

# **Klimaveränderung: Welche Zunahme der Bewässerungskosten in der Apfelproduktion ist tragbar?**

Esther Bravin, Philippe Monney und Daniela Mencarelli Hofmann,  
Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Schloss,  
Wädenswil

**In this study, the apple production in the three most important apple-growing regions in Switzerland (Wallis, Vaud and Thurgau) are analysed. The amount of water which is used to irrigate a standard orchard will be identified via water balance model (Grattan et al. 1998). On the basis of the evaluated required amount of water used from 1981 to 2007 in the three chosen regions it will be possible to estimate if the required amount of water has increased within the last 27 years. With the managerial calculation model Arbokost 2006/07, the required amount of water used in the past will be combined with a full cost accounting based on latest techniques, prices and yields. Hence, the managerial key data (earned income, internal earned income and production costs of the best class) will be evaluated. With Arbokost 2006/07, the quality- and yield-losses and therefore the lower income caused by water deficiency will be calculated. This data will be compared with the production with irrigation for the three analysed regions. The maximum water price that apple growers can pay until they have to give up the orchard will be identified.**

**Keywords: climate changes, irrigation, pomiculture, apple**

## **1. Einleitung**

Die Schweizer Obstfläche betrug nach Angaben des Bundesamtes für Landwirtschaft im Jahr 2007 6600 ha. Von 2650 Obstbetrieben bewirtschaften nach Angabe des Bundesamtes für Landwirtschaft 74 % eine Apfelanlage. Die Apfelfläche beträgt in der Schweiz 4200 ha, das

Esther Bravin et al.: Klimaveränderung: Welche Zunahme der Bewässerungskosten in der Apfelproduktion ist tragbar? Yearbook of Socioeconomics in Agriculture 2008, 133-160

entspricht 64 % der totalen Obstfläche (BLW 2007a). 73 % der Schweizer Apfelflächen befinden sich in den Kantonen Thurgau, Wallis und Waadt mit 1275 ha, 1170 ha bzw. 653 ha Apfelanlagen (BLW 2006).

Die Infrastruktur der Anlagen in den drei Kantonen ist je nach Klima- und Bodenverhältnissen unterschiedlich. Im Kanton Wallis wird auf nahezu 100 % der Apfelflächen, im Kanton Waadt auf 95 % und im Kanton Thurgau auf 5-10 % bewässert (Expertenbefragung, Fachstellen der jeweiligen Kantone 2008). Die Anforderung an die Apfelqualität ist in den letzten vierzig Jahren gestiegen. Äpfel können als Klasse I bzw. II verkauft werden, wenn sie mindestens die Kriterien des Vermarktungskonzepts für Tafelkernobst des Schweizerischen Obstverbandes (SOV 2007) erfüllen. Äpfel, diese Kriterien nicht erfüllen, werden oft als Industrie- oder Mostware verkauft. Der Produzentenpreis der Klasse II liegt je nach Sorte zwischen 50 und 60 % tiefer als jener der Klasse I. Die Industrie- und Mostobstpreise sind 70 bis 80 % tiefer als die Produzentenpreise der Klasse I. Für die Produzenten spielt der Anteil der Klasse I am Arbeitseinkommen eine wichtige Rolle und wird zusammen mit dem Ertrag und der Ernteleistung als Schlüsselfaktor bezeichnet (Mouron und Carint 2001). Schlüsselfaktoren, sind die Faktoren die am meisten Einfluss auf das Arbeitseinkommen haben (Mouron und Carint 2001).

Die Anzahl Früchte pro Baum werden im Fall von Wasserstress nicht beeinflusst. Wasserstress führt zu mehr kleineren Früchten und wirkt sich damit negativ auf das Arbeitseinkommen aus. Trockenheit führt bei Obstbäumen zu grossen Ernte- und Qualitätseinbussen. Um die stetig steigenden Qualitätsanforderungen der nachgelagerten Stufe zu erfüllen, ist eine optimale Wasserversorgung wichtig (Monney 2007).

Die erwartete Zunahme von Hitze- und Trockenperioden könnte im Sommer zu einer limitierten Verfügbarkeit von Wasser führen (OcCC/ProCli 2007). Für eine hochwertige und guten Apfelproduktion spielt die fristgemässe Wasserversorgung eine wichtige Rolle. Nach Milutinovi (2002) und Mpelasok (2001) führt Wasserstress zu negativen Folgen bei den Erträgen (kg/Baum) und somit zu einem geringeren Kaliber der geernteten Äpfel.

Die Berücksichtigung der Bodenfeuchte, die sich mittels Wasserbilanz errechnen lässt, ermöglicht eine bedarfsgerechte Bewässerung und verhindert somit Wasserstress. In der folgenden Studie wird aufgrund von meteorologischen Daten gezeigt, ob sich in den letzten dreissig Jahren die natürliche Wasserversorgung der Obstbäume in den drei wichtigsten Apfelanbauregionen der Schweiz verändert hat. Dementsprechend werden Erlös- und Produktionskosten berechnet. Die Studie verbindet ein Modell auf produktionstechnischer Ebene mit einem Modell auf betriebswirtschaftlicher Ebene.

Die drei Kantone Wallis, Waadt und Thurgau unterscheiden sich in ihrer Wasserbilanz stark. Schon heute kann eine qualitativ hochwertige Apfelproduktion im Wallis nur dank Bewässerung bestehen.

## **2. Methode**

### **3. Wasserbilanz-Modell**

Mit den Wetterdaten von Meteoschweiz wurde das Niederschlagsdefizit für den Zeitraum von 1981 bis 2007 aufgrund von Evapotranspirations- und Regenwerten während der Vegetationsperiode von der Blüte- bis zur Erntezeit berechnet (Turc 1963).

Das Wasserbilanz-Modell wurde für die Jahre 1981 bis 2007 mit täglichen meteorologischen und hydrischen Verbrauchsdaten der Apfelanlage erstellt. Damit wird berechnet, wie hoch die minimale zugeführte Wassermenge für eine Bewirtschaftung - im Sinne der guten Obstbaupraxis - einer Apfelanlage von einem Hektar sein sollte. Das Wasserbilanz-Modell schätzt, wie stark der Wasserbedarf des Bodens durch Regen und den Wasservorrat abgedeckt werden kann. Das Resultat ist von produktionstechnischen Grössen abhängig: Dem pflanzlichen Material (Unterlage und Sorte) und der Bodenstruktur und -art. Als Berechnungsbeispiel wird eine intensive Obstanlage in Ertragsphase mit einer mittleren-späten Sorte (Golden Delicious) auf der Unterlage M9 gewählt. Golden Delicious ist mit 20 % des gesamten Sortenspektrums die am häufigsten gepflanzte Sorte (BLW 2007a). Für

das Wasserbilanz-Modell muss die Leicht Verfügbare Reserve (LVR) an Wasser festgelegt werden. Diese wurde mit einem Faktor aus Boden, Textur, Zusammensetzung und nützlicher Tiefe geschätzt. Während der Vegetationszeit wird das pluviometrische Defizit von der Vollblüte bis zur Ernte mit folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Wasserdefizit} = (\text{ETp} * k) - \text{nutzbares Regenwasser}$$

ETp = Evapotranspiration oder klimatische Anfrage (Turc 1963)  
k = Koeffizient der Kulturen, zwischen 0,4 und 1 je nach Periode  
Nutzbares Regenwasser = Niederschlag höher als 10 mm

Um die realen ETp-Werte zu bestimmen (ETPm) werden die Referenz-K-Werte (CTIFL 1990) und die Daten von Meteo-Schweiz verwendet. Aus Bewässerungsversuchen an der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil in Fougères konnte erwiesen werden, dass diese Methode die wahren Wasserbedürfnisse der Obstanlage ermittelt, jedoch mit einer kleinen Tendenz zur Überschätzung des Wasserdefizites. Im Modell wird ein Jahr in vier Jahreszeiten aufgeteilt: Eine Ruhephase und drei Vegetationsphasen (siehe Anhang - Teil I). Um den Wasserbedarf während der Vegetationsphasen zu berechnen wird der Koeffizient der Kulturen (k) angewendet. Für die Bewässerung wurden in dieser Studie drei unterschiedliche Systeme mit unterschiedlicher Effizienz untersucht:

**Überkronenbewässerung:** niedrige Effizienz aufgrund der Verluste der Evapotranspiration und Heterogenität der Verteilung

**Mikrosprinkler:** gute Effizienz wegen der guten Verteilung, aber leichte Konkurrenz durch Gras in den Fahrgassen

**Tropfenbewässerung:** ausgezeichnete Effizienz aufgrund der guten Homogenität, praktisch keine Verluste

Wasserabfluss und Filtrierung wurden aufgrund von Schwierigkeiten bei der Datenerhebung und geringen Wirkung auf die Wasserbilanz im Modell nicht berücksichtigt.

### **3.1 Betriebswirtschaftliches Kalkulationsprogramm**

Mit dem betriebswirtschaftlichen Kalkulationsprogramm Arbokost wird eine Vollkostenrechnung für die Aufbauphase und die Ertragsphase eines Hektars Obstanlage ermittelt. Die Arbokost Version 2006/2007 beinhaltet gängige Techniken, Erträge und Preise der Jahre 2006/2007.

#### **3.1.1 Vorgaben**

Die Standards für Arbokost beruhen auf Expertenschätzungen und Datengrundlagen, welche durch Agroscope Changins-Wädenswil durchgeführt wurden. Die Standardwerte für Produzenten-, Dünger- und Pflanzenschutzmittelpreise sowie die Direktzahlungen richten sich nach den branchenüblichen Publikationen der landwirtschaftlichen Beratungszentrale Lindau (AGRIDEA), die Maschinenkosten und Zinsen nach Angaben von Agroscope Tänikon-Reckenholz (ART), die Behandlungsprogramme nach der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), die Löhne und Branchenbeiträge nach dem Schweizerischen Obstverband (SOV) und die Hagelnetz- und Bewässerungskosten nach den Anbauempfehlungen der Beratung Nord-Westschweiz und des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW). Die Kosten werden basierend auf einer Apfelanlage von einem Hektar der Sorte Golden Delicious mit 2000 Bäumen pro Hektar und Hagelnetz berechnet. Die Erntemenge beträgt 44 000 kg/ha (BLW 2007b). Es wird angenommen, dass in den drei Regionen, abgesehen vom Wasserbedarf, die gleichen produktionstechnischen Verhältnisse herrschen und somit die gleichen Produktionskosten auftreten. Die drei Bewässerungsmethoden Tropfenbewässerung, Mikrosprinkler und Überkronenbewässerung benötigen unterschiedliche Installations- und Jahreskosten. Die Erstellungskosten von Tropfenbewässerung und Mikrosprinkler belaufen sich auf Fr./ha 12 000 bzw. Fr./ha 14 000, die Jahreskosten auf Fr./ha 1600 (Kantonale Fachstelle Nordwestschweiz 2006). Die Erstellungskosten für die Überkronenbewässerung liegen bei Fr./ha 21 500 (Arbokost 2006, Daten aus Umfrage) und die Jahreskosten liegen bei Fr./ha 1500.

#### **3.1.2 Vollkostenrechnung im Ertragsjahr**

Mit Arbokost wird die Vollkostenrechnung eines durchschnittlichen Ertragsjahres berechnet. Um wichtige Kennzahlen, die für die

Evaluation der Bewässerungskosten nötig sind, zu berechnen, wird die Vollkostenrechnung in der Ertragsphase, das heisst vom 4. bis zum 15. Standjahr, betrachtet. Die Leistung setzt sich sowohl aus den Erlösen der Klassen I, II und Mostäpfeln als auch aus den Flächenbeiträgen für die landwirtschaftliche Nutzfläche und den Zusatzbeiträgen für offenes Ackerland und Dauerkulturen zusammen. Die Direktkosten schliessen die Mittelkosten für Dünger- und Pflanzenschutzmittel (Fungizide, Insektizide und Herbizide) und die Behangsregulierung mit ein. Zu den Direktkosten zählen auch die Abzüge für die Branche (Beiträge SOV) und die Abschreibung der Obstanlage. Hinzu kommen die Ersatz- und Bürokosten sowie die abgezinsten Rodungskosten. Strukturkosten enthalten Gebäude- und Maschinenkosten (fixe und variable Kosten). Die Arbeitskosten werden unten den Strukturkosten abgebucht. Die Arbeitskosten beinhalten die Arbeitsstunden von internen bzw. externen Arbeitskräften für Düngung, Pflanzenschutz, Ausdünnung, Mulchen, Hagelnetzarbeit, Bewässerung, Ernte und Verwaltung. Die Abschreibungen werden auf zwölf Jahre (nur die Ertragsphase) abgeschrieben. Die Abschreibungskosten beinhalten den Aufbau der Obstanlage und die Kosten der Aufbauphase.

### 3.1.3 Berechnete Kennzahlen aus Arbokost

Mit einer Umfrage von Obstproduzenten hat Mouron (2005) das Arbeitseinkommen als eine für die Produzenten wichtige Kennzahl identifiziert. Die Obstproduzenten hatten sich als minimales wirtschaftliches Ziel gesetzt, ein Arbeitseinkommen zu erreichen, das mindestens die externen Lohnkosten deckt.

Das Arbeitseinkommen wird in Arbokost mit folgender Formel berechnet:

$\text{Arbeitseinkommen} = \text{Gesamtleistung} - \text{Produktionskosten ohne Arbeitskosten}$ $\text{Durchschnittliches Arbeitseinkommen} = \text{Arbeitseinkommen} / \text{Akh}^1_{\text{gesamt}}$
---

Quelle: Zürcher 2004

Nach Mouron und Carint (2001) sind Produzentenpreise der Klasse I, Erträge sowie Anteile der Klasse I Schlüsselfaktoren. Wenn mit

---

<sup>1</sup> Akh: Arbeitskraftstunden

Arbokost die Produktionskosten der Klasse I berechnet werden, können diese mit den Produzentenpreisen der Klasse I verglichen werden. Um die Produktionskosten der Klasse I zu decken, sollten diese höher als die Produzentenpreise sein.

Die Produktionskosten der Klasse I werden mit den durchschnittlichen Produktionskosten berechnet:

<p><b>Durchschnittliche Produktionskosten</b> = totale PK / Erntemenge (Kl. I + Kl. II + Mostobst)</p> <p><b>Produktionskosten Kl. I</b> = durchschnittliche Produktionskosten *(Erlös Kl. I/Erlös tot.)</p>
--

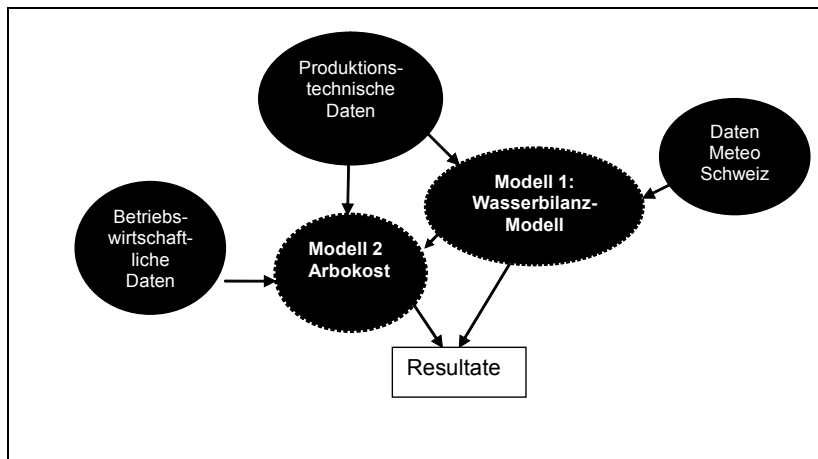
Quelle: Zürcher 2004

Die Produktionskosten der Klasse I werden leistungsgewichtet berechnet. Das heisst, dass der Klasse I derselbe Prozentanteil an den Produktionskosten angerechnet wird wie die Leistung aus Verkäufen der Klasse I zur Gesamtleistung beigetragen hat.

### 3.2 Verbindung von zwei Modellen

Mit dem Wasserbilanzmodell kann aufgrund der meteorologischen und produktionstechnischen Daten des Apfelanbaus die Mindestwassermenge für eine qualitativ hochstehende Apfelproduktion eruiert werden. Die Verbindung zwischen Wasserbilanz-Modell und betriebswirtschaftlichem Kalkulationsprogramm erfolgt, indem die zu bewässernde Wassermenge in das Kalkulationsmodell Arbokost 2006/2007 eingefügt wird. Mit Arbokost werden unter anderem die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen, das Arbeitseinkommen, das interne Arbeitseinkommen und die Produktionskosten der Klasse I berechnet. Die wirtschaftlichen Kennzahlen werden nur für die Jahre 2006/2007, nicht für die Jahre 1981 bis 2007 berechnet. Von den Jahren 1981 bis 2007 wird ausschliesslich die von der Obstanlage benötigte Wassermenge berechnet. In dieser Studie war es nicht möglich, die Produktionskosten der Jahre 1981 bis 2005 zu berechnen, weil Informationen über die gängige Bewässerungstechnik in der Vergangenheit und die damit verbundenen Kosten fehlen. Es war auch nicht möglich, eine genaue Vollkostenrechnungen mit reellen Daten aus den Jahren 1981 bis 2005

zusammenzustellen. In Abbildung 1 zeigen wir die Datenflüsse der beiden Modelle.



Quelle: Eigene Darstellung

Abb. 1: Interaktion der Modelle.

### 3.3 Regionsunterschiede

Die klimatischen Bedingungen in den Gemeinden Sion im Kanton Wallis, Changins im Kanton Waadt und Güttingen im Kanton Thurgau unterscheiden sich stark. Während der Vegetationsperiode betragen die Niederschläge in Sion 191 mm, in Changins 361 mm und in Güttingen 444 mm (Meteoschweiz, 2007). Die in der Praxis verwendeten Bewässerungsmethoden sind in den drei untersuchten Regionen unterschiedlich.

#### 3.3.1 Sion - Überkronenbewässerung

Im Kanton Wallis, in der Umgebung von Sion, sind die Produzenten im Frühjahr mit Frost konfrontiert. In der Region ist nach Angaben von Experten relativ einfach Wasser aus dem Untergrund zu pumpen. Aus diesen Gründen wird in dieser Region die Überkronenbewässerung angewendet. Im Kanton Wallis müssen die Obstproduzenten, die



Wasser direkt aus Flüssen beziehen, keine zusätzlichen Wasserkosten bezahlen. Für die Berechnungen mit Arbokost haben wir jedoch eine Sicherheitsmarge von 0.10 Fr./m<sup>3</sup> miteingerechnet.

### **3.3.2 Changins - Mikrosprinkler**

Im Kanton Waadt, in der Umgebung von Changins, haben die Produzenten in den Siebziger- und Achtzigerjahren Gruppen geründet, um die Bewässerung gemeinsam aufzubauen und zu organisieren. Die Investitionen, um Wasser aus natürlichen Quellen (z.B. Seen) zu verwenden, werden von allen Produzenten in der Organisation getragen. Die Produzenten können die eigenen Wasserbedürfnisse erfüllen, ohne teures Leitungswasser verwenden zu müssen. Aufgrund von Expertenbefragungen in der Region des Standortes Changins beträgt der Wassertarif 0.60 Fr/m<sup>3</sup>. Damit sind die erfolgten Investitionen, um das Wasser bis zum Grundstück zu führen, gedeckt.

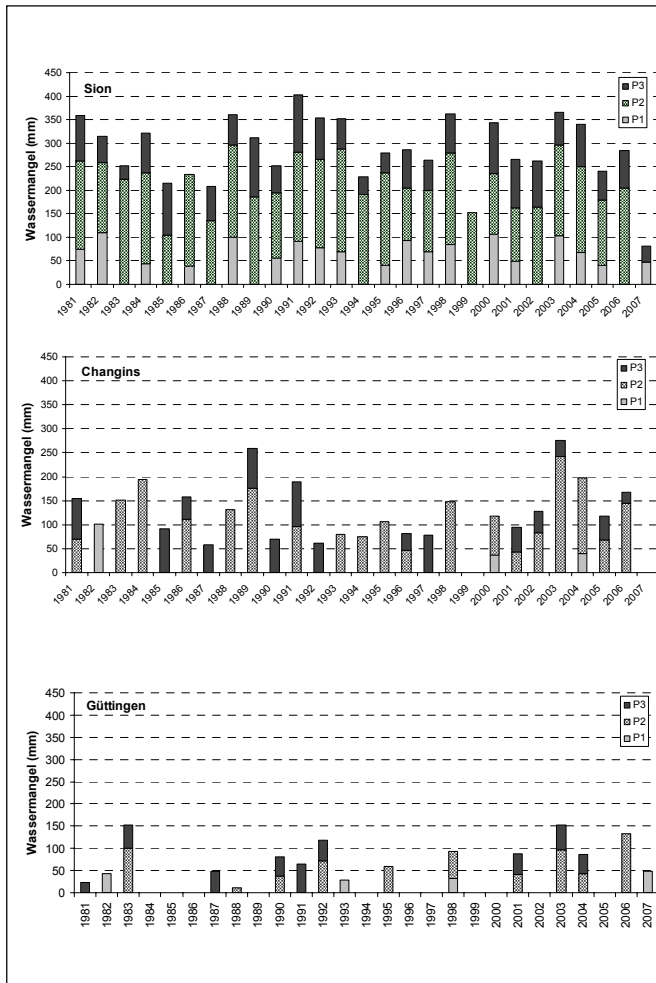
### **3.3.3 Güttingen - Tropfenbewässerung**

Im Kanton Thurgau bewässern heute nur rund 5-10 % der Produzenten. In den meisten Fällen ist die Bewässerung nicht nötig. Vor allem bei jungen Anlagen wird bewässert, weil hier die Wurzeln zu wenig tief sind um die verfügbaren Reserven aus dem Boden nutzen zu können. Die Obstproduzenten in Güttingen brauchen bei dieser minimalern Wassernutzung nicht in eine eigene Wasserversorgung zu investieren.

## **4. Resultate**

### **4.1 Bewässerungsbedarf von 1981 bis 2007**

Mit dem Wasserbilanzmodell wurde die zum Bewässern benötigte Menge von 1981 bis 2007 für die Standorte Sion, Changins und Güttingen berechnet. In folgender Abbildung wird die benötigte Wassermenge dargestellt.



Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen durch Wasserbilanz-Modell 2008

Abb. 2: Berechnete minimale Bewässerungsmenge von 1981 bis 2007 in Sion, Changins und Güttingen in den Perioden  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$ .

## 4.2 Prüfung von Unterschieden

Es wurde geprüft, ob sich die jährlich berechnete Wassermenge der Jahren 1981 bis 1993 von der jährlich berechneten Wassermenge der Jahren 1994 bis 2006<sup>2</sup> unterscheidet (Siehe Anhang - Teil II). Um zu prüfen, ob man in den Jahren 1994 -2006 mehr oder weniger bewässert hätte müssen im Vergleich zu den Jahren 1981-1993, wurden für die Standorte Sion, Changins und Güttingen t-tests durchgeführt. Damit werden die Mittelwerte von kleinen Stichprobenumfängen verglichen, die aus Normalverteilungen gezogen wurden (Rey und Kreuter 1981).

$H_0$ : Die Differenz zwischen den Mittelwerten der Jahren 1981-1993 und 1994-2006 ist nicht signifikant verschieden von 0.

$H_a$ : Die Differenz zwischen den Mittelwerten der Jahren 1981-1993 und 1994-2006 ist signifikant verschieden von 0.

Für die Statistik wurde das Programm XL-Stat verwendet.

### 4.2.1 Sion

Der beobachtete t-Wert beträgt 0.829. Weil t-beobachtet tiefer als t-kritisch (2.06) ist, kann die Nullhypothese bestätigt werden (siehe Anhang - Teil III).

### 4.2.2 Changins

T-beobachtet (0.332), liegt unterhalb von t-kritisch (2.064). Die Nullhypothese, dass sich die Mittelwerte 1981-1993 und 1994-2006 am Standort Changins nicht unterscheiden, kann angenommen werden (siehe Anhang - Teil III).

---

<sup>2</sup> Für die Statistische Auswertung mit dem t-Test für die Standorte Sion und Changins wurde die Zeit von 1981 bis 2006 und nicht die Zeit von 1981 bis 2007 betrachtet. Damit haben die zwei Stichproben (1981-1993 und 1994-2006) den gleichen Umfang.

### 4.2.3 Göttingen

Mit dem t-test konnten wir für den Standort Göttingen die berechneten benötigten Wassermengen von 1981-1993 und 1994-2007<sup>3</sup> vergleichen. Der t-Wert (0.112) liegt unterhalb des kritischen Wertes (2.05). Die Nullhypothese kann angenommen werden (siehe Anhang - Teil III).

### 4.2.4 Temperaturentwicklung

In den Berechnungen des Wasserbilanzmodells wird die Temperaturentwicklung nicht berücksichtigt. Diese ist für die Standorte Göttingen und Changins in den Perioden Mai und Juni der untersuchten Jahre 1981 bis 2007 sehr ähnlich (siehe Tabelle 1). Die Entwicklung der Temperatur bewirkt eine Zunahme der ETP-Werte sowie eine Zunahme der Bewässerungsbedürfnisse von 30 mm. Diese Bedürfnisse werden nicht mit einer Zunahme der Niederschläge kompensiert und haben somit Einflüsse, wenn auch minimale, auf die Produktionskosten. Die Kombination von Klimabedingungen und zufälligen Niederschlägen führt zu einer Risikozunahme der Trockenheit für die Bäume in sensiblen Perioden. In den nicht bewässerten Kulturen kann es am Anfang der Vegetationsperiode Verluste geben. In den Monaten Juli und August sind die Temperatureffekte des Klimawandels geringer.

---

<sup>3</sup> Die Stichprobe 1994-2006 des Standortes Göttingen weist keine Normalverteilung auf. Mit der Ausgrenzung des Wertes 2003 und Betrachtung von 2007 folgt die Verteilung von Göttingen (verändert) der Normalverteilung.

Tab. 1: Unterschiede zwischen den Jahren 1981 und 2007 berechnet aufgrund der mittleren Entwicklung der Temperaturen und der Evapotranspiration

Monat	Mittlere Temperatur (°C)			Evapotranspiration (mm/Tag)			Zusätzlicher Wasserbedarf (mm) <sup>1</sup>
	Güttingen	Changins	Sion	Güttingen	Changins	Sion	
Mai	2.95	2.44	3.02	0.69	0.58	0.53	13.0
Juni	3.49	3.10	3.60	0.90	0.84	0.83	21.8
Juli	1.02	0.16	1.12	0.10	-0.02	0.11	2.0
August	1.22	0.02	1.12	0.05	-0.19	0.02	-1.1

<sup>1</sup> Berechnet aufgrund der monatlichen ETP

Quelle: Eigene Darstellung, aus Daten der MeteoSchweiz und ACW

#### 4.2.5 Zunahme der benötigten Bewässerung

Aufgrund des t-tests der berechneten benötigten Menge von 1981-1993 und 1994-2006 konnten keine Unterschiede für die Standorte Sion, Changins und Güttingen gefunden werden. Aufgrund der Daten ist der Mittelwert der benötigten Wassermenge im 1981-1993 nicht signifikant unterschiedlich zum Mittelwert der benötigten Wassermenge im 1994-2006. Wenn wir jedoch nicht nur das Wasserbilanzmodell, sondern auch die Temperaturentwicklung betrachten, gibt es Unterschiede in den letzten Jahren, der zusätzliche Wasserbedarf nimmt zu. Ein zunehmender Wasserbedarf wird im Kapitel 3.5 in den Szenarien betrachtet.

Dieser Analyse widersprechen die Resultate von Bader und Bantle (2004) nicht. Sie haben im Rahmen einer Studie die von MeteoSchweiz veröffentlicht worden ist, die Niederschläge und die Temperatur von 1864 bis 2001 analysiert. Ab Ende der 1970-er hat es einen massiven Klimaumschwung gegeben.

*„Die Winter- und Sommerhalbjahre erfuhren eine schnelle, zum Teil auch sprunghafte Erwärmung. Das Niederschlagsregime reagierte mit vorübergehend plötzlich erhöhten Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr und einer deutlich erhöhten Häufigkeit von Starkniederschlägen im Sommerhalbjahr“ (Bader und Bantle 2004).*

### **4.3 Arbeitseinkommen und Produktionskosten der Klasse I**

Mit Arbokost 2006/2007 berechnen wir das Arbeitseinkommen, das interne Arbeitseinkommen und die Produktionskosten der Klasse I. In einer ersten Phase werden diese Zahlen ohne die nötige Bewässerung berechnet. Danach werden die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen, Arbeitseinkommen, internes Arbeitseinkommen und Produktionskosten der Klasse I in den Fällen von Sion (mit Überkronenbewässerung), Changins (mit Mikrosprinkler) und Güttingen (mit Tropfenbewässerung) berechnet. Die benötigte Wassermenge stammt aus der effektiv für die Bewässerung notwendige Menge aus den Jahren 1981 bis 2007, die mit dem Wasserbilanzmodell berechnet wurde.

#### **4.3.1 Keine notwendige Bewässerung**

Das Arbeitseinkommen berechnet mit der Modellrechnung Arbokost beträgt mit Zahlen der Jahr 2006/07 24.16 Fr./h. im Fall einer normalen Ernte mit klimatischen Konditionen, die keine Bewässerung benötigen. Dieses Stundeneinkommen ist höher als die 18 Fr./h, die im Obstbau für externe Arbeitskräfte eingesetzt werden (SOV). Das interne Arbeitseinkommen beträgt 27.60 Fr/h. Diese Zahl beinhaltet sowohl familieninterne Arbeitskräfte als auch den Betriebsleiter. Die Produktionskosten der Klasse I betragen 1.06 Fr. pro kg und befinden sich somit auf dem gleichen Niveau wie die Richtpreise, die vom Schweizerischen Obstverband empfohlen werden (AGRIDEA, 2007).

In Abbildung 3 werden die durchschnittlichen Kennzahlen (Arbeitseinkommen, internes Arbeitseinkommen und Produktionskosten der Klasse I) der Standorte Sion, Changins und Güttingen verglichen.

#### **4.3.2 Bewässerung am Standort Sion - Überkronenbewässerung**

Die Resultate aus den Berechnungen mit Arbokost 2006/07 mit der mittleren benötigten Wassermenge der Jahre 1981 bis 2007 zeigen, dass das Arbeitseinkommen in der Apfelproduktion mit Überkronenbewässerung auf 20.24 Fr./h, also um 16 %, sinkt. Das interne Arbeitseinkommen mit Überkronenbewässerung liegt 23 % tiefer, als wenn keine

Bewässerung benötigt wird. Die Produktionskosten betragen im Fall der Überkronenbewässerung mit den Mittelwerten der benötigten Mengen aus den Jahren 1981 bis 2007 betragen 7 %.

#### **4.3.3 Bewässerung am Standort Changins**

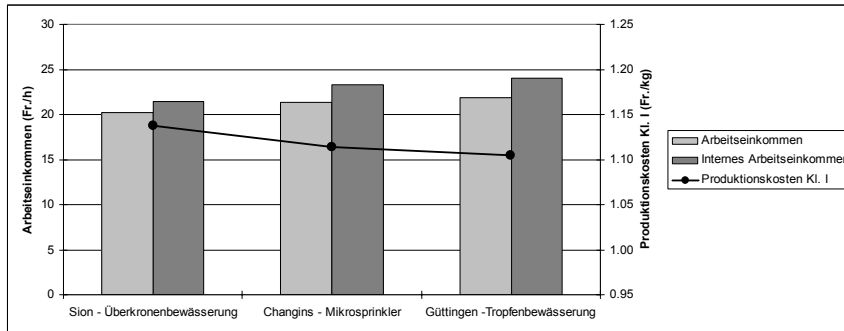
Die Resultate aus den Berechnungen mit Arbokost 2006/07 und die benötigten Wassermengen aus den Jahren 1981 bis 2007 zeigen, dass das Arbeitseinkommen der Apfelproduktion im Fall von Changins 23 Fr./h beträgt. Es ist somit 4 % tiefer als das Arbeitseinkommen, bei dem keine Bewässerung nötig ist. Das interne Arbeitseinkommen ist 23 % tiefer und die Produktionskosten sind 5 % höher.

#### **4.3.4 Bewässerung am Standort Güttingen**

Die Resultate aus den Berechnungen mit Arbokost 2006/07 mit der benötigten Wassermenge der Jahre 1981 bis 2007 zeigen, dass das Arbeitseinkommen in der Apfelproduktion mit Tropfenbewässerung am Standort Güttingen nur 0,5 % (0.10 Fr/h) tiefer und 24.16 Fr./h beträgt. Das interne Arbeitseinkommen liegt 21 % tiefer und die Produktionskosten der Klasse I sind 4 % höher als die Produktionskosten der Klasse I ohne benötigte Bewässerung.

#### **4.3.5 Resultate der drei Gemeinden in Vergleich**

Ein Vergleich der ausgewerteten Kennzahlen von den drei Regionen Wallis, Waadt und Thurgau zeigt, dass aufgrund der höheren Investitionskosten für die Bewässerung in Sion das Arbeitseinkommen und das interne Arbeitseinkommen tiefer ist als in Changins und in Güttingen. Die Produktionskosten der Klasse I sind in Sion höher als in Changins (2 %) und Güttingen (3 %). In Changins sind die Investitionskosten für die Bewässerung mit Mikrosprinkler ähnlich wie die Investitionskosten für die Bewässerung in Güttingen (Tropfenbewässerung). Die benötigte Wassermenge ist aber höher (2,7 mal höher). Aus diesem Grund sind in Changins Arbeitseinkommen und internes Arbeitseinkommen tiefer (2,2 % bzw. 3,3 %) und die Produktionskosten der Klasse I höher (1 %) als die in Güttingen.



Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen mit Arbokost 2006/07

Abb. 3: Arbeitseinkommen, internes Arbeitseinkommen und Produktionskosten der Klasse I.

#### 4.4 Einflüsse der Bewässerung auf die Qualität

Aufgrund der oben genannten Forschungsarbeiten, die von Milutinovi et al. (2002) und Mpelasok et al. (2001) durchgeführt worden sind, können wir die Folgen von Wassermangel auf Ertrag und Qualität schematisch darstellen (siehe Tabelle 2).

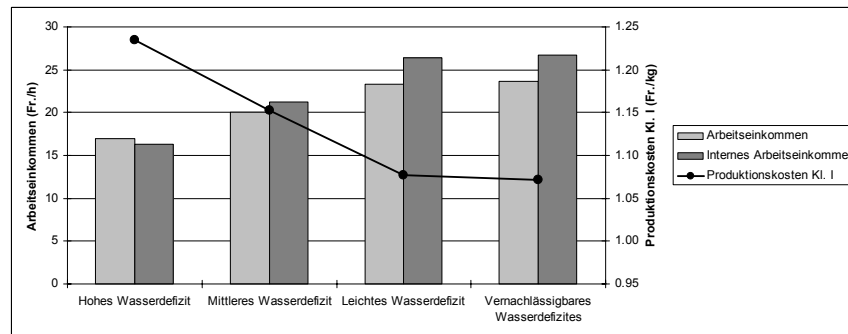
Tab. 2: Sortierungsergebnisse nach Wasserdefiziten

Anteil Klasse	KI I	KI II	Most
Hohes Wasserdefizit (>250 mm)	52 %	32 %	16 %
Mittleres Wasserdefizit (120-250 mm)	60 %	27 %	13 %
Leichtes Wasserdefizit (60-120 mm)	67 %	23 %	10 %
Wasserdefizit ohne Verlust < 60 mm	70 %	20 %	10 %

Quelle: Eigene Darstellung



Mit Arbokost können wir die anfallenden Produktionskosten mit der oben genannten Situation mit Wasserdefiziten berechnen (siehe Abbildung 4).



Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen mit Arbokost 2006/07

Abb. 4: Arbeitseinkommen, internes Arbeitseinkommen und Produktionskosten der Klasse I mit Wasserdefizit.

Bei hohem Wasserdefizit liegt das Arbeitseinkommen fast 30 % tiefer, bei mittlerem Wasserdefizit liegt das es 20 % tiefer und bei leichtem Wasserdefizit liegt das Arbeitseinkommen nur 1 % tiefer als ohne Wasserdefizit. Wenn Apfelproduzenten in Regionen mit hohem Wasserdefizit nicht bewässern würden, hätten sie aufgrund des Qualitätsverlustes ein tieferes Arbeitseinkommen und höhere Produktionskosten für ein Kilogramm Äpfel der Klasse I. Im Fall des Kanton Wallis mit der Gemeinde Sion das Wasserdefizit in 20 von den betrachteten 27 Jahren höher als 250 mm (siehe Anhang - Teil IV). Die Bewässerung ist notwendig, um die Produktion in den Regionen zu ermöglichen. In Changins wurden in 12 der 27 betrachteten Jahren ein hohes Wasserdefizit (> 250 ml) und in 10 von 27 Jahre ein mittleres Wasserdefizit (120 - 250 ml) beobachtet (siehe Anhang - Teil IV). Im Fall von Changins ist das Arbeitseinkommen mit der Bewässerung höher, als wenn Qualitätsverluste in Kauf genommen werden. In Güttingen gibt es nur in 3 von 27 Fällen Qualitätseinbüßen (siehe Anhang - Teil IV). Für Güttingen lohnt sich die Installation einer Bewässerung voraussichtlich nicht.

## 4.5 Szenarien

Nach Angaben von Mouron (2005) ist das Arbeitseinkommen eine wichtige ökonomische Grösse für die Produzenten. Wenn das Arbeitseinkommen genauso hoch ist wie die externen Lohnkosten, ist der minimale betriebswirtschaftliche Zielpunkt erreicht. Unterhalb der externen Lohnkosten, die im Arbokost 2006/07 18 Fr./h betragen, lohnt sich für die Obstproduzenten die Produktion nicht mehr. Mit der Zielwertsuche konnten in Arbokost Szenarien berechnet werden. Für die Berechnung der Szenarien wurde das minimale Arbeitseinkommen von 18 Fr./h betrachtet. Für die Standorte Sion, Changins und Güttingen wurde weiter angenommen, dass die gleiche Bewässerungstechnik verwendet wird: für Sion die Überkronebewässerung, für Changins den Mikrosprinkler und für Güttingen die Tropfenbewässerung. Für die angenommenen benötigten Wassermengen haben wir die maximalen Wasserpreise gesucht: Mittels einer Zielwertberechnung wurde identifiziert, wie hoch die Wasserkosten in den drei Gemeinden Sion, Changins und Güttingen sein dürften, um mindestens ein Arbeitseinkommen von 18 Fr./h erzielen zu können. Berechnet wurden: die durchschnittlich benötigte Menge der Jahre 1981 bis 2007; die maximal benötigte Menge der Jahre 1981 bis 2007; die doppelte maximal benötigte Menge der Jahre 1981 bis 2007.

### 4.5.1 Sion

Mit der durchschnittlich benötigten Wassermenge der Jahre 1981 bis 2007 können die Obstproduzenten maximal 1.5 Fr./m<sup>3</sup> für die verwendete Menge Wasser bezahlen, um ein Arbeitseinkommen von mindestens 18 Fr./h erreichen zu können. Im Jahr 1991 wurde entsprechend der Berechnungen die maximale Wassermenge benötigt. Bei der maximal benötigten Wassermenge könnten die Produzenten höchstens 1.06 Fr./m<sup>3</sup> bezahlen. Angenommen, die benötigte Wassermenge steigt wegen der Temperatur auf die doppelte maximal benötigte Wassermenge von 1981 bis 2007, dann können die Obstproduzenten nach den Berechnungen mit Arbokost 2006/07 maximal 0.53 Fr./m<sup>3</sup> zahlen, um ein Arbeitseinkommen von 18 Fr./h zu erreichen (siehe Anhang - Teil V).

#### **4.5.2 Changins**

In Changins, wo die benötigte Wassermenge der Jahre 1981 bis 2007 durchschnittlich 68 % tiefer ist als die benötigte Menge in Sion, können die Obstproduzenten nach den Berechnungen mit Arbokost 2006/07 bis zu 6.70 Fr./m<sup>3</sup> bezahlen, um ein Arbeitseinkommen von 18 Fr./h erreichen zu können. Dieser Wert ist das Zehnfache des Wertes der heute in der Region von den Produzenten tatsächlich bezahlt wird (0.6 Fr./m<sup>3</sup>). Im Jahr 2003 wurde in Changins mit dem Wasserbilanzmodell die höchste benötigte Wassermenge berechnet, d.h 276 mm. Wenn die Obstproduzenten in der Gemeinde Changins in dieser Menge bewässern müssen, dann könnten sie maximal 2.97 Fr./m<sup>3</sup> bezahlen. Angenommen, die benötigte Wassermenge in der Region von Changins steigt auf das Doppelte der maximal benötigten Wassermenge aus den Jahren 1981 bis 2007 (552 mm), dann könnten die Obstproduzenten maximal 1.48 Fr./m<sup>3</sup> bezahlen, um ein Arbeitseinkommen von 18 Fr./h erzielen zu können (siehe Anhang - Teil V).

#### **4.5.3 Güttingen**

In Güttingen hätte man nach den Berechnungen mit dem Wasserbilanzmodell nur in einem Drittel der betrachteten 27 Jahren bewässern müssen. Der Durchschnitt der Wassermenge von 1981 bis 2007 beträgt 44 mm. Um ein Arbeitseinkommen von 18 Fr./h erreichen zu können, könnten die Obstproduzenten in der Region Güttingen bis zu 22.70 Fr./m<sup>3</sup> bezahlen, was das Zehnfache der heutigen 2 Fr./m<sup>3</sup> ist. 2003 wurde in Güttingen der maximale Wert von 142 mm an benötigter Wassermenge erreicht (siehe Anhang - Teil V).

### **5. Diskussion**

#### **5.1 Wassermangel und Bewässerung**

Die Kombination von erhöhter Frühlingstemperatur und zufälligen Niederschlägen birgt das Risiko einer zunehmenden Trockenheit bei Bäumen in sensiblen Perioden.

In Sion und Changins, wo heute schon über 95 % der Apfelfläche bewässert wird, ist das Arbeitseinkommen mit der Bewässerung höher bzw. sind die Produktionskosten tiefer, als wenn Qualitätsverluste aufgrund von Wassermangel in Kauf genommen würden. In Güttingen dagegen ist nur in Extremjahren wie 1983 und 1993 eine Bewässerung sinnvoll.

Junge Anlagen reagieren besonders anfällig auf Trockenheit. Die Bewässerung ist mit mobilen Bewässerungsanlagen in der Aufbauphase möglich und für Regionen wie Güttingen, in denen es gelegentlich Trockenperioden gibt, eine sinnvolle Investition.

Die Qualitätsanforderungen der Abnehmer werden mit der wachsenden Produktionsmenge immer höher. Wenn Apfelproduzenten nicht in der Lage sind die Ware in der gewünschten Menge und Qualität zu liefern, werden diese Apfelproduzenten zu einem späteren Zeitpunkt möglicherweise vom Abnehmer diskriminiert. Aus diesem Grund überlegen sich Produzenten, die bis heute keine Bewässerung benötigten, mindestens Teile der Anlage vermehrt zu bewässern, um die Apfelqualität zu sichern.

## **5.2 Arbeitseinkommen**

Wenn das Arbeitseinkommen auf dem Betrieb 18 Fr./h erreicht, sind die Kennzahlen der Finanzanalyse, die man auch mit Arbokost berechnen kann, sehr tief. Der Cash-Flow ist mit dem Extremszenario von einem internen Arbeitseinkommen auf dem Betrieb bis zum Ende der Ertragsphase negativ und die Rentabilitätsgrenze wird in der Standphase der Anlage nicht erreicht.

Die in der Arbeit von Mouron (2005) erwähnten minimalen Ziele aus der Befragung von Obstproduzenten entsprechen der Realität der Obstproduzenten. Kurzfristig können trotz der extremen Wasserpreise, die in den Szenarien berechnet werden, die wirtschaftlichen Ziele der Obstproduzenten erfüllt werden. Sie garantieren aber keine längerfristige Apfelproduktion, bei der auch die Erneuerung der Infrastruktur gesichert wird. Längerfristig sind die berechneten Wasserpreise für die Produktion nicht tragbar.

Die Berechnungen mit Arbokost 2006/07 zeigen, dass eine Apfelanlage die Rentabilitätsgrenze knapp am Ende der Ertragsphase ohne Bewäs-

serungsinfrastruktur und ohne Wasserstress erreichen kann – die Produktion wäre in diesem Fall tragbar.

### **5.3 Ausblick**

Die Klimaveränderung in der Schweiz könnte in Zukunft zu trockenem Boden und vermindertem Abfluss führen (Schädler 2003). Wäre dies der Fall, ist in den Sommermonaten vermehrt mit Konflikten um das Wasser zu rechnen (BAFU 2007).

Wenn in Zukunft aufgrund immer höherer Temperaturen und unregelmässigen Niederschlägen (BFS 2004) die Wasserkosten der Landwirtschaft steigen, dann werden die Apfelproduzenten je nach Wasserbedarf relativ hohe Wasserpreise bezahlen müssen.

Eine Zunahme der Bewässerungskosten ist nur tragbar, wenn eine längerfristige Produktion gesichert werden kann. Dafür spielt eine sichere Abnahme der Produktion und die Fähigkeiten der Betriebe, Investitionen in neuen Infrastrukturen zu tragen, eine wichtige Rolle.

Die Agrarpolitik hat auch in Zukunft wichtige Auswirkungen auf die Bedingungen für die Schweizer Apfelproduzenten.

## 6. Anhang

### Teil I

**Ruhephase:** Von November bis zur Vollblüte. Der Niederschlag wird während der Ruhephase durch eine «Winterbilanz» berechnet. Die Reserve wird am Anfang der Vegetationsphase auf den LVR-Wert minimiert. Mit diesen Berechnungen können wir die Wasserreserve im Boden am Anfang der Vegetationsperiode berechnen. Während dieser Periode sind alle Regenfälle  $> 1$  mm mitgezählt und der K-Wert = 0.4.

**Phase I:** Von der Vollblüte (ca. Ende April) bis zum Ende des T-Stadiums (Ende der Zellteilung und der ersten Welle des vegetativen Wachstums, ca. 10 Juni) dauert es 45 Tage. In dieser Phase sollte die Pflanze für ein optimales Wachstum einen hydrischen Komfort genießen können. Trockenzeiten während der 1. Vegetationsphase können negative Folgen für die Ernteergebnisse haben. Der Wert des Koeffizienten der Kulturen variiert zwischen  $K=0.7$  und  $K=0.85$ .

**Phase II:** Vom T-Stadium bis zum Moment der maximalen Blattfläche (ca. 10. August). In dieser Phase sollte in der Anlage ausreichend Wasser zur Verfügung gestellt werden. In dieser Periode sind die klimatischen Bedingungen entscheidend. Die verwendete K-Werten sind die gewöhnlichen Referenzwerte von 0.85 bis 1. Neueste Studien über die Nutzung von moderatem Stress in der Bewässerung (deficit irrigation) zeigen, dass in dieser Periode, ohne Qualitätseinbüßen, Wasser substantiell gespart werden kann (Mpelasoka et al. 2001).

**Phase III:** Vom Moment der maximalen Blattfläche bis zur Obsternte (Ende September) ist der Wasserbedarf reduziert. Während dieser Phase hat eine Dosierung der Bewässerung positive Effekte auf die Qualität. Der empfohlene K-Wert beträgt 0.7.

Weil Wasser aus physiologischen Gründen nur während der Vegetationsphase als Mangelfaktor auftreten kann haben wir die Ruhephase nicht direkt betrachtet. Um die drei Systeme zu unterscheiden, setzen wir unter Berücksichtigung der räumlichen Heterogenität, der Wassererbringung und den Verdunstungsverlusten Korrekturen an.

## Teil II

Aus dem Wasserbilanzmodell konnten wir für die Standorte Sion, Changins und Güttingen folgende Werte für die Jahre 1981-1994 und 1995-2006 auslesen:

Sion (in mm)		Changins (in mm)		Güttingen (in mm)	
1981-1993	1994-2006	1981-1993	1994-2006	1981-1993	1994-2007
358	228	154	76	24	0
315	279	101	107	43	60
252	285	152	81	152	0
321	263	195	78	0	0
215	362	92	148	0	93
234	153	158	0	0	0
208	343	57	118	48	0
360	266	131	95	10	87
311	263	260	128	0	0
251	365	69	276	81	87
402	340	190	198	64	0
354	241	61	117	119	133
353	285	79	168	28	81

Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen mit dem Wasserbilanzmodell

## Teil III

### Sion – t-test mit XL-Stat

Variable	Beobachtungen	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
1981-1993	13	208.005	402.000	302.655	63.582
1994-2006	13	152.650	365.440	282.573	59.807

95 % Konfidenzintervall bzgl. der Differenz der Mittelwerte:  
 ] -29.885; 70.048

Differenz	20.082
t (Beobachteter Wert)	0.829
t (Kritischer Wert)	2.064
FG	24
p-Wert (Zweiseitig)	0.415
alpha	0.05

Testinterpretation:

H0: Die Differenz zwischen den Mittelwerten ist nicht signifikant verschieden von 0.

Ha: Die Differenz zwischen den Mittelwerten ist signifikant verschieden von 0.

Da der berechnete p-Wert größer als das Signifikanz-Niveau  $\alpha=0.05$  ist, kann die Null-Hypothese H0 bestätigt werden.

Das Risiko die Null-Hypothese H0 zurückzuweisen, obwohl sie wahr ist, beträgt 41,50 %.

### Changins – t-test mit XL-Stat

Variable	Beobachtungen	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
1981-1993	13	57.360	259.860	130.638	61.331
1994-2006	13	0.000	275.780	122.266	66.964

95 % Konfidenzintervall bzgl. der Differenz der Mittelwerte:  
 ] -43.607; 60.352 [

Differenz	8.373
t (Beobachteter Wert)	0.332
t (Kritischer Wert)	2.064
FG	24
p-Wert (Zweiseitig)	0.742
alpha	0.05

Testinterpretation:

H0: Die Differenz zwischen den Mittelwerten ist nicht signifikant verschieden von 0.

Ha: Die Differenz zwischen den Mittelwerten ist signifikant verschieden von 0.

Da der berechnete p-Wert größer als das Signifikanz-Niveau  $\alpha=0.05$  ist, kann die Null-Hypothese H0 bestätigt werden.

Das Risiko die Null-Hypothese H0 zurückzuweisen, obwohl sie wahr ist, beträgt 74,24 %.

### Güttingen (ohne 2003) – t-test mit XL-Stat

Variable	Beobachtungen	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
1981-1993	13	0.000	151.508	43.705	48.651
1994-2007	13	0.000	133.108	41.551	49.219

95% Konfidenzintervall bzgl. der Differenz der Mittelwerte:  
 ] -37.461; 41.769 [

Differenz	2.154
t (Beobachteter Wert)	0.112
t (Kritischer Wert)	2.064
FG	24
p-Wert (Zweiseitig)	0.912
alpha	0.05

Testinterpretation:

H0: Die Differenz zwischen den Mittelwerten ist nicht signifikant verschieden von 0.

Ha: Die Differenz zwischen den Mittelwerten ist signifikant verschieden von 0.

Da der berechnete p-Wert größer als das Signifikanz-Niveau  $\alpha=0.05$  ist, kann die Null-Hypothese H0 bestätigt werden.

Das Risiko die Null-Hypothese H0 zurückzuweisen, obwohl sie wahr ist, beträgt 91,16 %.



## Teil IV

Anzahl Male	Güttingen	Changins	Sion
Hohe Wasserdefizit (>250 mm)	0/27	12/27	20/27
Mittlere Wasserdefizit(120-250 mm)	3/27	10/27	6/27
Leichtes Wasserdefizit (60-120 mm)	6/27	2/27	1/27

Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen mit dem Wasserbilanzmodell

## Teil V

### Szenarien – Sion – mittelwert, maximum, 2 x maximum

	Sion (Mittelwert)	Sion (Maximum)	Sion (2xMaximum)
Benötigte Wassermenge (mm)	378	535	1'070
Preis (Fr./m3)	1.5	1.06	0.53

Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen Arbokost 2006/07

### Szenarien - Changins – mittelwert, maximum, 2 x maximum

	Changins (Mittelwert)	Changins (Maximum)	Changins (2 x Maximum)
Benötigte Wassermenge (mm)	122	276	552
Preis (Fr./m3)	6.7	2.97	1.48

Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen Arbokost 2006/07

### Szenarien - Güttingen– mittelwert, maximum, 2 x maximum

	Güttingen (Mittelwert)	Güttingen (Maximum)	Güttingen (2 x Maximum)
Benötigte Wassermenge (mm)	44	142	284
Preis (Fr./m3)	22.77	6.63	3.31

Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnungen Arbokost 2006/07

## Literatur

- AGRIDEA, Preiskatalog Ausgabe 2007, Eschikon.
- Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 2004. Die Bewertung der Obstkultur, Flugschrift Nr.61, Wädenswil.
- Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 2006. ART-Bericht 664: Maschinenkosten 2007, Tänikon.
- Bader S. & Bantle H., 2004. Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864-2001. Veröffentlichung der MeteoSchweiz Nr. 68, URL: [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klimaentwicklung/tt\\_rr\\_1864.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klimaentwicklung/tt_rr_1864.html) [30.6.2008].
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2007. Klimaänderung in der Schweiz. INDIKATOREN zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2006. Obstkulturen der Schweiz, Flächenstatistiken. URL: <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00083/00107/00158/index.html?lang=de> [30.6.2008].
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2007<sup>a</sup> Obstkulturen der Schweiz, Flächenstatistiken. URL: <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00083/00107/00158/index.html?lang=de> [30.6.2008].
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2007<sup>b</sup>. Apfel- und Birnenkulturen: Ernteschätzung 2007. URL: <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00083/00107/00158/index.html?lang=de> [30.6.2008].
- Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), 1990. Technische Unterlagen für die Berechnung der K-Werten.
- Gohring T.R. & W.W. Wallender, 1987. Economics of Sprinkler Irrigation Systems. Transaction of ASAE, V. 30, Nr. 4: 1083-89.
- Grattan R.S. & al., 1998. New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops. Cat. Ag. Nr. 52: 16-24.
- Kantonalen Fach- und Zentralstellen für Obstbau, 2006. Anbauempfehlungen für die Obstregion Nordwestschweiz, 5. Auflage, Sissach.
- Milutinovic S. & al., 2002. The effect of irrigation on apple quality and yield., Vol. 36, Nr. 1/2, 37-44, Jugoslovensko Voc'arstvo.

- Monney P., 2007. Gemässigte Bewässerung der Obstbäume dank Internet, Medienmitteilung ACW. URL: [http://www.db-acw.admin.ch/pubs/ch\\_com\\_07\\_cp\\_140607\\_d.pdf](http://www.db-acw.admin.ch/pubs/ch_com_07_cp_140607_d.pdf) [14.06.2007].
- Mouron P., 2005. Ecological-economic life cycle management of perennial tree crop systems: The Swiss fruit farms. ETH Dissertation Nr. 15899, Zurich.
- Mouron P. & Carint D., 2001. Rendite-Risiko-Profil von Tafelobstlagen, Schweiz. Z. Obst-Weinbau, 137, 78-81 und 106-110.
- Mpelasok B.S. & al., 2001. Effect of deficit irrigation on fruit maturity and quality of Braeburn apple *Scientia Horticulturae* 90 (2001), 279-290.
- OcCC/ProCli, 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, Bern.
- Schädler B., 2003. Extremereignisse und Klimaänderung, OcCC Reports, URL: [http://www.occ.ch/reports\\_d.html](http://www.occ.ch/reports_d.html) [1.2.08].
- Schweizerischer Obstverband (SOV), 2007. Vermarktungskonzept für Tafelkernobst 2007/2008, URL: [http://www.swissfruit.ch/m/mandanten/239/download/D\\_VMK\\_2007.pdf](http://www.swissfruit.ch/m/mandanten/239/download/D_VMK_2007.pdf) [1.2.08].
- Sifuma J. & al., Planning irrigation cropping systems. *In: National Workshop, 4., 2000, Proceedings, Kikuyu*, 263-6.
- Weber M. & A. Schild, 2007. Stand der Bewässerung in der Schweiz, Bericht der Umfrage 2006, Entwurf, nicht publizierte Unterlagen, BLW 2007.
- Rey G. & Kreuter U., 1981. Statistik im Laboratorium. Separatdruck der Schweiz. Laboratoriums - Zeitschrift.
- Turc L., 1963. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formulation simplifiée et mise à jour. *Ann. Agron.*, 12: 13-49.
- Zürcher M., 2004. Definitionen Arbokost, ACW Wädenswil, URL: [www.arbokost.info-acw.ch](http://www.arbokost.info-acw.ch) [30.06.2008].

### **Informationen und Datengrundlage**

Fachstellen der Kantone Wallis, Waadt und Thurgau, 2008. Telefonische Auskünfte über die Bewässerungsmethoden in der Praxis in den Gemeinden Sion, Changins und Güttingen

Meteoschweiz, 2007: Meteo-Daten der Standorten Sion, Changins und Güttingen, für die Berechnungen des Wasserbilanzmodells, telefonische Auskünfte und Datenversand, Genf

Arbokost, 2006/07, ACW Wädenswil, URL: [www.arbokost.info-acw.ch](http://www.arbokost.info-acw.ch) [30.06.2008].

### **Kontaktautorin:**

Esther Bravin  
Forschungsanstalt Agroscope  
Changins-Wädenswil ACW  
Postfach 185  
CH-8820 Wädenswil

Email: [esther.bravin@acw.admin.ch](mailto:esther.bravin@acw.admin.ch)