich anderes Verhalten wies die TSD bei Heizungssteuerung nach Zeitabschnitten auf. Die Phase mit niedrigem Heizungssollwert während der vegetativen Entwicklung bis Anfang Oktober führte zu einem deutlichen Absinken der TSD. Im nachfolgenden Abschnitt der generativen Umstimmung und Brakteenentwicklung mit hohen Sollwerten blieb die TSD nahezu konstant, näherte sich sogar wieder den anderen Varianten, bevor sie dann in der kalten Lagerungsphase drastisch abnahm.

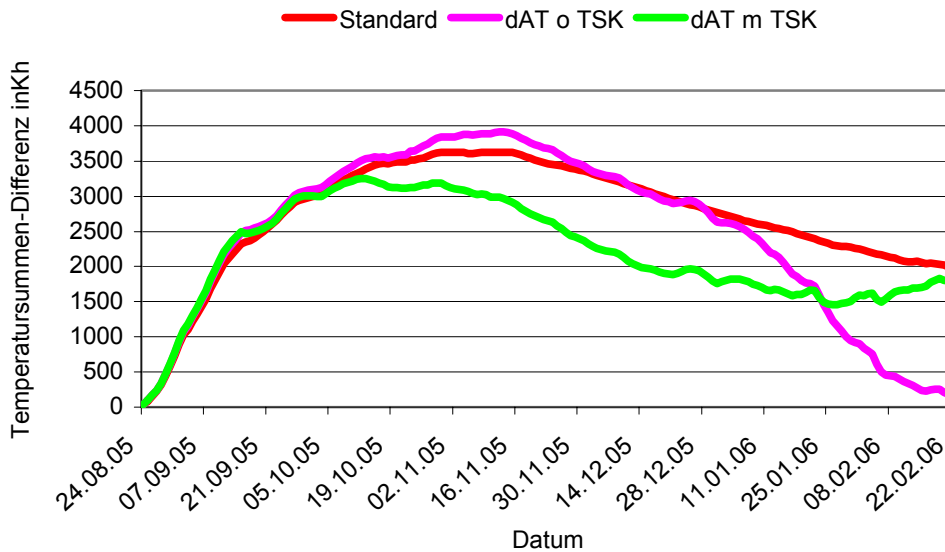


Abbildung 5: Entwicklung der Temperatursummendifferenz einer Herbst/Winter-Kultur am Beispiel der Schnittcyclamen 2005 bis 2006

Mit den Schnittcyclamen 2005 bis 2006 wurde eine Langzeitkultur untersucht, die den Großteil des Winters mit einschließt (siehe Abbildung 5). Auch hier erfolgte anfangs der Aufbau einer positiven Temperatursummendifferenz, was angesichts des Mitteltemperatursollwertes von 17 °C bei einem Heizungssollwert von 16 °C und einem Lüftungssollwert von 19 °C nicht überrascht. Bei der dAT-Variante mit TSK wird die positive Entwicklung der TSD etwas früher abgeschwächt als bei der ohne, auch wenn die vergleichsweise warme Witterung bis in den November hinein eher Sollwertanhebungen verursachte. Die gegenüber dem langjährigen Mittel ab Anfang Januar anhaltend niedrigeren Außentemperaturen führten bei der dAT o TSK zu anhaltenden Absenkungen mit entsprechender Reduzierung der TSD.

3.3 Auswirkungen auf die relative Luftfeuchte

Hohe relative Luftfeuchte ist ein Risikofaktor für die Pflanzenqualität. Insbesondere wenn eine Taupunktüberschreitung eintritt, besteht eine stark erhöhte Gefahr für den Befall mit Pflanzenkrankheiten. Vor dem Hintergrund des engen Zusammenhangs zwischen der Temperatur und der relativen Luftfeuchte waren mögliche Auswirkungen der neuen Heizungssteuerungsprogramme auf die Luftfeuchte zu untersuchen.

Hohe Luftfeuchten oder auch Taupunktüberschreitungen treten in Gewächshäusern verstärkt auf, wenn sich nach Schließen der Lüftung das abgeschlossene Luftvolumen abkühlt. Je nach Dichtigkeit des Gewächshauses sollte der Lüftungssollwert deshalb 2 bis maximal 4 K über dem Heizungssollwert liegen. Bei Erreichen des Heizungssollwertes und Einschalten der Heizung sinkt die

relative Luftfeuchte durch die Konvektion und „Trocknung“ der Luft an kalten Gewächshausteilen in der Regel wieder.

Die Beeinflussung der relativen Luftfeuchte durch die verschiedenen Heizungssteuerungsprogramme wurde am Beispiel der Beet- und Balkonpflanzen im Jahr 2005 detailliert untersucht. Eine Zusammenfassung gibt die Tabelle 5 wieder.

Tabelle 5: Mittlere Luftfeuchte und Zeitanteile mit hoher Luftfeuchte bei verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (19.1. - 8.5.05, Beet- und Balkonpflanzen)

	Außen	AT	TSK+rLF	dAT 1 m TSK	DIFF	dAT 2 m TSK	dAT 1 o TSK
Mittelwert % rLF	70,7	56,8	61,9	53,5	49,8	52,5	54,5
Anteil > 80 % rLF	36,9 %	2,9 %	1,6 %	5,7 %	2,3 %	4,4 %	2,9 %
Anteil > 90 % rLF	11,5 %	0,0 %	0,4 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Anteil > 95 % rLF	2,9 %	0,0 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Verglichen mit dem Standard DIFF wiesen alle anderen Programme eine durchschnittlich etwas höhere relative Luftfeuchte auf. Das Programm „TSK+rLF“, mit dem größten Abstand zwischen Heizungs- und Lüftungssollwert, hatte trotz enthaltenem Entfeuchtungsprogramm auf 70 Prozent rLF einen deutlich höheren Mittelwert. Die durchschnittlich etwas höhere Luftfeuchte der AT- und dAT-Programme spiegelte sich auch noch in höheren Zeitanteilen mit Luftfeuchten von mehr als 80 Prozent wider. Die wirklich kritischen Bereiche oberhalb von 90 oder 95 Prozent rLF traten jedoch, wie auch in der Vergleichsvariante DIFF, nicht auf.

Bei den Programmen mit Außentemperaturkorrektur erfolgt eine Sollwertabsenkung erst, wenn die Außentemperatur einen bestimmten Abstand zum Basis-Heizungssollwert überschreitet. Weil dann in der Regel der Heizungsfall bereits eingetreten ist, wird die relative Luftfeuchte zwar etwas höher sein, jedoch keinen kritisch hohen Wert erreichen oder gar eine Taupunktüberschreitung eintreten. Auch die in den meisten Programmvarianten eingebaute Mitführung des Lüftungssollwertes im Abstand zum Heizungssollwert verhindert ein zu frühes Schließen der Lüftung und die damit verbundene Abkühlung eines abgeschlossenen Luftvolumens über eine größere Temperaturdifferenz. Die neuen Heizungssteuerungsprogramme mit Außentemperaturkorrektur sind hinsichtlich der Luftfeuchteentwicklung als unkritisch zu bewerten.

3.4 Kulturdauer und Ertrag

Details zu den ermittelten Kulturdauern sind im Anhang bei den Daten zu den einzelnen Versuchen wiedergegeben. Sofern sich Unterschiede in der Kulturdauer biostatistisch sichern ließen, waren diese nur teilweise negativ und meist als wirtschaftlich nicht relevant zu bewerten. Für die Auswirkungen der neuen Heizungssteuerungsprogramme auf die verschiedenen Kulturen können folgende Aussagen getroffen werden:

Programmvarianten der AT oder dAT mit Temperatursummenkontrolle wiesen hinsichtlich der Kulturdauer bei den gewählten Einstellwerten zur Kultur von Beet- und Balkonpflanzen sowie Topfcyclamen keine wirtschaftlich relevanten Abweichungen von denen der Standards auf. Nach den bisherigen Erfahrungen blieben bei den meisten Arten in allen Kulturabschnitten Abweichungen von bis zu $\pm 1\ 000\ ^\circ\text{C}\ \times\ \text{h}$ ohne wesentliche Auswirkungen auf die Kulturdauer oder Pflanzenqualität. Theoretisch entsprechen $\pm 1\ 000\ ^\circ\text{C}\ \times\ \text{h}$ bei einer Realtemperatur von beispielsweise $18\ ^\circ\text{C}$ einer Kulturzeitveränderung von $\pm 2,3$ Tagen, einer wirtschaftlich meist nicht relevanten Größenordnung. Dieser Rahmen bietet jedoch bereits ein wesentliches Einsparpotenzial, wie aus der Zusammenstellung der Einsparungen an Heizenergie der bisherigen Versuche in Tabelle 6 zu ersehen ist.

Bei dAT ohne TSK besteht das Risiko etwas größerer Abweichungen der Kulturdauer. Mit den gewählten Einstellparametern waren jedoch nur für weniger temperaturrobuste Arten wie zum Beispiel Neuguinea-Impatiens im kühlen Frühjahr 2006 Veränderungen festzustellen.

Bei den Poinsettien waren mögliche Auswirkungen auf die Kulturdauer weniger exakt zu erfassen, weil es kein eng definiertes Vermarktungsstadium gibt. Zeitliche Unterschiede in der Ausfärbung waren nicht zu beobachten. Das die physiologische Reife widerspiegelnde Cyathienstadium zeigte für die AT- und dAT-Varianten eher eine raschere Entwicklung an, ist aber wirtschaftlich nicht relevant.

Bei Schnittcyclamen wiesen die dAT-Varianten Mehrerträge von 7 bzw. 12 Prozent gegenüber der Standardvariante auf. Möglicherweise reagiert diese Kultur positiv auf die stärker fluktuierenden Temperaturen und durchschnittlich etwas höhere relative Luftfeuchte.

3.5 Pflanzenqualität und Zimmerhaltbarkeit

Für die Merkmale der äußeren Pflanzenqualität wurden in den Einzelversuchen wiederholt biostatistisch gesicherte Unterschiede festgestellt (siehe Tabellen im Anhang). Diese Unterschiede gehen jedoch in beide Richtungen, teilweise sind die Pflanzen aus den Energiesparprogrammen etwas kleiner als die aus den Standards, teilweise umgekehrt. Auch hinsichtlich der Anzahl Triebe, der Laubfarbe, der Sprossmasse und des Gesamteindrucks treten Abweichungen in beide Richtungen auf. Die festgestellten Unterschiede waren insgesamt jedoch so gering, dass sie als wirtschaftlich nicht relevant einzustufen sind. Exemplarisch soll die Gleichwertigkeit der Pflanzenqualität aus der Kultur mit den Energiesparprogrammen mit den folgenden Abbildungen veranschaulicht werden.

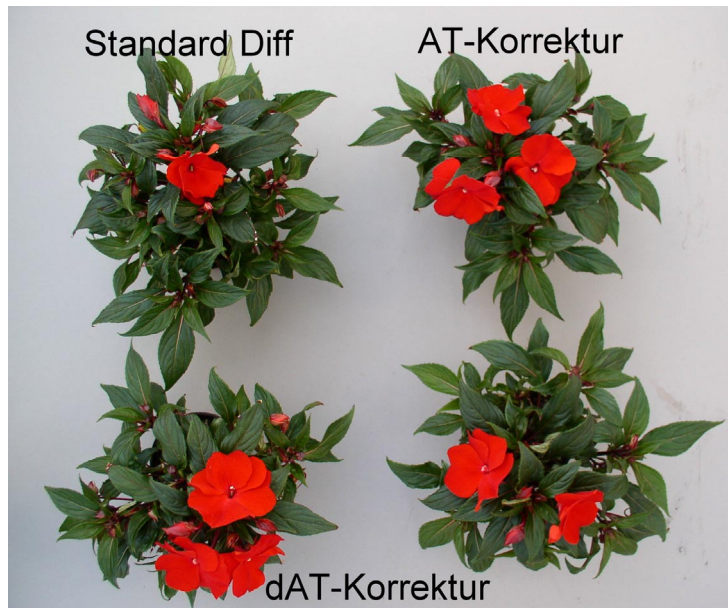


Abbildung 6: Gleichwertige Pflanzenqualität bei Neuguinea-Impatiens 'Paradis Papete' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2005)

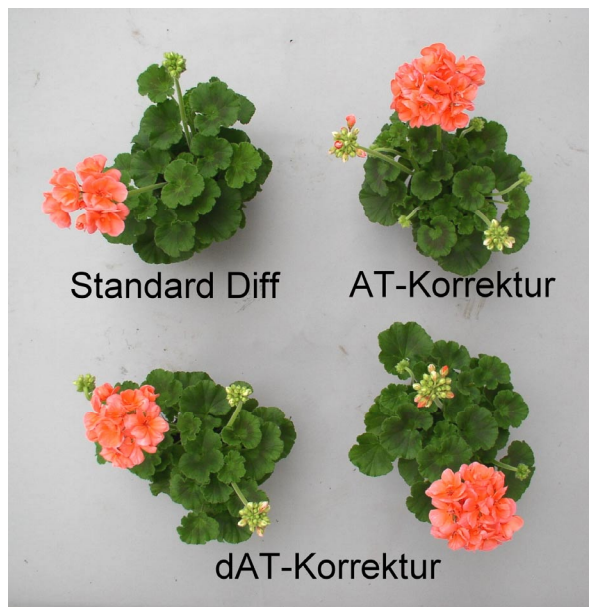


Abbildung 7: Gleichwertige Pflanzenqualität bei Zonalpelargonie 'Bergpalais' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2005)



Abbildung 8: Gleichwertige Pflanzenqualität bei der stark wachsenden 'Millennium' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2004)



Abbildung 9: Gleichwertige Pflanzenqualität bei der kompakt wachsenden 'Premium White' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2004)

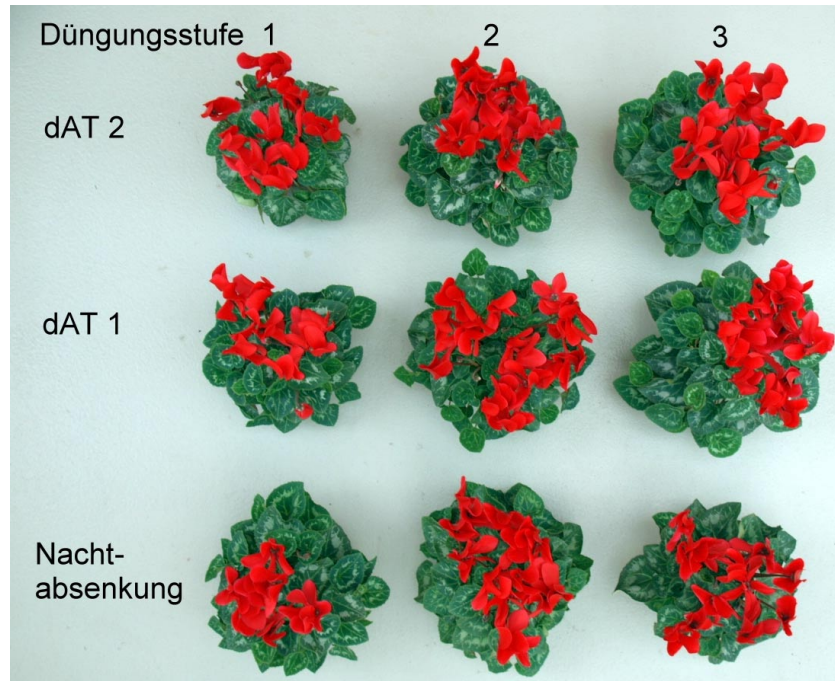


Abbildung 10: Gleichwertige Pflanzenqualität bei 'Concerto Red' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2006)



Abbildung 11: Gleichwertige Pflanzenqualität 'Magenta flame decora' nach Kultur mit verschiedenen Heizungssteuerungsprogrammen (2006)

Neben der äußeren Qualität spielt bei Topfpflanzen und Schnittblumen die Zimmerhaltbarkeit als Ausdruck der inneren Qualität eine wesentliche Rolle. Neue, energiesparende Heizungssteuerungsprogramme dürfen keine negativen Auswirkungen auf die Zimmerhaltbarkeit haben. Dies wurde im Rahmen dieses Projektes bei Poinsettien, Schnitt- und Topfcyclamen mehrfach überprüft. Biostatistisch gesicherte starke Verbesserungen der Zimmerhaltbarkeit durch die AT- bzw. dAT-Programme bei Poinsettien im Versuchsjahr 2004 konnten in den Folgejahren nicht bestätigt werden. Allerdings war auch keine Verschlechterung festzustellen. Bei Topfcyclamen gab es ebenfalls keine signifikante Beeinflussung der Zimmerhaltbarkeit. Die Vasenhaltbarkeit der Schnittcyclamen blieb durch die Energiesparprogramme unbeeinflusst.

3.6 Energieeinsparung

Der unterschiedliche Heizenergieverbrauch der verschiedenen Steuerungsprogramme ist im Anhang für jeden einzelnen Versuch als Verlaufsdiagramm in Verbindung mit der Entwicklung der Temperatursumme dargestellt. Die Temperatursummen sowie die Verbräuche an Heizenergie bis zum Kulturrende aller Versuche und Varianten der Jahre 2004 bis 2006 sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Bei den Frühjahrsversuchen mit Beet- und Balkonpflanzen erreichten die AT- und dAT-Varianten mit Temperatursummenkontrolle 11 bis 17 Prozent Energieeinsparung, was 16 bis 25 kWh/Nm² entsprach. Die Varianten ohne Temperatursummenkontrolle, in ihrer Wirkung stärker witterungsabhängig, erzielten 5 bis 20 Prozent, was 2 bis 26 kWh/Nm² entsprach.

Bei den Herbstversuchen mit Poinsettien und Topfcyclamen lag die Einsparung durch die Programme mit Temperatursummenkontrolle bei 7 bis 20 Prozent, beziehungsweise bei 6 bis 16 kWh/Nm². Ohne Temperatursummenkontrolle wurden maximale Einsparungen von 17 Prozent, was 17 kWh/Nm² entsprach, erzielt. Allerdings waren im Herbst 2006 bei beiden Kulturen sogar negative Einsparungen, also ein überhöhter Energieverbrauch zu verzeichnen. Die anhaltend warme Witterung hatte bei den Programmen ohne Temperatursummenkontrolle zu ständiger Sollwertanhebung geführt. Allerdings lag der Gesamtenergieeinsatz in diesem außerordentlich warmen Herbst weit unter dem von normalen Jahren, so dass die Verluste gegenüber der Standardvariante absolut nur maximal 2,8 kWh/Nm² betragen.

In der Herbst/Winterkultur mit Schnittcyclamen betrug die Einsparung bei dAT mit Temperatursummenkontrolle 4,3 Prozent und ohne 14,6 Prozent. Durch die wesentlich längere Kulturdauer während der kalten Jahreszeit und den damit insgesamt wesentlich höheren Energiebedarf entsprach dies absoluten Einsparungen von 15 und 50 kWh/Nm².

Tabelle 6: Energieeinsparungen und Temperatursummen 2004 bis 2006

Versuch	Programm	Zeitraum	Heizenergie kWh/Nm ²	Einsparung		TS °C x d	TSD Prozent
				kWh/Nm ²	Prozent		
Balkon 2004	Standard DIFF	6.2.-19.5.04	124,1			1865	
	AT	6.2.-19.5.04	102,9	21,2	17,1	1859	-0,3
	dAT o DIFF	6.2.-19.5.04	123,3	0,8	0,6	1878	0,7
	dAT	6.2.-19.5.04	107,2	16,9	13,6	1839	-1,4
Poinsettien 2004	Zeitabschnitte	16.8.-25.11.04	50,8	31,3	38,1	1880	-6,8
	AT 1	16.8.-25.11.04	65,5	16,5	20,1	1973	-2,2
	dAT 1	16.8.-25.11.04	65,7	16,3	19,9	2003	-0,7
	dAT 2	16.8.-25.11.04	76,1	6,0	7,3	2009	-0,4
	Standard DIFF	16.8.-25.11.04	82,0			2017	
Balkon 2005	AT	19.1.-2.6.05	165,7	21,5	11,5	2236	0,6
	TSK + rLF*	19.1.-2.6.05*	214,3	-27,1		2309	3,9
	dAT 1 m TSK	19.1.-2.6.05	165,9	21,3	11,4	2231	0,4
	Standard DIFF	19.1.-2.6.05	187,2			2222	
	dAT 2 m TSK	19.1.-2.6.05	161,6	25,6	13,7	2232	0,4
	dAT 1 o TSK	19.1.-2.6.05	170,8	16,4	8,8	2202	-0,9
Poinsettien 2005	dAT 1 o TSK	24.8.-22.11.05	91,3	6,9	7,0	1828	-0,7
	Standard DIFF	24.8.-22.11.05	98,2			1841	
	dAT 2 o TSK	24.8.-22.11.05	86,3	12,0	12,2	1839	-0,1
	dAT 2 o TSK	24.8.-22.11.05	92,6	8,9	8,7	1820	-0,7
	Standard DIFF	24.8.-22.11.05	101,5			1834	
	dAT 1 o TSK	24.8.-22.11.05	84,7	16,7	16,5	1803	-1,6
Cyclamen 2005	dAT o TSK	24.8.05-22.2.06	294,2	50,2	14,6	3113	-2,5
	Standard	24.8.05-22.2.06	344,4			3191	
	dAT m TSK	24.8.05-22.2.06	329,6	14,8	4,3	3185	-0,2
Balkon 2006	Standard CM	16.3.-22.5.06	45,4			1224	
	dAT 1	16.3.-22.5.06	43,0	2,4	5,3	1197	-2,2
	dAT 2	16.3.-22.5.06	42,2	3,2	7,0	1200	-1,9
	Standard CM	16.2.-4.5.06	131,8			1352	
	dAT 1	16.2.-8.5.06	114,3	17,5	13,3	1388	2,7
	dAT 2	16.2.-11.5.06	105,4	26,4	20,0	1424	5,3
Cyclamen 2006	Nachtabsenkung	10.7.-15.11.06	27,3			2589	
	dAT 1	10.7.-15.11.06	28,4	-1,1	-4,0	2542	-1,8
	dAT 2	10.7.-15.11.06	27,6	-0,3	-1,2	2574	-0,6
Poinsettien 2006	dAT 1	30.8.-15.11.06	41,9	0,8	2,0	1568	0,5
	Standard CM	30.8.-15.11.06	42,7			1561	
	dAT 2	30.8.-15.11.06	44,2	-1,4	-3,3	1580	1,3
	dAT 2	30.8.-15.11.06	51,4	-2,8	-5,8	1571	2,5
	dAT 1	30.8.-15.11.06	50,9	-2,4	-4,9	1579	3,1
	Standard CM	30.8.-15.11.06	48,5			1532	

* abgeschaltet am 18.3.05 Standardvarianten

Bei Poinsettien brachte auch die Strategie einer Steuerung nach Kulturabschnitten eine bedeutende Energieeinsparung. Im Kern wurden hier, nach ausreichendem Wärmeangebot in der Start- und Austriebsphase, während der Hauptwachstumsphase niedrige Heizungs- und Lüftungssollwerte gewählt. Weil zur Brakteenausfärbung wieder gut Wärme angeboten werden musste, stieg der Heizenergiebedarf in dieser Phase stark an, lag auch über dem der anderen Programme. Ein Großteil der Einsparung zum Schluss ergab sich daraus, dass hier frühzeitig bei annähernd ausreichender Brakteenausfärbung konsequent auf niedrige Lagerungstemperaturen umgestellt wurde. Dies war bei den anderen Programmen nicht der Fall und stellt eine weitere wesentliche Einsparmöglichkeit dar.

Die Programmvariante TSK+rLF erwies sich trotz der niedrigeren Basis-Sollwerte als nicht praktikabel und wurde wegen des überhöhten Energiebedarfs vorzeitig abgeschaltet.

4 Praxiseinführung

Beginnend im Frühjahr 2005 erfolgte eine Praxiserprobung der neuen Heizungssteuerungsprogramme zur Energieeinsparung in drei sächsischen Pilotbetrieben. In den Betrieben Klaus König, Niederau; im damaligen Betriebsteil Laubegast von Kühne Jungpflanzen, Dresden sowie im Betriebsteil Thiendorf von Elsner PAC Jungpflanzen, Dresden wurden Programmvarianten der dynamischen Außentemperaturkorrektur zunächst bei der Produktion von Beet- und Balkonpflanzen sowie später auch von Weihnachtssternen getestet. Alle drei Betriebe verfügen über eine RAM-Klimaregelung, die in Verbindung mit dem ACCESS-Paket für die dynamische Außentemperaturkorrektur eingerichtet werden konnte.

Die technische Ausstattung der Praxisbetriebe erlaubte naturgemäß keine Ermittlung der Energieeinsparung, weil entsprechende Wärmemesstechnik sowie Vergleichsvarianten nicht zur Verfügung standen. Es wurden aber eine Reihe wertvoller Erfahrungen gesammelt, die die Weiterentwicklung der Heizungssteuerungsprogramme wesentlich beeinflussten.

Schon bei der Einrichtung bereitete die Festlegung der Mitteltemperatursollwerte Schwierigkeiten, weil zwar Informationen zu den bisherigen Einstellwerten für die Heizung und Lüftung, jedoch nicht zu den tatsächlichen Temperaturverläufen zur Verfügung standen. Die bisherigen realen Temperaturverläufe sollten jedoch für die Festlegung der Mitteltemperatursollwerte herangezogen werden, um in etwa die gleiche Kulturdauer wie beim bisherigen Verfahren zu erreichen. Nach Auswertung der Pillnitzer Versuche hinsichtlich dieser Fragestellung erfolgte die Festlegung der Mitteltemperatursollwerte in Nähe der Lüftungssollwerte.

Eine weitere Tatsache ist, dass in den Betrieben bei laufender Kultur häufig Veränderungen in der Temperaturführung vorgenommen werden bzw. vorgenommen werden müssen. Die Gründe dafür sind der Beginn weiterer Kulturen oder Sätze im gleichen Gewächshaus oder die gezielte Beschleunigung beziehungsweise das Abbremsen der Bestandesentwicklung, um bestimmte Absatz-

termine genau zu treffen. Diese Eingriffe hebeln die Temperatursummenkontrolle aus, was bei Steuerungsprogrammen mit diesem Programmbaustein zu unsinnigen Situationen und Fehlsteuerungen führt. Unter dem Gesichtspunkt einer einfachen praktischen Handhabbarkeit ist die Temperatursummenkontrolle also kritisch zu betrachten, sofern nicht ganze Gewächshäuser mit nur einer Kultur beziehungsweise einem Satz genutzt werden. Dies war Anlass, Programmvarianten der dynamischen Außentemperaturkorrektur ohne Temperatursummenkontrolle zu entwickeln, die schließlich als die einfach zu handhabenden Programme "Pillnitz stark" und „Pillnitz schwach“ eingeführt wurden.

Bei der Einführung von Heizungssteuerungsprogrammen mit Außentemperaturkorrektur ist auch eine Akzeptanz und bewusste Umstellung der Kulturverantwortlichen auf die neue Situation erforderlich. Zeitweise treten extreme Temperaturen auf, zum Beispiel bei Weihnachtssternen nur 11 °C, was bei der herkömmlichen Temperaturführung einer Alarmsituation entsprochen hätte. In allen drei Pilotbetrieben wurde diese notwendige "psychologische" Umstellung hervorragend gemeistert.

Die Pilotbetriebe äußerten sich nach der Anwendung der dynamischen Außentemperaturkorrektur positiv zur Produktqualität und zur Einhaltung der Kulturdauer und hatten auch subjektiv den Eindruck eines sparsamen Energieeinsatzes. In den Betrieben werden die Energiesparprogramme weiter genutzt.

Durch Veröffentlichungen in der Reihe „Aktuelles für die Praxis“, Artikel in der Fachpresse sowie im Gartenbauinformationssystem www.hortigate.de, Vorträge bei Fachveranstaltungen und Präsentationen auf der Gärtner- und Floristenbörse floriga in Leipzig und zur Internationalen Pflanzenmesse (IPM) in Essen wurden die neuen Heizungssteuerungsprogramme zur Energieeinsparung durch Außentemperaturkorrektur intensiv an den Berufsstand herangetragen. Aus Rückfragen und Messegesprächen ist bekannt, dass Programme mit Außentemperaturkorrektur deutschlandweit und auch in Österreich mit zunehmender Tendenz genutzt werden.

5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die neuen Heizungssteuerungsprogramme zur Energieeinsparung verursachen selbst nur geringe Kosten, setzen allerdings das Vorhandensein entsprechender Steuer- und Regelungstechnik zur Gewächshausklimatisierung voraus.

Das AT-Programm ist bei RAM, Herrsching, als kostenneutrale Option bei der Neueinrichtung oder Überarbeitung einer CC600-Steuerung verfügbar, verursacht also keine extra Kosten.

Das dAT-Programm erfordert die Bereitstellung der langjährigen Stundenmittel. Sofern diese nicht aus betriebseigenen Protokollierungen verfügbar sind, kostet die Beschaffung von der nächst gelegenen Wetterstation in etwa 100,- €. Für die Installation und Einrichtung der dAT-Programme „Pill-

nitz sanft“ und „Pillnitz stark“ als ACCESS-Zusatz auf bestehende RAM-Steuerungen werden von Hempel + Rülcker, Dresden ausschließlich Aufwandsentschädigungen berechnet, die sich in der Regel auf 200,- bis 300,- € belaufen. Die Gesamtkosten betragen hier also maximal 400,- € für den gesamten Betrieb. Das dAT-Programm ist auch Bestandteil der Klimasteuerung von der Firma Claus Viole, Bremen. Hier werden die langjährigen Stundenmittel, also ca. 100,- €, als Zusatzkosten benötigt.

Den geringfügigen Kosten für die Einrichtung der neuen Heizungssteuerungsprogramme steht ein wesentliches Einsparpotenzial an. Wenn pro Jahr eine zweimalige Nutzung in der Frühjahrs- und Herbstsaison unterstellt wird, sind jährliche Einsparungen von 10 bis 40 KWh/Nm² zu erwarten. In Abhängigkeit vom Energie- bzw. Ölpreis ergeben sich die in Tabelle 7 dargestellten Kosteneinsparungen.

Tabelle 7: Heizkosteneinsparung in Abhängigkeit von der Energieeinsparung und dem Ölpreis

Ölpreis in €/l	Jährliche Heizkosteneinsparung in €/ Nm ²			
	bei einer Energieeinsparung von			
	10 KWh/Nm ²	20 KWh/Nm ²	30 KWh/Nm ²	40 KWh/Nm ²
0,30	2,94	5,88	8,82	11,76
0,40	3,92	7,84	11,76	15,68
0,50	4,90	9,80	14,70	19,60
0,60	5,88	11,76	17,64	23,52

Die Einführung der Energiesparprogramme mit Außentemperaturkorrektur ist also äußerst wirtschaftlich und selbst für kleinere Gewächshauseinheiten sinnvoll.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Es wurden praxisreife Heizungssteuerungsprogramme mit Außentemperaturkorrektur entwickelt, die bei entsprechender Parametrierung Einspareffekte von 10 bis 20 Prozent der Heizenergie ermöglichen. Kulturdauer und Pflanzenqualität bleiben bei den optimierten Programmen unbeeinflusst. Die in den Pillnitzer Versuchen und den Erprobungen der Pilotbetriebe ermittelten detaillierten Einstellwerte sind unmittelbar anwendbar.

Folgende Programmvarianten können für die Praxis empfohlen werden:

Lineare Außentemperaturkorrektur (AT)

- korrigiert den Heizungssollwert nach der Differenz zwischen dem Basisheizungssollwert und der aktuellen Außentemperatur
- sichert durch eine Überwachung der Temperatursumme die Einhaltung der Kulturdauer
- geeignet für Gewächshäuser mit einer Art, einem Satz

- Einsparpotenzial ist durch Einfluss auf Pflanzenqualität begrenzt
- Tag/Nacht-Schwankungen von außerhalb werden in das Gewächshaus übertragen
- Informationen zu den bisherigen Realtemperaturen im Gewächshaus erforderlich
- steht als kostenneutrale Option bei RAM Herrsching zur Verfügung

Dynamische Außentemperaturkorrektur (dAT)

- korrigiert den Heizungssollwert nach der Abweichung der aktuellen Außentemperatur von ihrem Erwartungswert (langjähriges Stundenmittel)
- kann mit und ohne Temperatursummenkontrolle (TSK) eingesetzt werden
- flexibles System, problemlose Umstellung auf andere Kulturen möglich
- optimal für Gewächshäuser mit mehreren Arten und Sätzen
- bei Nutzung ohne Temperatursummenkontrolle besteht Restrisiko der Übersteuerung
- zur Installation sind die langjährigen Stundenmittel für den konkreten Standort erforderlich
- bei Hempel + Rülcker, Dresden, als Upgrade auf RAM-Systeme verfügbar
- in das Klimaregelungssystem von Claus Viole, Bremen, integriert

Auf Grund der äußerst niedrigen Aufwendungen und Kosten für die Installation und Einrichtung sind Energiesparprogramme mit AT-Korrektur betriebswirtschaftlich sehr vorteilhaft. Auch kleinere Betriebe können bei Vorhandensein entsprechender Regeltechnik diese Vorteile gut nutzen.

Durch intelligente Steuerung wird eine echte Verbesserung der Energieeffizienz durch eine Verringerung des Energieeinsatzes je Produkteinheit erreicht. Dies trägt zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Minderung des CO₂-Ausstoßes bei, auch wenn die Gartenbaubetriebe daran nur einen kleinen Anteil haben.

Die Öffentlichkeitsarbeit zur Einführung der Heizungssteuerungsprogramme mit Außentemperaturkorrektur ist fortzusetzen. Dazu gehört auch, dass diese Programme Standard bei anderen Zierpflanzenbauversuchen in der Versuchsgärtnerei der LfL werden. Die Einbeziehung bzw. Anpassung dieser Steuerungsmodelle an die Systeme weiterer Anbieter von Klimaregeltechnik für Gewächshäuser ist nach Möglichkeit zu unterstützen.

Weiteres Entwicklungspotenzial wird in der Einbeziehung der Einstrahlung und der Windgeschwindigkeit in die Steuerungsmodelle gesehen. Ein entsprechendes F/E-Projekt an der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft dazu wurde bereits genehmigt.

7 Literaturhinweise

HENNING, FOLKER; KÖHLER, LUTZ; OTTOSEN, CARL-OTTO; RÖBER, ROLF; ROSENQVIST, EVA (2006): Dynamische Pflanzenreaktionen zur Energieeinsparung nutzen - das Intelligrow-System. In KTBL-Heft 56, Brennpunkt Energie – Reduktion von Energiekosten im Gartenbau.

HÖLSCHER, THOMAS (Hrsg.) (2006): Brennpunkt Energie – Reduktion von Energiekosten im Gartenbau. KTBL-Heft 56, Darmstadt

KÖRNER, OLIVER (2003): Crop based climate regimes for energy saving in greenhouse cultivation. Dissertation, Universität Wageningen

KÖRNER, OLIVER; CHALLA, HUGO (2002): Energy Saving Climate Control Regime for Cut Chrysanthemum. In ISHS Acta Hort. 633, S. 489-496

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (2006): Energiesparende Maßnahmen -Checkliste mit Maßnahmen zur Minderung von Energieverluste. www.ktbl.de → Fachthemen → Gartenbau, 12.12.2006

MEDEMA, DENNIS (2006): Met klimaat is noog procenten op energie te besparen. Vakblad voor de Bloemisterij 1/2006. S. 38-39

MENNE, ANDREA (1992): Reaktion einiger Zierpflanzen auf mehrtägige Fluktuationen von Temperatur und Lichtintensität. Dissertation, Universität Hannover

ORTMANN, GÜNTER (2007): Kapillarbewässerung von Pflanzen in Gefäßen: Töpfe und Pflanzschalen. www.kapillar-ortmann.de, 20.02.2007

OTTOSEN, CARL-OTTO; ROSENQVIST, EVA; AASLYNG, JESPER MAZANTI (2005): Energy saving potential of dynamic climate control. FloraTech 2/2005, S. 11-13

RAM (2003): CC600-Computeranlage K 1511. Produktunterlagen der Firma RAM Elektronische Regelsysteme der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik Herrsching zur Pillnitzer Versuchsgewächshausanlage der LfL

VIOLE, CLAUS (2006): Klimacomputer RC1 – Bedienungsanleitung. Claus Viole Elektronische Steuerungen, Bremen

WARTENBERG, STEPHAN (2004): Neue Heizungsstrategien helfen beim Energiesparen. In Gartenbau Report 10/2004, S. 18-20

WARTENBERG, STEPHAN (2004): Neue Heizungsstrategien zur Energieeinsparung geprüft. In Gb – Das Magazin für den Zierpflanzenbau 18/2004, S. 28-30

WARTENBERG, STEPHAN (2005): Die Heizung steuern – Programme können Energieeinsparen. In TASPO-Magazin, 7+8/2005, S. 36-38

WARTENBERG, STEPHAN (2005): Dynamische Außentemperaturkontrolle - ein neues Heizungssteuerungsprogramm zur Energieeinsparung. BHGL-Schriftenreihe: 42. Gartenbauwissenschaftliche Tagung, Band 23 (2005), S. 27

WARTENBERG, STEPHAN (2005): Mit Heizstrategien sparen. In Deutscher Gartenbau 11/2005, S. 38-39

WARTENBERG, STEPHAN (2006): Außentemperaturkorrektur - Heizungsstrategien zur Energieeinsparung in Gewächshäusern. Aktuelles für die Praxis - Fachmaterial der LfL, Februar 2006

WARTENBERG, STEPHAN (2006): Energiesparprogramm Pillnitz. Aktuelles für die Praxis – Fachmaterial der LfL, September 2006

WARTENBERG, STEPHAN (2006): Intelligente Heizstrategien ziehen in die Praxis ein. In TASPO-Magazin, 1/2006, S. 10-12

WARTENBERG, STEPHAN, DALLMANN, MARGRET (2003): Energieeinsparung durch neue Steuerungsprogramme im Zierpflanzenbau unter Glas. In Infodienst der LfL 3/2003, S. 159-165

WARTENBERG, STEPHAN; DALLMANN, MARGRET (2005): Energieeinsparung durch spezielle Programme zu Gewächshausklimatisierung: dynamische Außentemperaturkorrektur. In Infodienst der LfL 11/2005, S. 65-69

8 Kontaktadressen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Fachbereich Gartenbau, Referat Zierpflanzenbau, Stephan Wartenberg

Söbrigener Str. 3 a, 01326 Dresden

Tel.: 0351 2612-700, Fax: 0351 2612-704

E-Mail: stephan.wartenberg@smul.sachsen.de, Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl

hempel + rülcker

Gesellschaft für elektronische Klimaregelsysteme mbH

An der Prießnitzau 10, 01328 Dresden

Tel.: 0351 2717-60 Fax: 0351 2717-650

E-Mail: info@hempel-ruelcker.de, Internet: www.hempel-ruelcker.de

RAM - Regel- und Messtechnische Apparate GmbH

Gewerbestraße 3, 82211 Herrsching

Telefon: 08152 378-0, Fax: 08152 54 67

E-Mail: vertrieb@ram-herrsching.de, service@ram-herrsching.de, Internet: www.ram-herrsching.de

Claus Virole

Elektronische Steuerungen

Am Beckenthal 44, 28755 Bremen

Tel.: 0421 657583

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

Fachgruppe Gartenbau

Godesberger Allee 142 - 148, 53175 Bonn

Tel.: 0228 81002-21, Fax: 0228 81002-48

E-Mail: ktbl@ktbl.de, Internet: www.ktbl.de/gartenbau/index.htm

Gartenbau Klaus König

Großdobritzer Str. 15, 01689 Niederau

Tel.: 035243 36053, Fax: 035243 36053

PAC Elsner Jungpflanzen

Kipsdorfer Str. 146, 01279 Dresden

Tel.: 0351 255910, Fax: 0351 2517494

E-Mail: info@pac-elsner.com, Internet: www.pac-elsner.com

Kühne Jungpflanzen GbR

Warthaer Str. 159, 01157 Dresden

Tel.: 0351 4210346, Fax: 0351 4210345

E-Mail: info@kuehne-jungpflanzen.de, Internet: www.kuehne-jungpflanzen.de

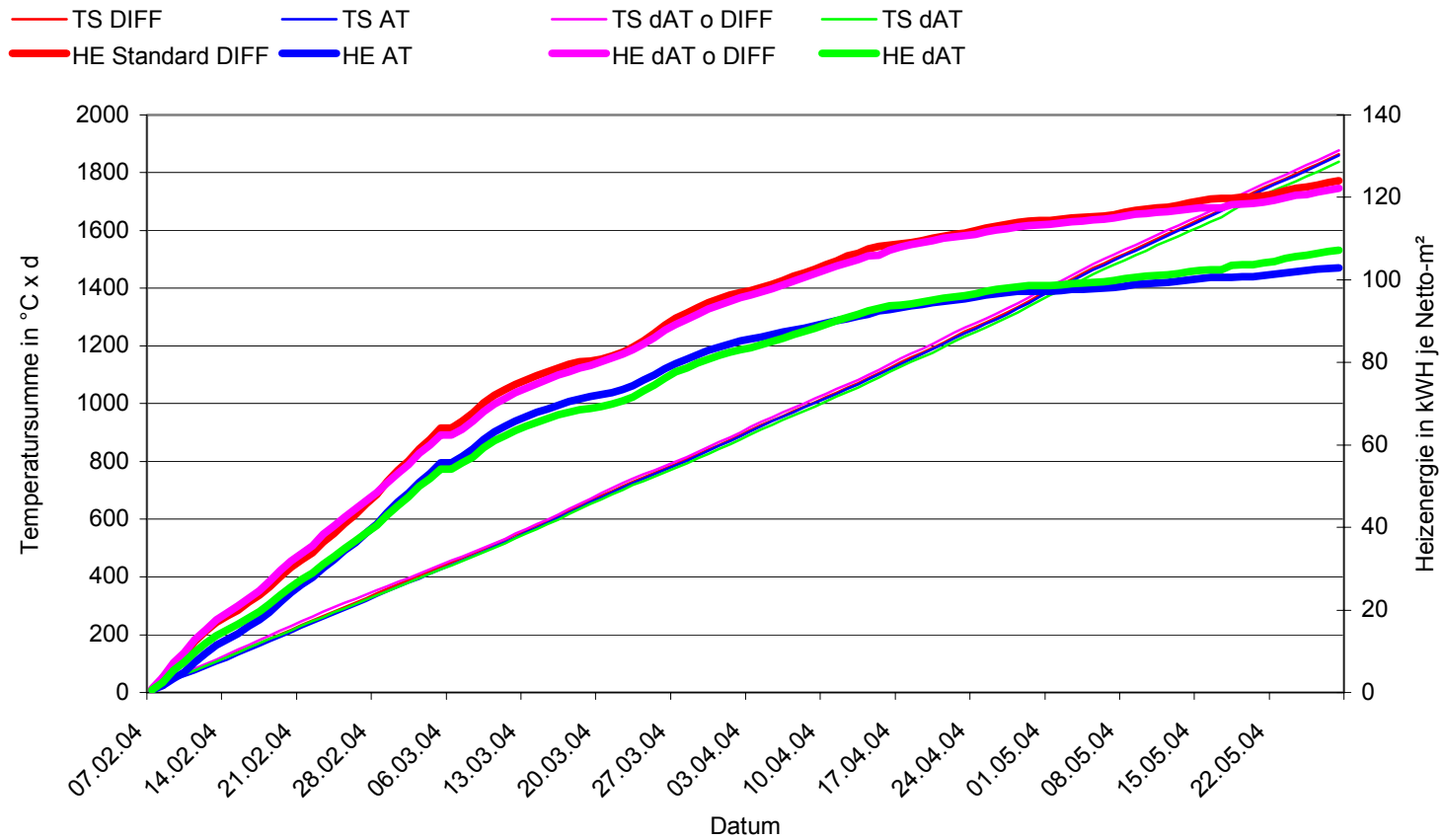
9 Anhang

Anhang Tabelle 1: Energiesparprogramme Frühjahr 2004 (zwei Sätze in KW 4 und 9)

Haus	10.1	10.2	11.1	11.2
Programm	Standard DIFF	AT	dAT o DIFF	dAT
Kulturen	Zonalpelargonien, Efeupelargonien, Nemesien, Petunien, Neuguinea-Impatiens			
Basis - Heizungssollwert T/N	13/16	13/16	16/16	13/16
Mitteltemp Sollwert	16	16	16	16
Lüftungssollwert T/N	15/18	16/19	18/18	15/18
Weitere Einstellungen		Anhebung TSD 300 Kh/0 Kh Anhebung AT-HS -5 K/-2 K Absenkung TSD -300 Kh/0 Kh Absenkung AT-HS -9 K/-14 K max. Anheb. +2,5 K max. Absenk. -5 K	F ₁ = 0,01 F ₂ = 1,0 mehrfache Änderungen, z. B. Einbau Schalter wenn AT > HT Probleme mit Laufzeiten und Temperatursummenberechnung	
Steuerung	CC 600	CC 600	Access	Access

dAT-Modell mit TS-Kontrolle:

$$HT_{akt} = HT_{Soll} + F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll}) * (HT_{Soll} - AT_{Ist}) - F_2 (TS_{Soll} - TS_{Ist}) / (TS_{Ziel} - TS_{Ist})$$



Anhang Abbildung 1: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauches bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2004

Anhang Tabelle 2: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2004 – Satz KW 4

Merkmal	Art	Programm			
		Standard Diff	AT	dAT o DIFF	dAT
Kulturdauer ab Topfen in d	Petunia	98,0 ^b	97,2 ^b	95,1 ^a	96,9 ^b
	Neug.-Impatiens	91,9 ^b	92,6 ^b	85,5 ^a	87,8 ^{a b}
	Nemesia	71,3 ^c	70,3 ^{a b}	70,2 ^a	71,0 ^{b c}
	Pelarg. pelt.	95,1 ^c	94,1 ^{a b}	94,4 ^{a b}	92,6 ^a
	Pelarg. zon.	91,4 ^b	91,6 ^b	89,3 ^b	86,8 ^a
Pflanzenhöhe in cm	Petunia	11,9	12,1	12,5	13,9
	Neug.-Impatiens	15,4	15,0	14,5	14,8
	Nemesia	7,9 ^a	9,9 ^b	10,1 ^b	9,5 ^b
	Pelarg. pelt.	25,9	26,7	26,2	26,4
	Pelarg. zon.	21,8 ^a	23,6 ^b	23,1 ^{a b}	21,8 ^a
Pflanzenbreite in cm	Petunia	79,1 ^a	83,2 ^{a b}	80,8 ^a	85,8 ^b
	Neug.-Impatiens	33,5 ^b	32,2 ^{a b}	30,9 ^a	32,2 ^{a b}
	Nemesia	44,6 ^a	42,4 ^a	44,6 ^a	47,4 ^b
	Pelarg. pelt.	30,8	28,9	29,9	29,6
	Pelarg. zon.	27,9	29,3	29,0	29,5
Anzahl Triebe	Petunia	24,1 ^{a b}	23,2 ^a	23,4 ^a	25,9 ^b
	Neug.-Impatiens	7,7 ^b	7,9 ^b	5,7 ^a	6,9 ^{a b}
	Nemesia	12,6 ^{a b}	11,8 ^a	13,9 ^b	17,2 ^c
	Pelarg. pelt.	5,5 ^{a b}	4,9 ^a	5,8 ^b	5,3 ^{a b}
	Pelarg. zon.	4,0	4,4	4,1	3,9
Laubfarbe	Petunia	4,6 ^a	4,9 ^b	4,8 ^b	4,9 ^b
	Neug.-Impatiens	4,7 ^{a b}	4,9 ^b	4,5 ^a	4,8 ^{a b}
	Nemesia	5,0	5,0	4,9	5,0
	Pelarg. pelt.	4,1	4,1	4,2	4,1
	Pelarg. zon.	5,0	5,0	5,0	5,1
Gesamteindruck	Petunia	8,8	8,5	8,5	8,8
	Neug.-Impatiens	7,8 ^b	7,9 ^b	6,9 ^a	7,3 ^{a b}
	Nemesia	7,0 ^b	6,4 ^a	7,2 ^b	7,8 ^c
	Pelarg. pelt.	8,7	8,5	8,6	8,4
	Pelarg. zon.	8,6 ^b	8,6 ^b	8,3 ^{a b}	7,9 ^a
Sprossmasse in g	Petunia	135,3 ^a	135,3 ^a	138,1 ^a	154,6 ^b
	Neug.-Impatiens	88,0	87,2	74,5	79,6
	Nemesia	69,2 ^b	57,3 ^a	71,6 ^b	80,1 ^c
	Pelarg. pelt.	96,1	90,9	97,8	95,7
	Pelarg. zon.	104,6	112,5	111,4	106,4

^{a b c} = Signifikanzgruppen im TUCKEY-B-Test mit $\alpha = 0,05$

Anhang Tabelle 3: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2004 – Satz KW 9

Merkmal	Art	Programm			
		Standard DIFF	AT	dAT o DIFF	dAT
Kulturdauer ab Topfen in d	Petunia	71,4 ^b	69,9 ^{ab}	69,5 ^{ab}	68,2 ^a
	Neug.-Impatiens	83,9 ^b	81,8 ^a	82,2 ^a	81,7 ^a
	Nemesia	50,5 ^b	48,0 ^b	40,9 ^a	39,5 ^a
	Pelarg. pelt.	72,8	74,3	75,8	73,4
	Pelarg. zon.	76,3	74,1	75,4	73,5
Pflanzenhöhe in cm	Petunia	16,5 ^b	13,4 ^a	14,0 ^a	16,6 ^b
	Neug.-Impatiens	16,6 ^b	15,4 ^a	15,9 ^{ab}	15,7 ^a
	Nemesia	7,3	7,5	6,4	7,4
	Pelarg. pelt.	28,6	29,7	29,6	29,1
	Pelarg. zon.	26,3 ^b	23,8 ^a	24,5 ^{ab}	25,2 ^{ab}
Pflanzenbreite in cm	Petunia	88,0 ^b	80,8 ^a	78,4 ^a	79,6 ^a
	Neug.-Impatiens	38,3 ^b	34,9 ^a	34,7 ^a	36,2 ^a
	Nemesia	33,8 ^b	32,6 ^b	27,6 ^a	28,1 ^a
	Pelarg. pelt.	29,9 ^b	28,8 ^{ab}	26,9 ^a	28,2 ^{ab}
	Pelarg. zon.	27,9 ^c	24,9 ^a	25,3 ^a	26,5 ^b
Anzahl Triebe	Petunia	10,5 ^b	9,2 ^a	8,8 ^a	8,7 ^a
	Neug.-Impatiens	13,2 ^b	11,5 ^a	11,6 ^a	12,0 ^a
	Nemesia	8,6 ^c	6,8 ^b	4,0 ^a	4,4 ^a
	Pelarg. pelt.	4,3	4,7	4,5	4,6
	Pelarg. zon.	4,6 ^b	3,4 ^a	3,7 ^a	4,0 ^a
Laubfarbe	Petunia	4,7 ^b	4,4 ^a	4,6 ^{ab}	4,6 ^{ab}
	Neug.-Impatiens	4,6 ^c	4,1 ^a	4,3 ^{ab}	4,4 ^b
	Nemesia	4,5 ^a	4,5 ^a	4,9 ^b	5,0 ^b
	Pelarg. pelt.	4,2	4,1	4,2	4,2
	Pelarg. zon.	4,9 ^b	4,7 ^a	4,9 ^b	5,0 ^b
Gesamteindruck	Petunia	7,8	7,4	7,3	7,8
	Neug.-Impatiens	8,9 ^{bc}	8,7 ^{ab}	8,6 ^a	9,0 ^c
	Nemesia	6,2 ^b	5,5 ^a	5,4 ^a	5,8 ^{ab}
	Pelarg. pelt.	8,8	8,9	8,8	8,9
	Pelarg. zon.	8,9	8,6	8,6	8,9
Sprossmasse in g	Petunia	93,0 ^b	68,9 ^a	67,2 ^a	69,6 ^a
	Neug.-Impatiens	115,5 ^c	92,1 ^a	96,1 ^a	108,8 ^b
	Nemesia	36,2 ^c	26,9 ^b	21,5 ^a	22,0 ^a
	Pelarg. pelt.	90,4	89,9	83,6	86,0
	Pelarg. zon.	106,6 ^b	83,9 ^a	87,8 ^a	93,4 ^a

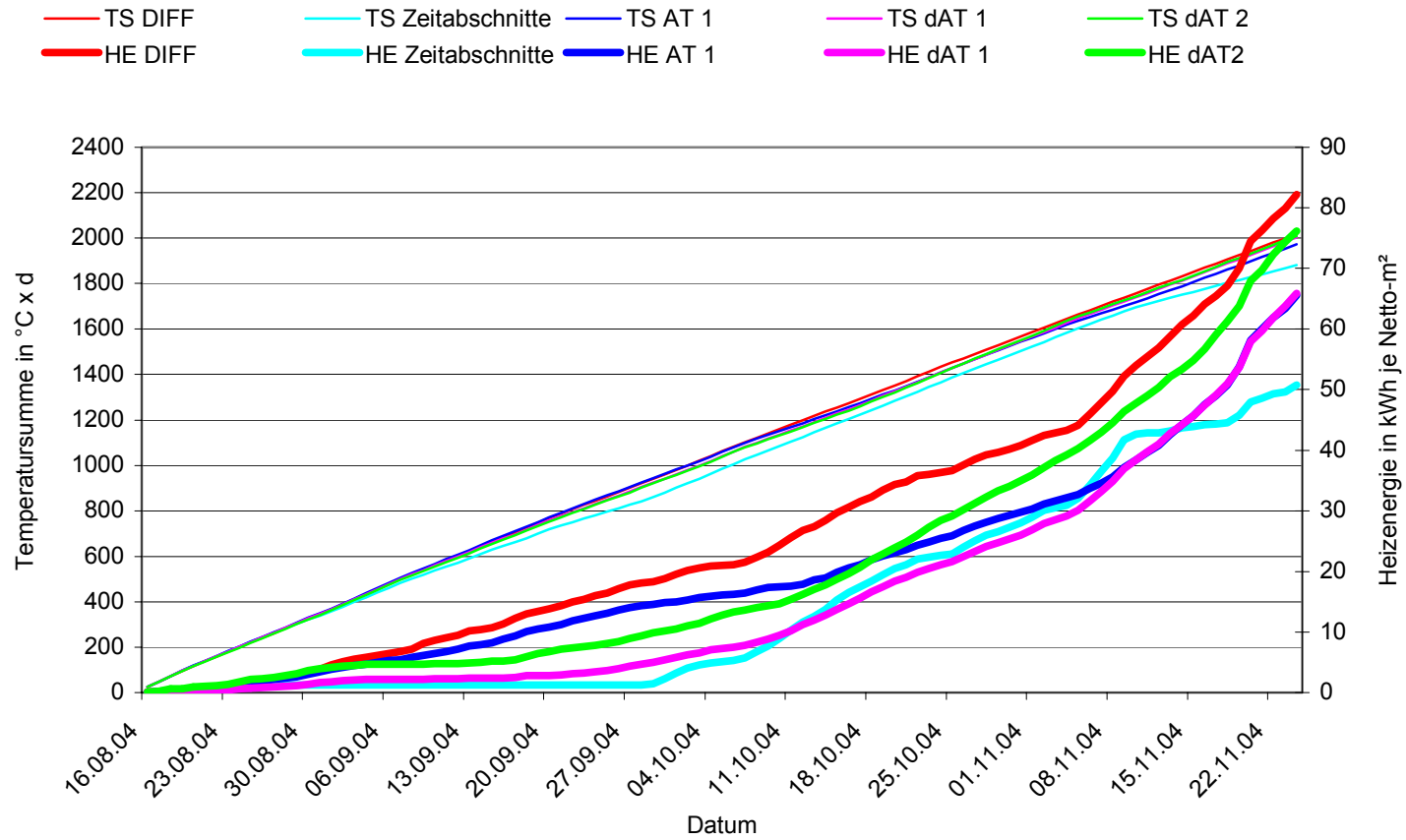
^{a b c} = Signifikanzgruppen im TUCKEY-B-Test mit $\alpha = 0,05$

Anhang Tabelle 4: Energiesparprogramme Herbst 2004

Haus	10.1	10.2	10.3 erst ab 21.10.04	11.1	11.2	11.3
Programm	Zeitabschnitte	AT 1	AT 2	dAT 1	dAT 2	Standard DIFF
Kultur	Poinsettien					
Basis - Heizungssollwert T/N	17/19 später siehe unten	17/19	17/19	17/19	17/19	17/19
Mitteltemp Sollwert	20	20	20	20	20	20
Lüftungssollwert T/N	19/21 später siehe unten	19/21	19/21	19/21	19/21	19/21
Schattiersollwert	60 klx	60 klx	70 klx	60 klx	60 klx	60 klx
Weitere Einstellungen	ab Tag 10: HT T/N 10/12 °C LT T/N 13/15 °C ab Tag 45: HT T/N 19/19 °C LT T/N 21/21 °C ab Tag 87: HT T/N 12/12 °C LT T/N 14/15 °C	Anhebung TSD 900Kh/0Kh Anhebung AT-HS -5K/-2 K Absenkung TSD -900Kh/0 Kh Absenkung AT-HS -9K/-14 K max. Anheb. +2,5 K max. Absenk. -6 K	Anhebung TSD 900 Kh/0 Kh Anhebung AT-HS -5K/-2 K Absenkung TSD -900 Kh/0 Kh Absenkung AT-HS -9K/-14 K max. Anheb.+2,5 K max. Absenk. -3K	F ₁ =0,25; Schalterfkt. wenn AT > HT; Lüftung wird mit erhöht F ₂ =0,005	F ₁ =0,5; Schalterfkt. wenn AT>HT; Lüftung wird mit erhöht F ₂ =0,005	
Steuerung	Access	CC 600	CC 600	Access	Access	CC 600

dAT-Modell mit TS-Kontrolle:

$$HT_{akt} = HT_{Basis} + F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll}) - F_2 (0,01 * TSD)^3$$



Anhang Abbildung 2: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Poinsettien im Herbst 2004

Anhang Tabelle 5: Pflanzenmerkmale Poinsettien Herbst 2004

	Programm					
	Zeit- abschnitte	AT 1	AT 2	dAT 1	dAT 2	DIFF
Pflanzenhöhe in cm	24,5 ^a	24,0 ^a	24,3 ^a	25,8 ^b	26,7 ^b	26,9 ^b
Pflanzendurchmesser in cm	47,7 ^b	45,4 ^a	46,5 ^{ab}	51,1 ^c	51,7 ^c	50,6 ^c
Brakteendurchmesser in cm	25,4 ^b	24,0 ^a	24,1 ^a	26,0 ^{bc}	26,5 ^c	25,3 ^b
Triebanzahl	3,6 ^a	3,8 ^{ab}	3,6 ^a	4,0 ^b	3,8 ^{ab}	3,9 ^{ab}
Gesamteindruck	6,9	6,9	7,0	6,9	7,0	6,9
Sprossmasse in g	79,7 ^b	83,2 ^b	70,8 ^a	93,3 ^c	95,1 ^c	96,1 ^c
Cyathienstadium	3,0 ^a	2,9 ^a	-	4,6 ^b	5,8 ^c	3,5 ^a
Zimmerhaltbarkeit in Tagen	85 ^{ab}	109 ^c	-	72 ^a	101 ^{bc}	70 ^a

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

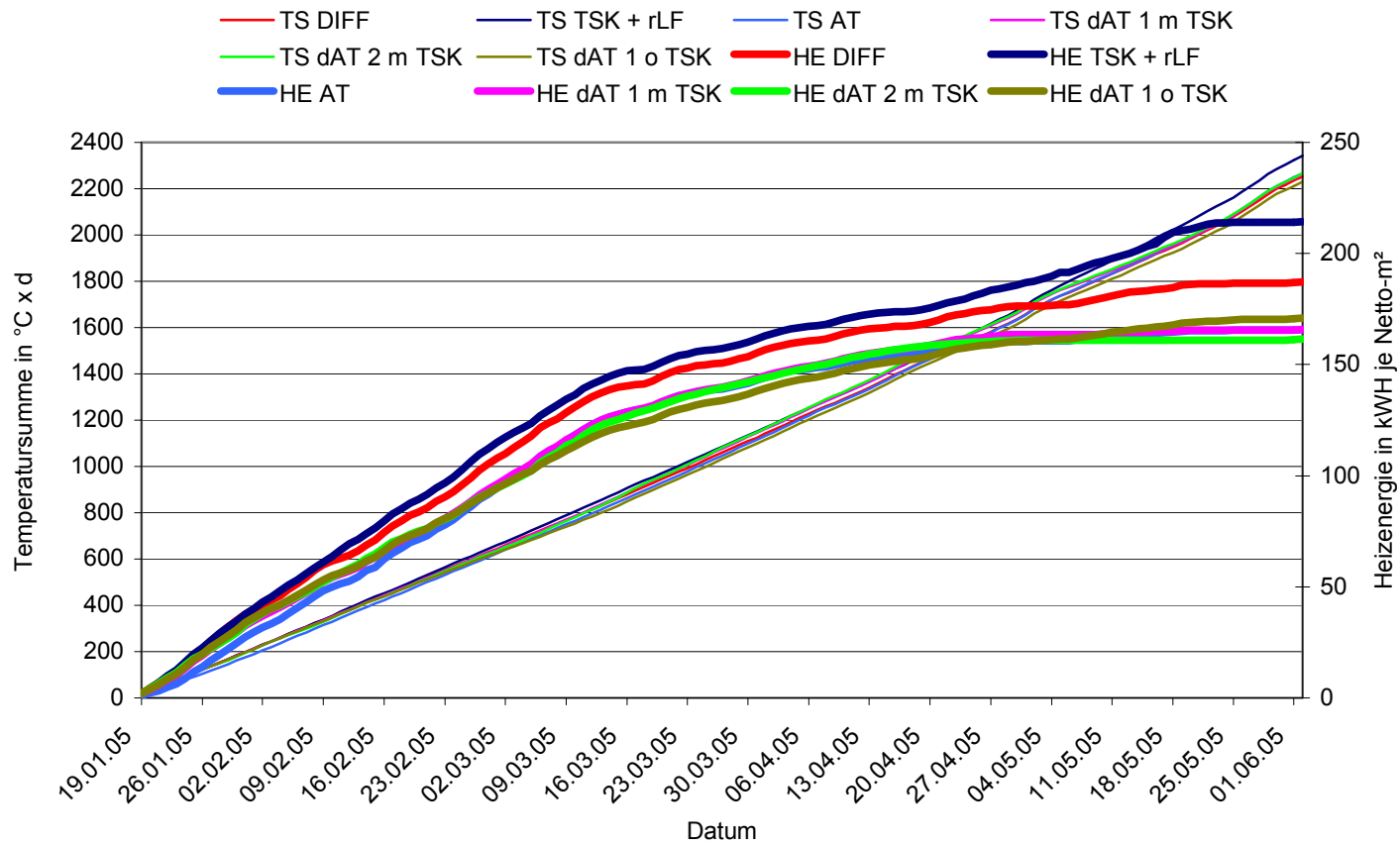
Anhang Tabelle 6: Energiesparprogramme Frühjahr 2005

Haus	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3
Programm	AT	TSK + rLF	dAT 1 m TSK	Standard DIFF	dAT 2 m TSK	dAT 1 o TSK
Kulturen	Zonalpelargonien, Efeupelargonien, Nemesien, Petunien, Neuguinea-Impatiens					
Basis-Heizungssollwert T/N	13/16	12/15	13/16	13/16	13/16	13/16
Mitteltemp Sollwert	16	16	16	16	16	16
Lüftungssollwert T/N	16/19	18/20	15/18	15/18	15/18	15/18
Schattiersollwert	50 klx					
Weitere Einstellungen	Anhebung TSD 900Kh/0 Kh Anhebung AT-HS -5K/-2 K Absenkung TSD -900 Kh/0Kh Absenkung AT-HS -9 K/-14 K max. Anheb.+2,5 K max. Absenk. -6 K	<u>Entfeuchtung:</u> Raumsollwert 70 Prozent UHzg+OHzg + 0,0 Prozent min. Vorlauf 35-45 °C Ventilator +5 Prozent Lüftung +15 Prozent <u>Tempsummenkontr.:</u> $HT_{akt} = HT - F_2 \cdot (0,01 \times TSD)^3$ $F_2 = 0,005$	$F_1 = 0,25$; Schalterfkt. wenn AT > HT; Lüftung wird mit erhöht $F_2 = 0,005$		$F_1 = 0,5$; Schalterfkt. wenn AT > HT; Lüftung wird mit erhöht $F_2 = 0,005$	$F_1 = 0,25$; Schalterfkt. wenn AT > HT; Lüftung wird mit erhöht; ohne Temperatursummenkontrolle
Steuerung	CC 600	CC 600/Access	Access	CC 600	Access	Access

dAT-Modell mit TS-Kontrolle: $HT_{akt} = HT_{Basis} + F_1 \cdot (AT_{ist} - AT_{soll}) - F_2 (0,01 \cdot TSD)^3$

dAT-Modell ohne TS-Kontrolle: $HT_{akt} = HT_{Basis} + F_1 \cdot (AT_{ist} - AT_{soll})$

aus, wenn $AT_{ist} > HT$



Anhang Abbildung 3: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2005

Anhang Tabelle 7: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2005 - Satz KW 3

		Programm					
		AT	TSK+rLF	dAT 1 m TSK	Standard DIFF	dAT 2 m TSK	dAT 1 o TSK
Kulturdauer in d	Petunia	102,1 ^{ab}	103,3 ^{bc}	102,5 ^{abc}	103,1 ^{abc}	104,1 ^c	101,5 ^a
	Neug.-Impatiens	86,3 ^a	89,6 ^{ab}	95,2 ^b	89,7 ^{ab}	88,3 ^{ab}	90,7 ^{ab}
	Nemesia	60,3 ^a	67,1 ^b	69,7 ^b	67,7 ^b	67,8 ^b	69,5 ^b
	Pelarg. pelt.	93,2 ^{ab}	91,7 ^a	96,0 ^b	94,1 ^{ab}	93,2 ^{ab}	95,5 ^{ab}
	Pelarg. zon.	93	92,8	93	91,3	94,1	94,7
Pflanzenhöhe in cm	Petunia	15,3 ^a	15,3 ^a	18,3 ^b	19,3 ^{bc}	20,6 ^c	19,4 ^{bc}
	Neug.-Impatiens	12,7 ^a	15,4 ^b	14,0 ^{ab}	13,3 ^a	13,4 ^a	13,0 ^a
	Nemesia	8,4 ^a	8,3 ^a	12,7 ^b	12,5 ^b	12,5 ^b	15,0 ^b
	Pelarg. pelt.	32,8	32	31,1	31,7	31,1	32,2
	Pelarg. zon.	33,5 ^{ab}	34,9 ^b	35,0 ^b	31,4 ^a	36,1 ^b	35,6 ^b
Pflanzenbreite in cm	Petunia	44,3 ^a	48,9 ^b	47,5 ^{ab}	47,9 ^{ab}	51,5 ^b	48,5 ^b
	Neug.-Impatiens	34,6	36,3	36,6	35,1	34,6	34
	Nemesia	43,3 ^b	41,4 ^{ab}	38,8 ^a	40,6 ^{ab}	42,2 ^{ab}	41,3 ^{ab}
	Pelarg. pelt.	35,3	30,2	32,5	32	34,5	32,5
	Pelarg. zon.	33,8 ^a	33,9 ^a	34,9 ^{ab}	34,9 ^{ab}	36,1 ^{ab}	36,6 ^b
Anzahl Triebe	Petunia	13,9 ^a	13,3 ^a	16,7 ^b	20,0 ^c	19,6 ^c	17,2 ^b
	Neug.-Impatiens	6,3	6,4	6,3	6,5	6,2	5,7
	Nemesia	9,2 ^{ab}	8,0 ^a	12,3 ^{cd}	10,2 ^{abc}	13,5 ^d	11,0 ^{bcd}
	Pelarg. pelt.	3,4	3,5	3,7	3,5	3,5	3,5
	Pelarg. zon.	3,8	3,7	4,3	3,8	3,9	3,9
Laubfarbe	Petunia	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Neug.-Impatiens	6,7 ^a	7,2 ^{ab}	7,4 ^b	6,8 ^a	7,1 ^{ab}	7,0 ^{ab}
	Nemesia	6,2 ^a	6,7 ^{bc}	6,9 ^c	6,5 ^{ab}	6,9 ^{bc}	7,0 ^c
	Pelarg. pelt.	6,8	6,7	6,9	6,7	6,7	6,8
	Pelarg. zon.	7,0	7,0	7,0	7,0	6,9	7,0
Gesamt- eindruck	Petunia	8,8	8,1 ^a	8,8 ^b	8,9 ^b	8,8 ^b	8,9 ^b
	Neug.-Impatiens	8,0 ^a	8,9 ^c	8,8 ^{bc}	8,5 ^{abc}	8,7 ^{bc}	8,1 ^{ab}
	Nemesia	7,9 ^a	8,0 ^a	8,8 ^b	8,8 ^b	8,9 ^b	8,8 ^b
	Pelarg. pelt.	8,6 ^{ab}	8,0 ^a	8,8 ^b	8,3 ^{ab}	8,8 ^b	8,8 ^b
	Pelarg. zon.	8,2	8,6	8,5	8,8	8,6	8,6
Sprossmasse in g	Petunia	79,1 ^a	73,8 ^a	99,1 ^b	106,8 ^b	111,3 ^b	105,5 ^b
	Neug.-Impatiens	85,1	94,9	99,6	92,1	91,3	87,8
	Nemesia	43,4 ^a	39,6 ^a	57,0 ^{bc}	53,6 ^b	60,5 ^{bc}	65,1 ^c
	Pelarg. pelt.	95,7 ^{ab}	83,6 ^a	102,1 ^b	90,0 ^{ab}	101,7 ^b	98,4 ^{ab}
	Pelarg. zon.	120,3 ^{ab}	111,8 ^a	126,3 ^{abc}	120,0 ^{ab}	136,6 ^c	131,8 ^{bc}

^{ab c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 8: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2005 - Satz KW 6

		Programm					
		AT	TSK+rLF	dAT 1 m TSK	DIFF	dAT 2 m TSK	dAT 1 o TSK
Kulturdauer in d	Petunia	93,4 ^b	91,8 ^b	92,7 ^b	88,9 ^a	93,7 ^b	92,0 ^b
	Neug.-Impatiens	66,3 ^{a,b}	62,2 ^a	69,0 ^b	67,2 ^{a,b}	64,5 ^{a,b}	70,2 ^b
	Nemesia	45,4	45,5	46,7	48,2	45,9	46,4
	Pelarg. pelt.	86,5	82,5	85,4	83,8	84,2	86,8
	Pelarg. zon.	82,8	81,5	82,3	84,9	85,1	83
Pflanzenhöhe in cm	Petunia	14,8 ^b	14,3 ^{a,b}	12,9 ^a	13,5 ^{a,b}	14,1 ^{a,b}	14,2 ^{a,b}
	Neug.-Impatiens	14,4	14,2	14,6	14,5	14,4	14,6
	Nemesia	9,4	8,5	9,3	9,2	9,6	9,8
	Pelarg. pelt.	36,6	34,6	34,8	34,7	33,8	36,2
	Pelarg. zon.	31,8	32,7	31,6	30,1	32,2	31,7
Pflanzenbreite in cm	Petunia	43,5 ^b	41,3 ^{a,b}	39,9 ^a	40,8 ^{a,b}	42,5 ^{a,b}	40,4 ^{a,b}
	Neug.-Impatiens	31,8	32,1	31	30,8	30,9	31,3
	Nemesia	38,8	40,9	36,4	37,5	39,2	38,3
	Pelarg. pelt.	34,8	32,3	36,3	37,8	35,3	38,2
	Pelarg. zon.	35,6	34,2	33,8	33	35	35,1
Anzahl Triebe	Petunia	19,0	17,3	18,3	18,3	19,8	18,8
	Neug.-Impatiens	4,3	4,4	3,9	4,5	4,4	4,3
	Nemesia	6,9	5,5	6,8	6,7	7,9	6,8
	Pelarg. pelt.	3,5	3,4	3,8	3,4	3,6	3,5
	Pelarg. zon.	4,2	4,2	4,1	4,1	4,4	4,6
Laubfarbe	Petunia	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Neug.-Impatiens	7,0	6,8	7,0	7,1	6,7	7,0
	Nemesia	6,5 ^a	6,3 ^a	6,9 ^{b,c}	7,0 ^c	6,6 ^{a,b}	6,9 ^{b,c}
	Pelarg. pelt.	6,8 ^b	6,8 ^b	6,8 ^b	6,5 ^{a,b}	6,2 ^a	6,6 ^b
	Pelarg. zon.	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Gesamt- eindruck	Petunia	9,0	8,8	8,9	9,0	8,8	9
	Neug.-Impatiens	8,0	7,8	8,0	8,0	7,5	8,1
	Nemesia	8,4 ^{a,b}	7,9 ^a	8,7 ^b	8,5 ^{a,b}	8,5 ^b	8,6
	Pelarg. pelt.	8,7	8,6	9,0	8,6	8,5	8,7
	Pelarg. zon.	8,7	8,8	8,7	8,6	8,9	8,9
Sprossmasse in g	Petunia	88,1 ^b	78,3 ^a	86,2 ^b	89,2 ^b	99,6 ^c	98,1 ^c
	Neug.-Impatiens	72,9	65,1	74,9	67,3	63,5	75,9
	Nemesia	40,5	38,1	42,2	40,0	43,8	45,4
	Pelarg. pelt.	108,2 ^{a,b}	97,9 ^a	110,9 ^{a,b}	102,3 ^{a,b}	107,5 ^{a,b}	125,4 ^b
	Pelarg. zon.	117,8	125,4	121,8	115,2	126	126,4

^{a,b,c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 9: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2005 - Satz KW 9

		Programm					
		AT	TSK+rL F	dAT 1 m TSK	DIFF	dAT 2 m TSK	dAT 1 o TSK
Kulturdauer in d	Petunia	76,7 ^{bc}	72,8 ^a	79,0 ^{cd}	77,7 ^{bcd}	79,7 ^d	75,8 ^b
	Neug.-Impatiens	60,7 ^{ab}	60,2 ^{ab}	66,3 ^b	52,2 ^a	60,5 ^{ab}	54,6 ^a
	Nemesia	34,4 ^{ab}	33,1 ^a	32,7 ^a	35,3 ^{ab}	36,3 ^b	35,3 ^{ab}
	Pelarg. pelt.	70,5	68,7	74,8	74,4	74,6	72,0
	Pelarg. zon.	75,1	74,7	78,9	76,8	76,3	77,8
Pflanzenhöhe in cm	Petunia	12,7	12,0	11,9	13,3	12,7	12,3
	Neug.-Impatiens	15,1 ^{bc}	15,1 ^{bc}	15,8 ^c	12,7 ^a	15,4 ^{bc}	13,8 ^{ab}
	Nemesia	9,5	8,4	8,8	9	9,3	9,5
	Pelarg. pelt.	35,4	33,9	36,2	36,3	36,3	34,5
	Pelarg. zon.	32,5	32,6	33,6	31,7	32,1	33,9
Pflanzenbreite in cm	Petunia	35,6	33,3	35,5	36,0	36,0	35,0
	Neug.-Impatiens	33,9 ^c	33,0 ^{bc}	32,7 ^{bc}	27,9 ^a	31,2 ^{abc}	29,5 ^{ab}
	Nemesia	31,8 ^{ab}	29,7 ^a	28,8 ^a	29,5 ^a	34,2 ^b	31,6 ^{ab}
	Pelarg. pelt.	34,3 ^{ab}	33,4 ^a	35,0 ^{ab}	37,8 ^{ab}	39,1 ^b	34,6 ^{ab}
	Pelarg. zon.	34,4	34,6	33,1	32,7	34,7	35,3
Anzahl Triebe	Petunia	13,8	10,2	14,2	15,8	14,3	13,7
	Neug.-Impatiens	3,9 ^{ab}	3,5 ^{ab}	3,3 ^a	4,2 ^b	3,7 ^{ab}	4,2 ^b
	Nemesia	5,3	3,7 ^a	3,5 ^a	3,7 ^a	4,2 ^{ab}	4,7 ^{ab}
	Pelarg. pelt.	3,4	3,5	3,8	3,6	3,6	3,7
	Pelarg. zon.	3,8	4,0	4,2	4,1	4,5	4,1
Laubfarbe	Petunia	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Neug.-Impatiens	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Nemesia	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,8
	Pelarg. pelt.	6,7	6,9	6,6	6,7	6,6	6,5
	Pelarg. zon.	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0
Gesamt- eindruck	Petunia	8,8	8,3	8,8	8,9	8,8	8,7
	Neug.-Impatiens	8,3 ^c	8,1 ^{bc}	8,1 ^{bc}	6,9 ^a	7,7 ^{bc}	7,4 ^{ab}
	Nemesia	6,2 ^{ab}	5,8 ^a	5,6 ^a	6,1 ^{ab}	6,1 ^{ab}	7,0 ^b
	Pelarg. pelt.	8,6	8,2	8,5	8,6	8,1	8,4
	Pelarg. zon.	8,6	8,3	8,7	8,8	8,8	8,6
Sprossmasse in g	Petunia	69,0 ^b	54,0 ^a	71,0 ^b	73,9 ^b	74,2 ^b	72,1 ^b
	Neug.-Impatiens	86,7 ^c	82,6 ^c	94,2 ^c	45,7 ^a	78,8 ^{bc}	57,5 ^{ab}
	Nemesia	26,2 ^{abc}	21,3 ^a	22,0 ^a	24,6 ^{ab}	28,9 ^{bc}	32,3 ^c
	Pelarg. pelt.	99,3 ^{ab}	91,9 ^a	112,3 ^{abc}	115,9 ^{bc}	122,7	110,0 ^{abc}
	Pelarg. zon.	122,0	123,3	132,0	114,7	131,9	134,8

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 10: Energiesparprogramme Herbst 2005

Haus	11.1 und 12.3	11.2 und 12.2	11.3 und 12.1	10.1	10.2	10.3
Programm	dAT 1 o TSK	Standard DIFF	dAT 2 o TSK	dAT o TSK	Standard	dAT m TSK
Kultur	Poinsettien			Schnittcyclamen		
Basis - Heizungssollwert T/N	17/19	17/19	17/19	16/16	16/16	16/16
Mitteltemp Sollwert	20	20	20	17	17	17
Lüftungssollwert T/N	19/21	19/21	19/21	19/19	19/19	19/19
Schattiersollwert	70 klx			70 klx		
Weitere Einstellungen	F = 0,25 Lüftungstemp. wird mit erhöht		F = 0,4 bis KW 42, dann F = 0,25 Lüftungstemp. wird mit erhöht	F = 0,25 Lüftungstemp. wird mit erhöht		F1 = 0,25 F2 = 0,005 Lüftungstemp. wird mit erhöht
Steuerung	Access	CC 600	Access	Access	CC 600	Access

dAT-Modell mit TS-Kontrolle: $HT_{akt} = HT_{Basis} + k * F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll}) - F_2 * (0,01 * TSD)^3$

dAT-Modell ohne TS-Kontrolle: $HT_{akt} = HT_{Basis} + k * F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll})$

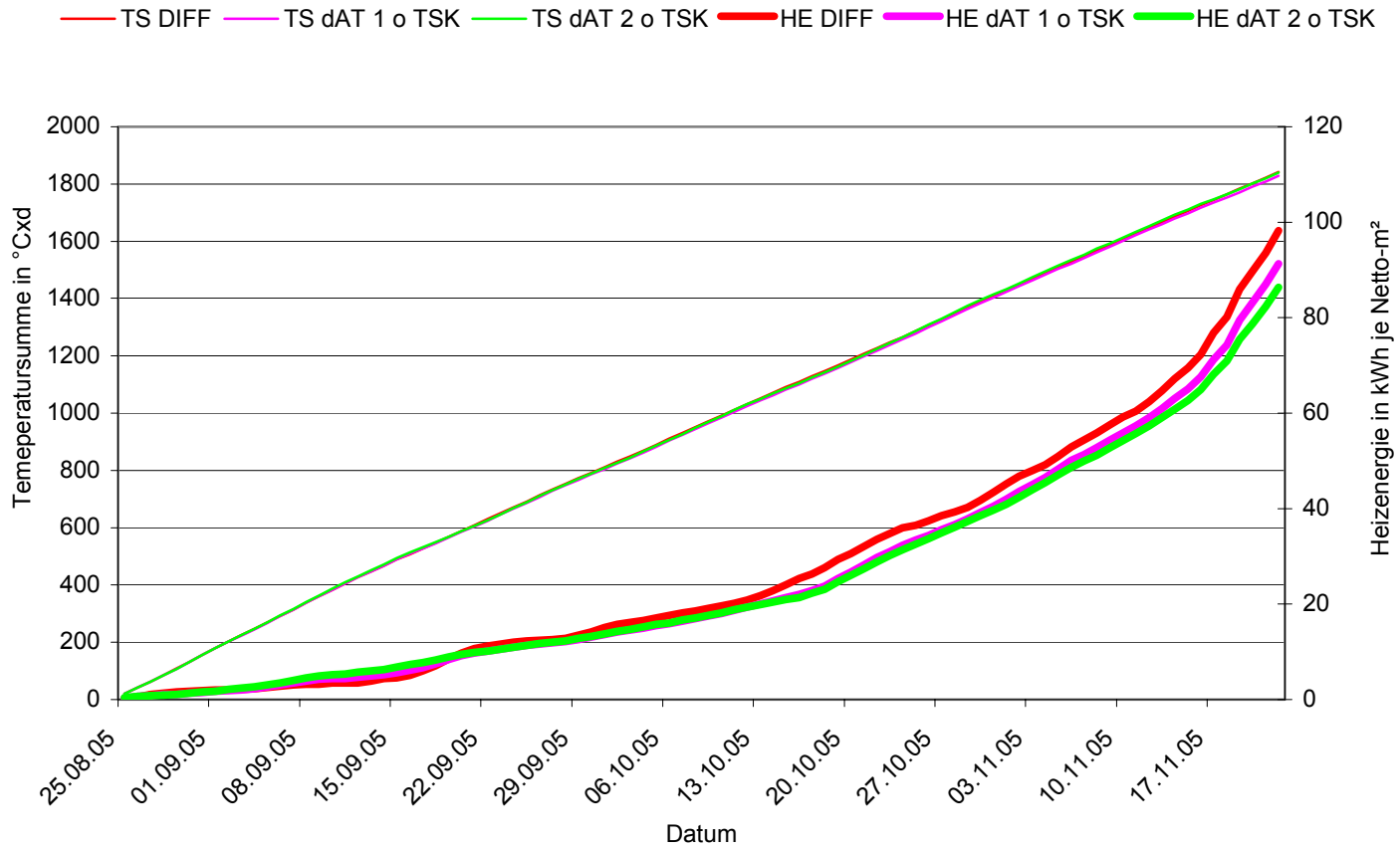
mit folgenden Bedingungen:

WENN $AT_{Ist} > HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0$

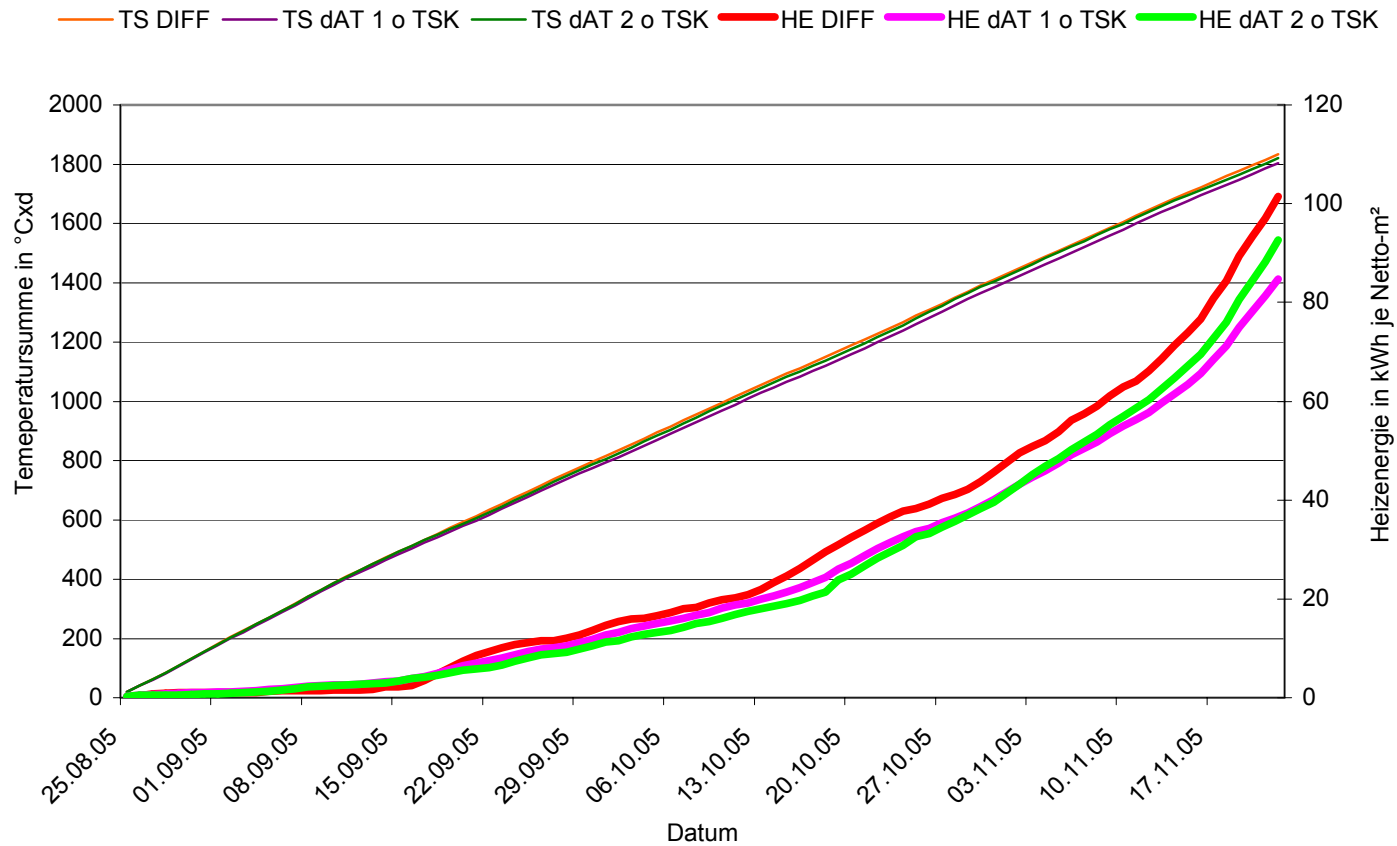
WENN $AT_{Ist} \leq HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0,25$ bzw. $0,4$

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} > 0$, DANN $k = 1$

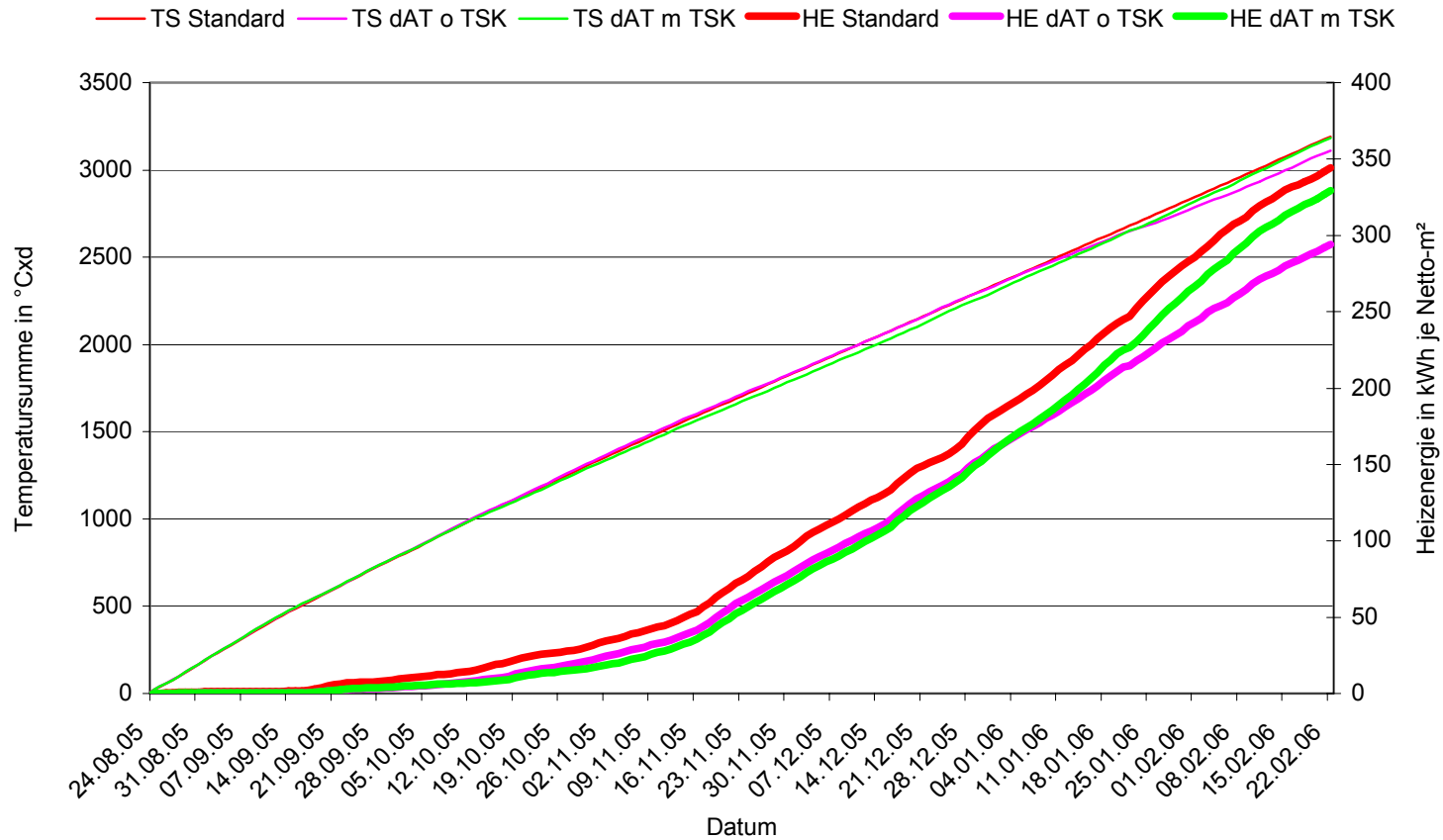
WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} < 0$, DANN $k = 2$



Anhang Abbildung 4: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Poinsettien im Herbst 2005 - GWH 11 mit Tischsystem



Anhang Abbildung 5: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Poinsettien im Herbst 2005 - GWH 12 mit Ebbe/Flut-Beton



Anhang Abbildung 6: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Schnittcyclamen 2005 - 2006

Anhang Tabelle 11: Pflanzenmerkmale Poinsettien 2005

	Kultursystem					
	Anstautisch			Ebbe/Flut-Beton		
	dAT 1 o TSK	Standar DIFF	dAT 2 o TSK	dAT 1 o TSK	Standard DIFF	dAT 2 o TSK
Pflanzenhöhe in cm	28,5	28,8	29,1	31,2 ^c	28,4 ^b	27,3 ^a
Pflanzenbreite in cm	44,2 ^a	44,3 ^a	46,6 ^b	43,4 ^b	39,3 ^a	38,3 ^a
Brakteendurchmesser in cm	26,8	26,7	26,8	24,3 ^b	23,2 ^a	23,0 ^a
Triebe je Pflanze	4,1	3,9	4,1	4,0	3,8	3,8
Gesamteindruck	6,8 ^a	7,0 ^a	7,5 ^b	6,2 ^b	5,9 ^b	5,2 ^a
Sprossmasse in g	100,2 ^a	99,7 ^a	106,5 ^b	94,6 ^c	80,1 ^b	74,1 ^a
Cyathien-Stadium	4,3 ^b	3,5 ^a	3,8 ^a	3,2 ^b	3,0 ^b	2,6 ^a
Zimmerhaltbarkeit in Tagen	98	89	98	89	91	101

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 12: Pflanzenmerkmale Schnittcyclamen 2005 - 2006

	Programm		
	dAT o TSK	Standard	dAT m TSK
Ertrag in Blüten je Pfl	36,9 ^b	34,6 ^a	39,4 ^c
Blütenstiellänge in cm	27,1 ^b	26,7 ^a	26,6 ^a
Blütenblattlänge in cm	4,9 ^b	4,8 ^a	4,9 ^b
Zimmerhaltbarkeit in Tagen	20,8	19,9	20,9

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 13: Energiesparprogramme Frühjahr 2006

Haus	11.1	11.2	11.3	10.1	10.2	10.3
Programm	Standard CM	dAT 1 = Pillnitz sanft	dAT 2 = Pillnitz stark	Standard CM	dAT 1 = Pillnitz sanft	dAT 2 = Pillnitz stark
Kultur	Zonalpelargonien, Fuchsien, Nemesien, Petunien, Neuguinea-Impatiens					
Satz	ab Kalenderwoche 5			ab Kalenderwoche 9		
Basis - Heizungssollwert T/N	16/17	16/17	16/17	16/17	16/17	16/17
Mitteltemp Sollwert	18	18	18	18	18	18
Lüftungssollwert T/N	18/19	18/19	18/19	18/19	18/19	18/19
Cool-Morning	Heizungssollwert: 1 h vor Sonnenaufgang für 4 h auf 8 °C abgesenkt Lüftungssollwert: mit Sonnenaufgang für 2 h auf 10 °C abgesenkt					
Schattiersollwert	60 klx					
Weitere Einstellungen		Mindesttemp 6°C F ₁ = 0,2 Lüftungstemp. wird mit erhöht	Mindesttemp 6°C F ₁ = 0,3 Lüftungstemp. wird mit erhöht		Mindesttemp 6°C F ₁ = 0,2 Lüftungstemp. wird mit erhöht	Mindesttemp 6°C F ₁ = 0,3 Lüftungstemp. wird mit erhöht
Steuerung	CC 600	Access	Access	CC 600	Access	Access

photoperiodische Belichtung ab KW 9 bzw. KW 13: Freigabe von 4:00 bis 20:00 Uhr, Schaltpunkt 1 klx

dAT-Modell ohne TS-Kontrolle: $HT_{akt} = HT_{Basis} + k * F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll})$

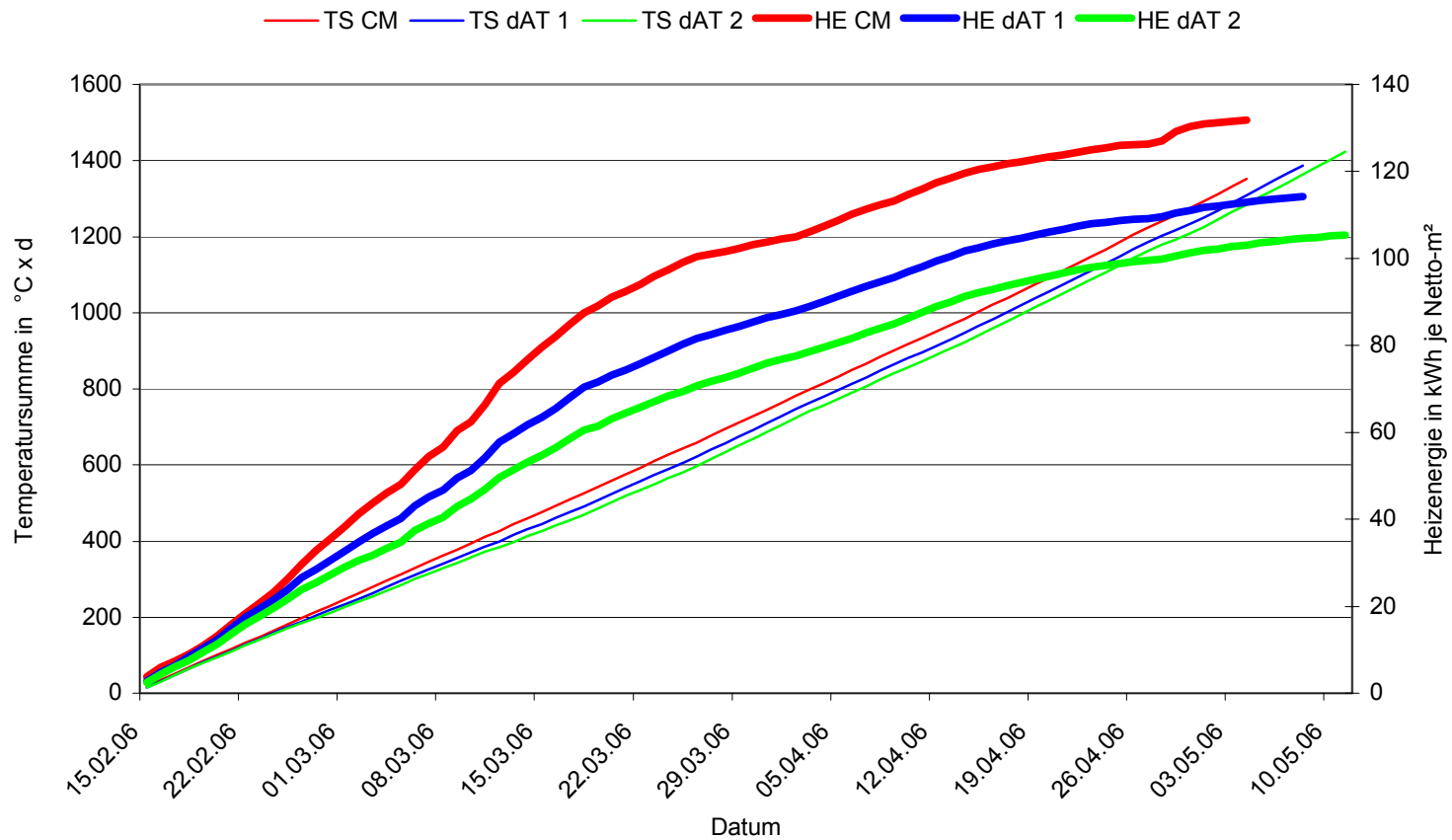
mit folgenden Bedingungen:

WENN $AT_{Ist} > HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0$

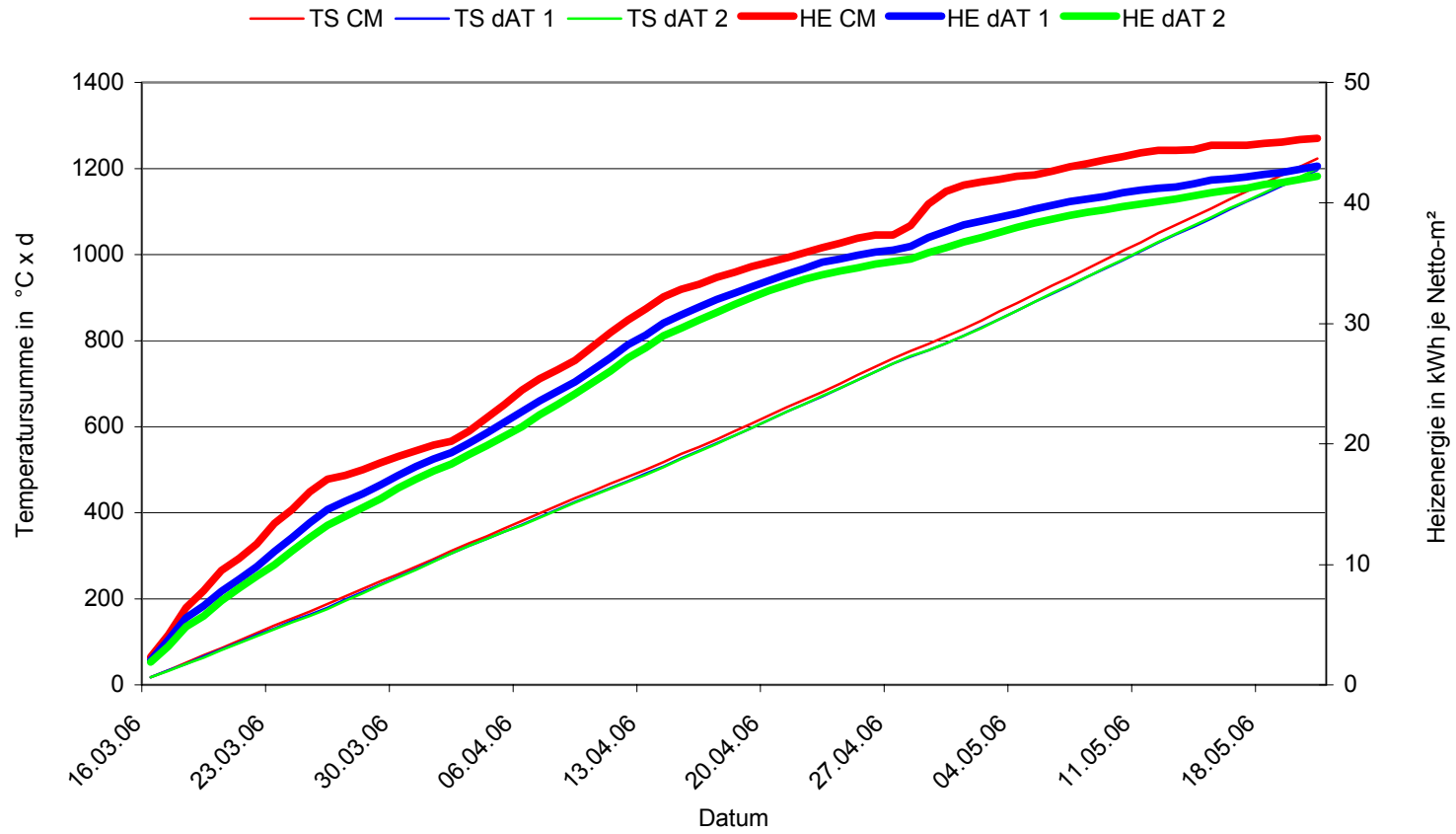
WENN $AT_{Ist} \leq HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0,2$ bzw. $0,3$ für „Pillnitz sanft“ bzw. „Pillnitz stark“

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} > 0$, DANN $k = 1$

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} < 0$, DANN $k = 2$



Anhang Abbildung 7: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2006 -
1. Satz ab KW 5



Anhang Abbildung 8: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Beet- und Balkonpflanzen im Frühjahr 2006 - 2. Satz ab KW 9

Anhang Tabelle 14: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2006 - Satz KW 5

		Programm		
		Standard CM	dAT 1	dAT 2
Kulturdauer in Tagen	Fuchsia	89,5 ^a	91,9 ^b	93,5 ^c
	Neug.-Impatiens	65,7 ^a	71,8 ^b	73,3 ^b
	Nemesia	46,0 ^a	48,5 ^b	50,3 ^c
	Pelarg. zon.	83,5 ^a	85,9 ^b	86,0 ^b
	Petunia	67,2 ^{a,b}	66,4 ^a	68,0 ^b
Pflanzenhöhe in cm	Fuchsia	33,2 ^{a,b}	33,8 ^b	33,0 ^a
	Neug.-Impatiens	14	14,3	14,4
	Nemesia	10,2 ^a	10,6 ^{a,b}	11,0 ^b
	Pelarg. zon.	37,3	38,7	38,6
	Petunia	21	20,2	20,4
Pflanzenbreite in cm	Fuchsia	39,6	39,8	40,1
	Neug.-Impatiens	28,9	30	29,1
	Nemesia	36,4 ^a	37,6 ^b	37,6 ^b
	Pelarg. zon.	39,5	39,3	39,5
	Petunia	50,2 ^b	48,2 ^a	47,1 ^a
Anzahl Triebe	Fuchsia	18,9 ^a	20,4 ^b	20,9 ^b
	Neug.-Impatiens	4,4	4,7	4,6
	Nemesia	8,1 ^a	8,5 ^{a,b}	9,2 ^b
	Pelarg. zon.	3,3 ^a	3,6 ^b	3,5 ^{a,b}
	Petunia	11,6 ^a	12,8 ^b	12,5 ^b
Laubfarbe	Fuchsia	6,6	6,6	6,8
	Neug.-Impatiens	5,9	5,8	6
	Nemesia	5,1	5,1	5
	Pelarg. zon.	6,5	6,2	6,3
	Petunia	5,9 ^a	5,9 ^a	6,3 ^b
Gesamteindruck	Fuchsia	8,6	8,6	8,7
	Neug.-Impatiens	7,0 ^a	7,7 ^b	7,6 ^b
	Nemesia	7,0 ^a	7,2 ^a	7,4 ^b
	Pelarg. zon.	8,3 ^b	8,1 ^b	7,7 ^a
	Petunia	7,8 ^a	8,2 ^b	8,1 ^b
Sprossmasse in g	Fuchsia	124,4	126,3	126,6
	Neug.-Impatiens	56,4 ^a	65,9 ^b	67,6 ^b
	Nemesia	27,7 ^a	33,9 ^b	38,0 ^c
	Pelarg. zon.	168,2	172,7	173,2
	Petunia	117,2	118,6	118,3

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 15: Pflanzenmerkmale Beet- und Balkonpflanzen 2006 - Satz KW 9

		Standard drop	Programm	
			dAT 1	dAT 2
Kulturdauer in Tagen	Fuchsia	71,5 ^b	68,5 ^a	70,0 ^{a,b}
	Neug.-Impatiens	62,6	59,4	60,7
	Nemesia	33,8	33,3	33,8
	Pelarg. zon.	69,4 ^a	69,4 ^a	71,8 ^b
	Petunia	56,5 ^b	54,8 ^a	56,2 ^b
Pflanzenhöhe in cm	Fuchsia	30,4 ^b	28,4 ^a	27,8 ^a
	Neug.-Impatiens	15,2	15,5	15,5
	Nemesia	8,7	8,9	8,8
	Pelarg. zon.	29,9	30,5	30,9
	Petunia	23,6 ^b	22,1 ^a	22,4 ^{a,b}
Pflanzenbreite in cm	Fuchsia	37,2 ^b	35,8 ^a	35,3 ^a
	Neug.-Impatiens	31,8	32,4	32,1
	Nemesia	32,5	32,3	32,2
	Pelarg. zon.	32,3	32,8	32,2
	Petunia	44	43,1	43,7
Anzahl Triebe	Fuchsia	16,9 ^b	15,0 ^a	15,3 ^a
	Neug.-Impatiens	4,5 ^a	4,6 ^{a,b}	4,9 ^b
	Nemesia	4,3	4,1	4,2
	Pelarg. zon.	4	4,1	4,2
	Petunia	8,1 ^{a,b}	8,0 ^a	8,7 ^b
Laubfarbe	Fuchsia	6,1 ^a	6,3 ^{a,b}	6,6 ^b
	Neug.-Impatiens	6,1	6	6,1
	Nemesia	5	5	5
	Pelarg. zon.	6,8	6,7	6,7
	Petunia	6,9	6,8	6,9
Gesamteindruck	Fuchsia	8,8	8,8	8,8
	Neug.-Impatiens	8,3	8,5	8,4
	Nemesia	5,3 ^a	5,5 ^b	5,7 ^b
	Pelarg. zon.	8,6	8,7	8,7
	Petunia	7,6	7,8	7,8
Sprossmasse in g	Fuchsia	102,8 ^b	91,6	93,4 ^a
	Neug.-Impatiens	95,7	91,9 ^a	97,4
	Nemesia	18,2 ^a	18,4 ^a	20,3 ^b
	Pelarg. zon.	117,7	120,3	121,7
	Petunia	84,9 ^b	78,6 ^a	84,4 ^b

^{a,b,c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 16: Energiesparprogramme Herbst 2006

Haus	11.1	11.2	11.3	10.1	10.2	10.3
Programm	dAT 1 = Pillnitz sanft	Standard CM	dAT 2 = Pillnitz stark	Standard Nachtabenkung	dAT 1 = Pillnitz sanft	dAT 2 = Pillnitz stark
Kultur	Poinsettien			Topfyclamen		
Basis - Heizungssollwert T/N	18/18	18/18	18/18	16/14	16/14	16/14
Mitteltemp Sollwert	18	18	18	18	18	18
Lüftungssollwert T/N	21/21	21/21	21/21	19/17	19/17	19/17
Cool Morning	Absenkungen: Heizungssollwert: 1 h vor Sonnenaufgang für 4 h auf 8 °C Lüftungssollwert: mit Sonnenaufgang für 2 h auf 10 °C					
Schattiersollwert	65 klx			30 klx + 30 klx Abhärtung		
Weitere Einstellungen	Mindesttemp. 6 °C F ₁ = 0,2		Mindesttemp. 6 °C F ₁ = 0,3		Mindesttemp. 6 °C F ₁ = 0,2	Mindesttemp. 6 °C F ₁ = 0,3
Steuerung	Access	CC 600	Access	CC 600	Access	Access

dAT-Modell ohne TS-Kontrolle:

$$HT_{akt} = HT_{Basis} + k * F_1 * (AT_{Ist} - AT_{Soll})$$

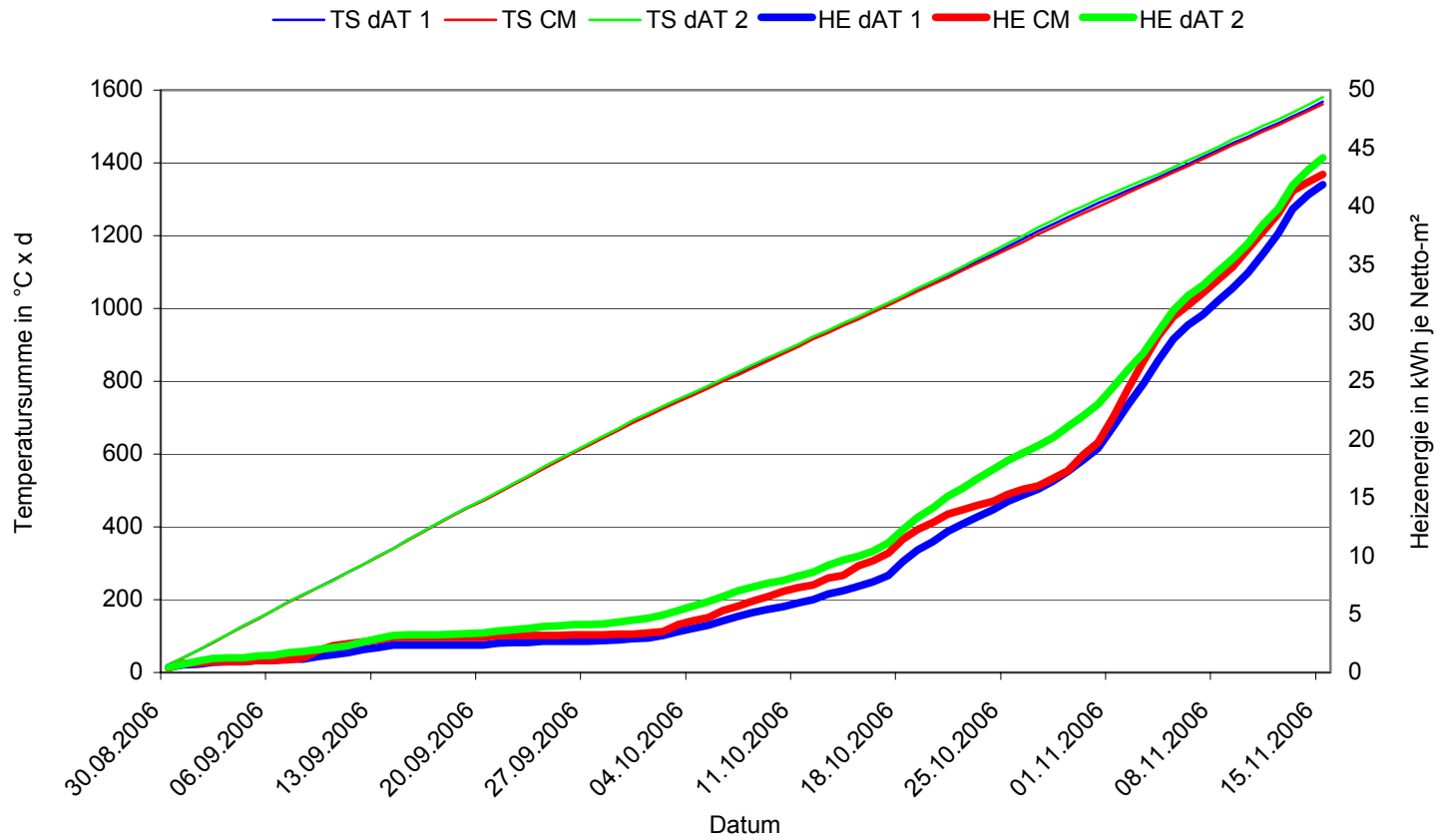
mit folgenden Bedingungen:

WENN $AT_{Ist} > HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0$

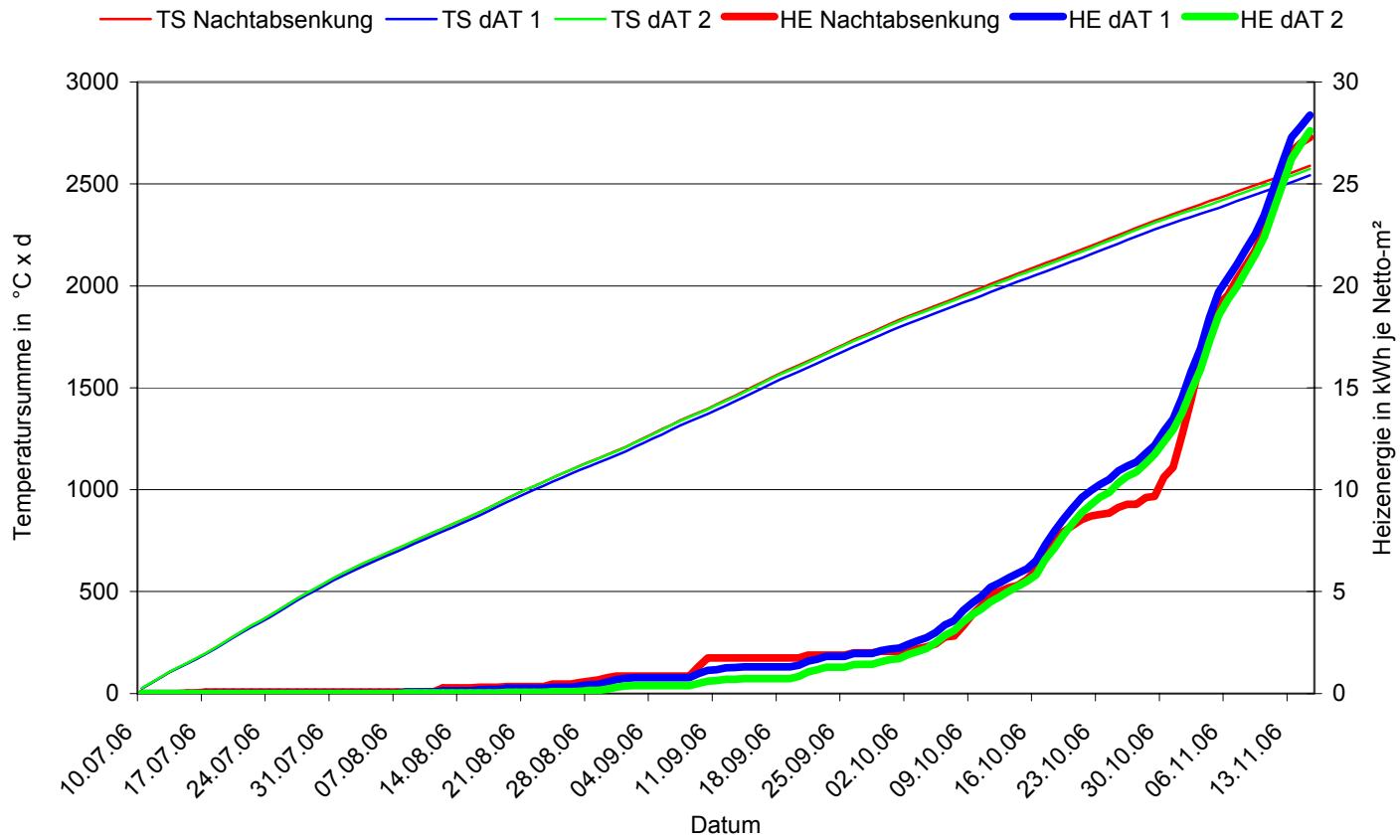
WENN $AT_{Ist} \leq HT_{Basis}$, DANN $F_1 = 0,2$ bzw. $0,3$ für „Pillnitz sanft“ bzw. „Pillnitz stark“

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} > 0$, DANN $k = 1$

WENN $AT_{Ist} - AT_{Soll} < 0$, DANN $k = 2$



Anhang Abbildung 9: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Poinsettien im Herbst 2006



Anhang Abbildung 10: Entwicklung der Temperatursumme und des Heizenergieverbrauchs bei Topfcyclamen im Herbst 2006

Anhang Tabelle 17: Pflanzenmerkmale Poinsettien 2006

	Programm		
	dAT 1	Standard CM	dAT 2
Pflanzenhöhe in cm	27,8	28,4	27,8
Pflanzenbreite in cm	46,9 ^b	45,7 ^a	45,3 ^a
Brakteendurchmesser in cm	28,8	29,4	29,5
Anzahl Triebe	5,0	5,2	5,1
Gesamteindruck	7,7 ^a	8,0 ^b	8,5 ^c
Sprossmasse in g	95,8	97,7	100,4
Cyathienstadium	2,4 ^a	2,7 ^b	2,7 ^b
Zimmerhaltbarkeit in Tagen	68	73	74

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Anhang Tabelle 18: Pflanzenmerkmale Topfcyclamen 2006

	Standard Nachtab- senkung	Programm	
		dAT 1	dAT 2
Kulturdauer ab Topfen in Tagen	113,3 ^{a b}	112,3 ^a	115,2 ^b
Laubhöhe in cm	12,3	12,6	12,3
Pflanzenhöhe in cm	22,4 ^a	22,8 ^b	22,2 ^a
Pflanzenbreite in cm	29,8	30,3	30,1
Blütengröße in cm	4,8	4,9	4,7
Blattanzahl	48,8 ^a	48,4 ^a	50,5 ^b
Bonitur Laubgröße	7,0 ^a	7,2 ^b	7,1 ^a
Gesamteindruck	8,7 ^a	8,6 ^a	8,8 ^b
Sprossmasse in g	142,8	148,3	148,4
Zimmerhaltbarkeit in Tagen	49,3	51,1	42,8

^{a b c} = Signifikanzgruppen nach TUCKEY-B, $\alpha = 5$ Prozent

Impressum

Herausgeber: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden
Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen

Autoren: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Gartenbau
Stephan Wartenberg
Söbrigener Str. 3a
01326 Dresden
Telefon: 0351 2612-700
Telefax: 0351 2612-704
E-Mail: stephan.wartenberg@smul.sachsen.de

Redaktion: siehe Autoren

Endredaktion: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Birgit Seeber, Ramona Scheinert, Matthias Löwig
Telefon: 0351 2612-345
Telefax: 0351 2612-151
E-Mail: birgit.seeber@smul.sachsen.de

ISSN: 1861-5988

Redaktionsschluss: Juni 2007

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.