

# ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique  
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



## Abschlussbericht zum ITADA-Projekt A3.4.2

### Integrierte Produktion von Spargeln im Rheintal

Projektleiter:	M. Würth	(Regierungspräsidium Freiburg)	D
Bearbeiter:	W. Piepenbrock	(Institut für Umweltgerechte Landwirtschaft Müllheim)	D
	G. Pfunder	(Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur Freiburg)	D
Projektpartner:	H. Stengel	(SENE Algolsheim / Landwirtschaftskammer Oberelsaß)	F
	H. Merckling	(Landwirtschaftsberatung Unterelsaß / Spargelförderverein)	F
Mitbeteiligte:	Prof. Kleisinger	(Universität Hohenheim)	D
	Prof. Paschold	(Forschungsanstalt Geisenheim)	D
Laufzeit:	1996-1998		

**Projekt gefördert durch die EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II 'Oberrhein Mitte-Süd'**

---

Regierungspräsidium Freiburg (RPFR)

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft Müllheim (IfUL)

Chambres d'Agriculture du Bas-Rhin et du Haut-Rhin

---

**ITADA-Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR**  
**Tel.: 00333 89229550 Fax: 00333 89229559 eMail: itada@wanadoo.fr**

## Abschlussbericht ITADA-Projekt A 3.4.2

**THEMA:** Integrierte Produktion von Spargeln im Rheintal

<b>LEITER:</b>	H. Würth	RPFR Freiburg	D
	Bearbeitung: H. Piepenbrock	IfUL Müllheim	D
	H. Pfunder	ALLB Freiburg	D
<b>PARTNER:</b>	H. Stengel	SENE/CTIFL Algolsheim	F
	H. Merckling	SUAD 67 - Association p. Promotion Asperge	F
<b>MITBETEILIGTE:</b>	Universität Hohenheim	Prof. Dr. Kleisinger	D
	Forschungsanstalt Geisenheim,	Prof. Paschold	D

### 1 Einleitung und Problemstellung

#### 1.1 Einleitung

Der Spargel (*Asparagus officinalis* L.) gehört zur Familie der Liliaceae. Seinen Ursprung hat der Spargel nahe dem Mittelmeerraum. In Griechenland galt Spargel als heiliges Kranzgewächs, das der Göttin APHRODITE geweiht war. HIPPOKRATES (460-377 v. Chr.) bezeichnete Spargel erstmals als Heilpflanze. MARCUS PORCIUS CATO CENSORIUS (234-149 v. Chr.) befaßte sich in seiner Lehrschrift *De Agricultura* umfassend mit der Spargelkultur. Seine Darstellungen lassen auf eine besondere Beliebtheit des Spargel bei den Römern folgern. Im Mittelalter wurde Spargel als Heilpflanze in klösterlichen Küchengärten angebaut. Erst im 16. Jahrhundert kam der Spargel als Luxusgemüse an die Königs- und Fürstenhöfe. In Frankreich, England, den Niederlanden und in Deutschland wurde Spargel in geringem Umfang angepflanzt, um den Bedarf der Oberschicht zu befriedigen.

Bis in das 19. Jahrhundert wurden die Kultur in Beeten, bereits wie von CATO beschrieben, angebaut. In mit zumeist organischen Materialien gefüllten Gräben wurde der Spargel etwa 30 cm tief gepflanzt und mit dem Aushub eine Hügel darüber aufgeschüttet. Die Pflanzen hatten in den meist drei- bis vierreihigen Beeten einen Abstand von 50 x 50 cm. Die Kultivierung erfolgte bis dahin in Gärtnereien oder kleinbäuerlichen Betrieben. Im Jahr 1809 erfand der französische Konditor NICOLAS APPERT eine Methode zur Haltbarmachung von Nahrungsmitteln. Die neuen Konservierungsmethoden beeinflussten auch den Spargelanbau, die Anbauflächen wurden bis zum Ende des 19. Jahrhunderts sprunghaft ausgedehnt. In Argenteuil, einem Vorortbereich von Paris, wurden 1868 bereits 500 ha Spargel angebaut, der hauptsächlich an Pariser Restaurants verkauft wurde. Die Unterbrechung des Spargelanbaus während des ersten und zweiten Weltkrieges – die Produktion von Grundnah-

rungsmitteln stand zu dieser Zeit im Vordergrund – führte zum Aufbau von Produktionsanlagen in anderen Ländern unter anderem in Kalifornien [1].

Erst danach erfuhr der Spargelanbau aufgrund des allgemeinen Wohlstandes einen enormen Aufschwung. Eine Gemüseanbauerhebung ergab für Deutschland im Jahr 1998 eine im Ertrag befindliche Spargelanbaufläche von 11 261 ha (1997: 10.901 ha). Die Erntemenge betrug 45 513 t (1997: 40.811 t) [9]. Neben der eigenen Spargelproduktion ist Deutschland wichtiges Importland für Spargel. Schätzungsweise 41 000 t wurden 1998 eingeführt [10]. In Frankreich wurden 1997 33 000 t Spargel geerntet. Der Anbautrend ist jedoch im Vergleich zu Deutschland eher rückläufig.

## **1.2 Problemstellung**

Die Spargelproduktion stellt am südlichen Oberrhein eine bedeutende Einkommensquelle für die Landwirte dar. Ausgehend von einem Anbauumfang von ca. 65 ha in 1985 wurden die Anbaufläche auf ca. 650 ha in 1998 erweitert. Ein nicht unerheblicher Teil der Anbauflächen liegen in Wasserschutzgebieten mit den damit verbundenen Einschränkungen für die Produzenten. Zur Entwicklung eines kräftigen und ertragssicheren Pflanzenbestandes ist es aufgrund des sommertrockenen Oberrheinklimas insbesondere in der Entwicklungsphase einer Spargelanlage eine gezielte Wasserversorgung erforderlich. Eine nicht bedarfsgerechte Bewässerung kann jedoch Nitratauswaschung durch überschüssiges Bewässerungswasser zur Folge haben. Die heute vielfach verwendete Überkopfbewässerung kann aufgrund verlängerter Blattbenetzung erhöhten Krankheitsdruck mit sich bringen. Um im Rheintal auf Dauer Spargel produzieren zu können, muß die Spargelproduktion umweltschonend und marktgerecht erfolgen. Grundlage hierfür bildet eine integrierte Produktion, die es erlaubt, Spargel von hoher Qualität bei verringertem Aufwand an Betriebsmitteln (Dünge-, Pflanzenschutzmittel) zu produzieren.

Durch Optimierung des Bewässerungsmanagements unter ökonomischen und ökologischen Aspekten und durch die Auswahl geeigneter Spargelsorten und Anbaumethoden soll der südliche Oberrhein als Anbaugebiet hochwertiger Kulturen gesichert werden. Im Projekt werden folgende Ziele verfolgt:

- Qualitätsverbesserung des Erntegutes
- Verminderung der Nährstoffauswaschung
- Verringerung der Blattbefeuchtungsdauer durch Tropfbewässerung in Verbindung mit vermindertem Krankheitsdruck
- Optimierung der Nährstoffausnutzung
- Wassereinsparung

## **2 Methodik**

Zur Untersuchung der in **Kapitel 1** beschriebenen Problemstellung wurde in Rumersheim (Frankreich) ein Sortenversuch mit zwei Standweiten und bei Hartheim-Feldkirch (Deutschland) ein Versuchsanlage mit drei verschiedenen Bewässerungsvarianten angelegt.

### **2.1 Bewässerungsversuch Feldkirch**

#### **2.1.1 Angebaute Spargelsorte**

Die im Bewässerungsversuch angebaute Sorte ist Gijnlim. Sie ist eine sehr frühe und ertragsreiche Sorte. Ihre Kennzeichen sind fest geschlossenen Köpfe und gerade Stangen mittlerer Stärke. Es treten kaum hohle Stangen auf, jedoch ist eine hohe Stangenzahl zu ernten. Bei trockenem, rissigem Boden neigt diese Sorte etwas stärker wie andere zur Anthocyanfärbung im Damm.

Die Zahl der abgestorbenen Triebe ist bei Junganlagen sehr hoch, wird aber durch Neutriebtätigkeit kompensiert. Auf kritischen Standorten (Nebellagen) ist diese Sorte Botrytis- und Stemphylium-gefährdet.

Die Gijnlim ist keine Sorte, die unter unserem Klima bis Saisonende (21. Juni) durchgestochen werden sollte. Überstochenen Anlagen altern schneller und bringen dünnere Spargel. Zu wenig zu ernten ist genauso schlecht, da der Durchtrieb so massiv ausfallen kann, das die Blattpilze leichtes Spiel haben. Von Dichtpflanzungen ist deshalb abzuraten.

Die Ernte muß wegen der zahlreichen Sprosse besonders sorgfältig erfolgen. Pflanzabstände unter 38 cm in der Reihe werden nicht empfohlen. In sehr wüchsigen Anlagen muß in den ersten Vollertragsjahren bei Folie und hohen Temperaturen zum Saisonbeginn mit Erträgen von bis zu 600 kg/ha und Tag gerechnet werden [8].

Die Pflanzung der Anlage erfolgte am 1. April 1996. Die Reihenweite beträgt zwei Meter, der Pflanzenabstand in der Reihe 0,38 m. Die Pflanzreihen sind in Nord-Süd Richtung ausgerichtet.

#### **2.1.2 Bewässerungsverfahren**

Auf einem Spargelfeld bei Hartheim wurden 1996 zur Untersuchung drei verschiedene Bewässerungssysteme installiert. Untersucht werden die Bewässerung Überkopf mit herkömmlichen Kreisregnern und zwei Unterflursysteme (T-Tape 515, NETAFIM RAM 20). Zum Vergleich wurden Kontrollparzellen ohne Zusatzbewässerung angelegt. Die Steuerung der Bewässerung erfolgt primär über eine Zeitschaltuhr. Über diese können Start und Dauer der Bewässerung für die jeweilige Variante eingestellt werden. Zwischen Schaltuhr und Magnetventile geschaltete Tensiometer unterbrechen bei ausreichender Bodenfeuchte die Bewässerung.

## Charakterisierung der Tropferleitungen

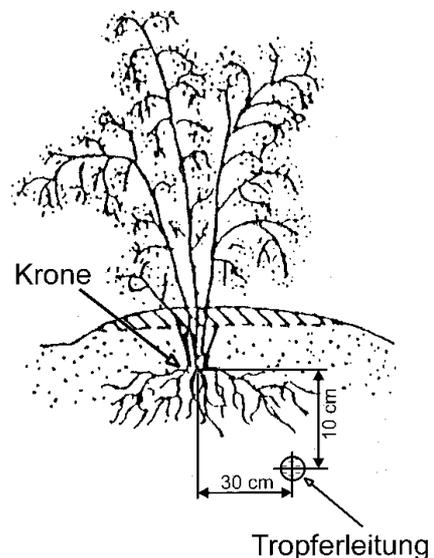
Im Versuch werden zwei verschiedene Qualitäten von Tropfschläuchen eingesetzt. Der Einbau dieser beiden Qualitäten im Boden erfolgte in gleicher Weise. In der einen Variante wird ein Tropfschlauch der Firma **NETAFIM** vom Typ RAM 20 verwendet. Der Tropfabstand beträgt 30 cm, der Ausfluß je Tropfstelle 1,6 l/h bei einem vorgegebenen Arbeitsdruck zwischen 500 und 4 000 hPa. Der Außendurchmesser beträgt 20 mm. Das Schlauchmaterial ist aus einem widerstandsfähigem Kunststoffmaterial gefertigt, so daß der Schlauch auch im Boden seine Rohrform beibehält. Eine Besonderheit dieses Tropfschlauches ist seine Druckkompensation. Diese soll einen gleichmäßigen Tropferfluß über einen breiten Druckbereich gewährleisten und somit auch bei langen Flurstücken eine gleichmäßige Wasserverteilung gewährleisten. Der in der zweiten Unterflurvariante eingesetzte Tropfschlauch stellt im Vergleich zum zuvor beschriebenen eine preiswertere Variante dar. Der Tropfschlauch mit der Bezeichnung T-Tape 515 TSX der Firma **T-Systems International**, San Diego (California, USA), ist als Tape-Schlauch mit einer Wandstärke von 0,375 mm ausgeführt. Der Tropfabstand beträgt ebenfalls 30 cm, der nominale Betriebsdruck 550 hPa (max. Betriebsdruck ca. 1 000 hPa). Die Wasserausbringmenge beträgt bei diesem Tropfschlauch 340 LPH /100 m (LPH/100 m = Liter je Stunde auf 100 m Länge). Da dieser Tropfschlauch nicht druckkompensiert ist, nimmt die Ausbringmenge mit zunehmender Tropfschlauchlänge ab.

Beide Tropfschläuche eignen sich für die Verlegung auf der Bodenoberfläche als auch für die Verlegung Unterflur. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes bewegten sich die Preise für den T-Tape bei 0,15 €/m und 0,66 €/m für den RAM-Schlauch (Preise incl. MwSt.). Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß aktuelle Preise über den jeweiligen Händler zu erfragen sind und die Hersteller Tropfschläuche in verschiedenen Qualitäten und Preisklassen unabhängig der im Versuch verwendeten Produkte anbieten.

Die Installation der Tropfschläuche im Boden erfolgte im Frühsommer 1996 nach Pflanzung der Anlage. Die Verlegung wurde mit einem an einem Schmalspurtraktor angebauten Verlegepflug durchgeführt. Die Schläuche liegen einseitig auf der Ostseite der Pflanzreihen etwa 10 cm unterhalb und 30 cm seitlich der Pflanzenkrone (**Bild 1**). Beide Unterflursysteme wurden in jeweils zwei Bewässerungsböcke unterteilt (T-Tape West/Ost; RAM West/Ost), welche separat über die Steuereinheit angesteuert werden können.

## Überkopfbewässerung

Die Überkopfbewässerung war als Rohranlage mit Kreisregnern aufgebaut. Der Rohrabstand betrug 12 m, der Regnerabstand 18 m. Die Regner waren auf Stative in zwei Metern Höhe installiert.



**Bild 1: Tropferleitung im Boden**

### 2.1.3 Standortbeschreibung

Anfang Mai 1996 wurde der Versuchsstandort zur Untersuchung am geologischen Landesamt in Freiburg beprobt. Der Versuchsstandort ist ein brauner Auenboden aus 8 - 13 dm schluffigem Lehm. Bereichsweise ist dieser von geringmächtigem tonigem Lehm unterlagert. Zum Zeitpunkt der Beprobung lag der Grundwasserstand tiefer als 15 dm, im Bodenprofil waren keine erkennbaren hydromorphen Merkmale erkennbar, die auf eine längerfristige Grund- oder Stauwasserbeeinflussung der Auenlehmüberdeckung der kiesigen Sande hinweisen könnten. Vor Versuchsbeginn wurde der Versuchsstandort ca. 60 cm tief rigolt.

Im Oktober 1997 wurden auf der Versuchsfläche zur Bestimmung der den Bodenwasserhaushalt beschreibenden Bodenkennwerte Stechzylinderproben entnommen. Dabei wurde in den Bodentiefen 20 cm, 50 cm, 80 cm und 110 cm jeweils zehn Stechzylinder entnommen. In der Schürfgrube war im Rigolhorizont keine Horizontierung mehr feststellbar. Ab einer Tiefe von 60 - 80 cm waren an der Profilwand stellenweise Haftenässe-Pseudogleymerkmale in Form diffuser Bleichzonen zu beobachten. In **Tabelle 1** sind die bodenphysikalischen Analysedaten dargestellt.

**Tabelle 1: Bodenphysikalische Analysedaten des Versuchssandortes Feldkirch**

Entname- tiefe [cm]	Trocken- raum- dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Wassergehalt [Vol. %] bei					
		pF 0 0 hPa	pF 0,3 2 hPa	pF 1,8 60 hPa	pF 2,5 300 hPa	pF 0 700 hPa	pF 0 16 000 hPa
20	1,62	39,0	32,8	31,0	28,1	26,7	14,9
50	1,63	38,6	32,1	29,5	26,9	26,0	13,9
80	1,66	37,6	31,6	29,0	26,6	25,4	16,4
110	1,72	35,2	32,2	30,8	28,6	27,3	16,5

Entname- tiefe [cm]	Porenanteile [Vol. %]					Feld- kapazität [Vol. %]	nutzbare Feld- kapazität [Vol. %]
	Gesamt- poren	weite Grob- poren	enge Grob- poren	Mittel- poren	Feinpo- ren		
20	39,0	8,0	2,9	13,2	14,9	31,0	16,1
50	38,6	9,1	2,6	13,0	13,9	29,5	15,6
80	37,6	8,6	2,4	10,2	16,4	29,0	12,6
110	35,2	4,4	2,2	12,1	16,5	30,8	14,3

Anhand der Analysedaten ist eine Abnahme der weiten Grobporen von 8,6 Vol. % in 80 cm Tiefe auf 4,4 Vol. % in 110 cm Tiefe zu ersehen. Die für das Wurzelwachstum in größeren Tiefen erforderliche Sauerstoffzufuhr hängt wesentlich vom Volumen und der Porenkontinuität der weiten Grobporen ab. Die geringe Sauerstoffzufuhr in größeren Bodentiefen, hier ab ca. 80 cm Bodentiefe, führt zu einer nur noch geringen Durchwurzelung dieser Bodenschichten. In der Vegetationsperiode ist zu erwarten, daß in den gering durchwurzelten Bo-

denabschnitten nur noch sehr wenig Wasser entzogen wird demzufolge in dieser Bodentiefe keine größeren Wassergehaltsänderungen zu erwarten sind. Infolge der verminderten Sauerstoffzufuhr ist unterhalb 60 - 80 cm ein Denitrifikationspotential gegeben. Dies bedeutet, daß möglicherweise aus dem Wurzelraum ausgetragene Nitratmengen unter dem durchwurzelten Bodenraum wieder denitrifiziert werden und gasförmig in die Atmosphäre entweichen.

#### **2.1.4 Bestimmung des Wassergehalts im Boden**

Der Wassergehalt des Bodens ist die im Boden enthaltene Wassermenge. Dieser wird in Gewichtsprozent (g/100 g) oder Volumenprozent ( $\text{cm}^3/100 \text{ cm}^3$ ) angegeben. Eine weitere gebräuchliche Angabe ist der Wassergehalt in mm/dm (1 Vol. % = 1 mm Wasserhöhe in 1 dm Bodenschicht). Zur Erfassung des Wassergehalts im Boden gibt es verschiedene Verfahren, welche sich in direkte (Entnahme einer Bodenprobe) und indirekte (wiederholte Messungen an gleicher Stelle) Verfahren gliedern.

Ein Verfahren zur Feststellung des Wassergehalts im Boden ist die gravimetrische Bestimmung. Diese wird meist als Referenz für andere Methoden der Wassergehaltsbestimmung angewandt. Dazu wird eine Bodenprobe bei 105 °C über 24 Stunden in einem Trockenschrank bis zu ihrer Gleichgewichtsfeuchte getrocknet. Aus dem Gewichtsverlust kann der Wassergehalt der Probe in Gewichtsprozent bezogen auf die getrocknete Probe ermittelt werden und bei Kenntnis der Bodendichte in Volumenprozent umgerechnet werden. Diese Methode ist mit einem geringen Kostenaufwand verbunden und in den meisten Fällen ohne besondere Hilfsmittel anwendbar. Nachteile dieser Methode sind der hohe Zeitaufwand und die Nichtautomatisierbarkeit. Dadurch, daß die gravimetrische Bestimmung eine destruktive Methode ist, kann keine weitere Messung an exakt der gleichen Stelle (auch zu einem späteren Zeitpunkt) erfolgen.

Das Tensiometer ist ein weiteres Verfahren zur Messung des Bodenwassers. Hierbei wird im Gegensatz zur gravimetrischen Wassergehaltsbestimmung das Matrixpotential des Bodenwassers gemessen. Das Matrixpotential entspricht einem Unterdruck, der als Wasserspannung oder Tension erfaßt wird. Das Tensiometer besteht aus einem wassergefüllten Rohr, an dessen unterem Ende eine Keramikzelle und am oberen Ende ein Manometer luftdicht befestigt ist. Das Tensiometer kann, je nach Länge, in verschiedenen Bodentiefen eingesetzt werden. Bei trockenem Boden kann Wasser über die Poren der Keramikzelle in den Boden überfließen, wobei im Tensiometer durch den Wasserverlust ein Unterdruck entsteht. Wird der Boden durch Niederschläge oder Bewässerung durchfeuchtet, so kann das Tensiometer über die Keramikzelle Wasser aufnehmen und das steigende Matrixpotential durch einen geringeren Unterdruck anzeigen. Der Meßbereich des Tensiometers ist auf etwa 800 hPa begrenzt. Das Tensiometer ist bei einfacher Ausführung eine kostengünstige Methode und kann zur automatisierten Bewässerung eingesetzt werden.

Ein häufig angewandtes Verfahren zur Erfassung des Matrixpotentials ist die Gipsblockmethode. Der Sensor besteht aus einem porösen Gipsblock, in welchem zwei Elektroden eingelassen sind. Wird der Block im Boden vergraben, kann das Wasser in den Block eindringen bis das Matrixpotential des Gipsblocks und des umgebenden Bodens gleich sind. Entsprechend dem Wassergehalt im Gipsblock wird ein elektrischer Widerstand gemessen,

der als Maß für das Matrixpotential herangezogen werden kann. Der Meßbereich des Gipsblock ist im Gegensatz zum Tensiometer wesentlich größer. Ein Nachteil des Systems ist, das jeder Gipsblock eine geringfügig unterschiedliche Charakteristik hat und dementsprechend kalibriert werden sollte. Ein weiterer Nachteil ist seine begrenzte Lebensdauer. Vorteile sind jedoch die einfache und kostengünstige Anwendung. Der Wartungsaufwand ist sehr gering.

Im Versuch wurden Bodenfeuchtesensoren vom Typ „Watermark“ (Irrometer Company) eingesetzt. Sein Funktionsprinzip ist dem des Gipsblocks vergleichbar, jedoch können im Vergleich zum Gipsblock auch niedrige Saugspannungswerte gemessen werden. Sein Meßbereich liegt zwischen 0 und 2.000 hPa. Über eine Ableseeinheit können mehrere Sensoren abgelesen werden, über die auch eine entsprechende Temperaturkorrektur des Anzeigewertes vorgenommen wird.

An mehreren Stellen auf dem Feld wurden für jede Variante jeweils drei Meßstellen eingerichtet. An jeder Meßstelle wurden 1997 vier Sensoren in verschiedenen Bodentiefen eingebaut. Die Meßtiefe wurde in Abhängigkeit der Tropferleitung im Boden gewählt. Der erste Sensor wurde 10 cm über dem Tropfschlauch an einer Tropfstelle und die folgenden 20 cm, 50 cm und 80 cm unter dem Tropfschlauch eingebaut. Bei Verwendung der Bodenoberfläche als Bezugsmeßpunkt ergaben sich die Meßtiefen 20 cm (10 cm über Tropfschlauch), 50 cm (20 cm unter Tropfschlauch), 80 cm (50 cm unter Tropfschlauch) und 110 cm (80 cm unter Tropfschlauch). Diese Meßtiefen wurden auch in der Kontrollvariante und der Überkopfvariante gewählt. Im Versuchsjahr 1998 wurde auf die tiefste Meßstelle jeweils verzichtet, da in 110 cm Bodentiefe im Jahr zuvor über die gesamte Meßperiode aufgrund einer hydraulischen Wasserscheide niedrige Saugspannungswerte (= hoher Wassergehalt) gemessen wurden und die Werte sich praktisch kaum änderten. Die in den folgenden Kapiteln bezüglich der Bewässerung gemachten Tiefenangaben von Bodenfeuchtesensoren beziehen sich auf die Bodenoberfläche.

### **2.1.5 Bodenuntersuchungen**

Zur Bestimmung des Nitratgehaltes im Boden wurden in den Versuchsvarianten Bodenproben gezogen und analysiert. Die Beprobung erfolgte je Variante in den Tiefen 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm. Die Einstiche erfolgten jeweils im Abstand von ca. 30 cm zur Pflanzenreihe.

### **2.1.6 Versuchsernte**

Mit Beginn der Erntesaison 1997 wurde der Bewässerungsversuch in Feldkirch zum ersten mal beerntet. In jeder Bewässerungsvariante sind jeweils vier Ernteparzellen zu 100 m<sup>2</sup> ausgesteckt. Insgesamt sind auf der Versuchsfläche 16 Parzellen, die bei jedem Erntedurchgang durch die betriebszugehörigen Erntekräfte beerntet wurden. Im Anschluß an die Beerntung wurde das Erntegut jeder Parzelle auf der betriebseigenen Sortieranlage geschnitten, gewaschen und sortiert. Die Sortierung erfolgte entsprechend den Vorschriften der deutschen Erzeugerorganisationen. Die einzelnen Klassen sind in **Tabelle 2** dargestellt.

**Tabelle 2: Sortiervorschriften für Spargel der deutschen Erzeugerorganisationen (EO) ab Saison 1997**

Klasse	Farbgruppe	Durchmesser	Länge
I	weiß	26 – 36 mm	17 – 22 cm
I*	weiß	16 – 26 mm	17 – 22 cm
I*	weiß	12 – 16 mm	17 – 22 cm
I kurz	weiß	als Klasse II kurz vermarktet	
II*	weiß	16 mm +	17 – 22 cm
II*	weiß + violett	16 mm +	17 – 22 cm
II	weiß + violett	12 mm +	17 – 22 cm
II	weiß + violett	8 mm +	17 – 22 cm
II* kurz	weiß/violett	12 mm +	12 – 17 cm
I	violett	16 – 26 mm	17 – 22 cm
II	violett	12 mm +	17 – 22 cm

## 2.2 Sortenversuch Rumersheim

Parallel zu dem Bewässerungsversuch wurde in Rumersheim (Frankreich) ein Sortenversuch mit sieben Spargelsorten und zwei Standweiten (D1 und D2) angelegt. Die Pflanzung erfolgte am 10. April 1996 auf einer 9,6 Ar großen Fläche. Folgende Spargelsorten wurden dort gepflanzt:

- Andréas (französische Sorte)
- Vulcan (deutsche Sorte)
- Mars (deutsche Sorte)
- Gijnlim (holländische Sorte)
- Thienlim (holländische Sorte)
- Backlim (holländische Sorte)

Die Standweiten betragen drei Pflanzen je laufendem Meter (D1) bzw. zwei Pflanzen je laufendem Meter (D2). Der Versuch ist als Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt (**Bild 2**).

	2 m	10 m	10 m	10 m	10 m
2 m	1	Backlim D2	Thienlim D1	Gijnlim D2	Andréas D1
	2	Vulcan D2	Mars D1	Thienlim D2	Gijnlim D1
	3	Thienlim D2	Backlim D1	Vulcan D2	Thienlim D1
	4	Andréas D2	Gijnlim D1	Backlim D2	Vulcan D1
	5	Mars D2	Vulcan D1	Andréas D2	Mars D1
	6	Gijnlim D2	Andréas D1	Mars D2	Backlim D1
	7	Gijnlim D1	Thienlim D2	Andréas D1	Vulcan D2
	8	Thienlim D1	Andréas D2	Backlim D1	Mars D2
	9	Mars D1	Backlim D2	Vulcan D1	Gijnlim D2
	10	Backlim D1	Gijnlim D2	Mars D1	Andréas D2
	11	Vulcan D1	Mars D2	Gijnlim D1	Thienlim D2
	12	Andréas D1	Vulcan D2	Thienlim D1	Backlim D2

**Bild 2: Versuchsplan mit den Sorten und Standweiten**

### 2.2.1 Verwendete Spargelsorten [3]

Im Folgenden sollen kurz die gepflanzten Sorten charakterisiert werden. Auf die Beschreibung der Sorte Gijnlim wird an dieser Stelle verzichtet, da diese bereits ausführlich in Kapitel 2.1.1 beschrieben wurde.

#### **Andréas**

Die Sorte Andréas ist eine männliche Hybridsorte mit sehr frühen und hohen Anfangserträgen. Sie bringt gute und gleichmäßig dicke Stangen, ist aber anfällig gegen Bruch. Sie zeichnet sich durch wenig Berostung aus und bringt wenig hohle Stangen. Bei Hitze neigen die Spargelköpfe zum aufblühen. Auf leichten Standorten sollte eine Beregnung erfolgen. Die Pflanze hat einen gedrungenen Wuchs bei guter Standfestigkeit.

#### **Vulcan**

Diese Sorte zählt ebenfalls zu den männlichen Hybriden und ist eine frühe bis mittelfrühe Sorte. Sie ist für den Folienanbau geeignet und bringt hohe Erträge. Die Stangen sind mittelstark, gut geformt und haben einen geschlossenen Kopf. Ebenfalls bringt sie wenig hohle Stangen. Das Stangengewicht ist gegenüber der Sorte Gijnlim etwas höher. Diese Sorte ist nach dem abdämmen wenig standfest.

### **Mars**

Die Sorte Mars zählt wie die beiden vorher beschriebenen Sorten zu den männlichen Hybriden. Sie ist mittelfrüh und erzielt mittlere bis hohe Erträge. Die Stangen sind mitteldick, nur wenige sind hohl. Zum Teil haben die Stangen lockere Köpfe. Sie ist wenig standfest und sollte deshalb auch im Sommer im Damm belassen werden. Das Laub ist gedrunken und reift im Herbst spät ab.

### **Thienlim**

Die männliche Hybride Thienlim erbringt hohe Erträge bei frühem Erntebeginn. Sie hat dicke Stangen, jedoch bildet sie bei wüchsigem Wetter hohle Stangen. Der Kopf ist geschlossen. Bei kalter Witterung ist diese Sorte rostanfällig. Der Aufwuchs ist aufrecht und standfest, wenig anfällig gegenüber Botrytis und für eine Engpflanzung geeignet.

### **Backlim**

Der Erntebeginn der gegenüber niedrigen Temperaturen empfindlichen Sorte Backlim ist zögerlich. Wenn die frühen Sorten schon nachlassen steht sie in voller Ernte (Mai/Juni), der Ertrag ist dennoch deutlich niedriger als bei Gijnlim. Die dicken bis sehr dicken Stangen sind glatt und in guter Qualität. Auch diese Sorte eignet sich für eine Engpflanzung und bringt wenig hohle Stangen. Die Sortierung ist gleichmäßig, die Köpfe fest geschlossen und das Stangengewicht hoch. Sie ist geeignet für den Folieneinsatz. Der Aufwuchs ist gedrunken und widerstandsfähig gegen Botrytis.

### **3 Ökonomik der Spargelproduktion**

#### **3.1 Einführung**

Die Spargelproduktion ist in ökonomischer Hinsicht nicht mit anderen Gemüsekulturen vergleichbar. Vor der Entscheidung, in die Spargelproduktion einzusteigen, sind einige Besonderheiten zu berücksichtigen. Hat sich der Landwirt für den Anbau von Spargel entschieden, so sind alle damit in Verbindung stehenden Maßnahmen für einen sicheren Anbauerfolg gewissenhaft auszuführen. Im Folgenden soll näher auf diese Besonderheiten eingegangen werden.

#### **3.2 Spargelanbau**

Spargel ist eine Dauerkultur mit einer heute üblichen Nutzungsdauer von acht bis zehn Jahren. Den Anbau kann man in einzelne Produktionsphasen gliedern. Die Spargelproduktion beginnt mit einem Vorbereitungsjahr und dem darauffolgenden Pflanzjahr bzw. 1. Standjahr. Die folgenden Erntejahre werden dann entsprechend als 2. Standjahr, 3. Standjahr usw. bezeichnet. Manche Betriebe beginnen mit den Vorbereitungen bereits zwei Jahre vor der eigentlichen Pflanzung.

##### **3.2.1 Vorbereitungsjahr und Pflanzjahr**

Spargel stellt besondere Ansprüche an die Bodenverhältnisse. Vorzugsweise wird er auf leichteren Böden angebaut, kann jedoch bei angepaßten Anbaumethoden auch auf schweren Standorten produziert werden. Voraussetzung für den Anbau ist folglich die Verfügbarkeit entsprechender Flächen im Betrieb oder die Möglichkeit, adäquate Flächen pachten zu können. Vor den ersten Einnahmen aus der Spargelanlage sind von Betrieb zu Betrieb divergierende Investitionen notwendig. Wird der Spargel direkt vermarktet, so entstehen neben den Kosten für die eigentliche Kultur noch Kosten für Aufbereitung, Lagerung und Verkauf des Ernteproduktes auf dem eigenen Betrieb.

Die Anlage einer Spargelkultur beginnt im allgemeinen mit dem Vorbereitungsjahr, in welchem die Grundlagen für einen erfolgreichen Anbau gelegt werden. Neben speziell auf die zukünftige Spargelkultur abgestimmten Bodenvorbereitungsmaßnahmen (pH-Wert, Humusgehalt, Grundnährstoffe, Gründüngung etc.) erfolgt eine Tiefenlockerung des Bodens bis auf eine Tiefe von neunzig Zentimetern.

Im folgenden Pflanzjahr werden die Jungpflanzen im Frühjahr in zuvor vorbereitete etwa 40 cm breite und 22 cm tiefe Gräben gepflanzt. Bei den heute üblichen Reihenweiten von zwei Metern und einem Pflanzabstand von 0,37 m stehen ca. 13.500 Spargelpflanzen auf einem Hektar. Im Laufe des Sommers folgen weitere Kulturmaßnahmen, bis abschließend gegen Ende des Jahres das trockene Spargelkraut abgemulcht wird. Insgesamt betragen die Anlagekosten bzw. Investitionskosten im Vorbereitungs- und Pflanzjahr zwischen 10.225 €/ha [5] und 12.780 €/ha [6].

### **3.2.2 Erntejahre**

Ab dem zweiten Standjahr kann die Spargelanlage, sofern sie sich im Pflanzjahr gut entwickelt hat, zum ersten Mal beerntet werden. Da sich die Anlage noch immer in der Aufbauphase befindet, sollte sie maximal über zwei Wochen gestochen werden. Falls noch nicht vorhanden, müssen für die Ernte, Aufbereitung, Lagerung und Verkauf weitere Investitionen getätigt werden. Im dritten Standjahr kann bis Anfang Juni geerntet werden, ab dem vierten Standjahr unter den oberrheinischen Klimaverhältnissen bis um den 15. Juni.

### **3.2.3 Einflußfaktoren auf den Ertrag bei Spargel**

Die Ernteerträge einer Spargelanlage sind von verschiedenen Faktoren abhängig: Sorte, Standort und Alter beeinflussen die Erntemengen. Bis etwa zum 5. Standjahr steigen die jährlichen Ertragsmengen und fallen dann bis zum Nutzungsende der Anlage wieder ab. Neben den absoluten Erträgen spielen die Sortierungen eine große Rolle. Für den Anbauer sind vor allem die Anteile in der Handelsklasse I von Bedeutung, da er für diese die höchsten Erlöse erzielt. Im Folgenden soll kurz auf wichtige Ertragsfaktoren eingegangen werden.

#### **Sorte**

Heute werden fast ausschließlich Hybridsorten gepflanzt. Sie sind gegenüber herkömmlichen Sorten durch höhere Erträge und bessere Qualitäten gekennzeichnet. Wichtige Charakteristika sind die Stangenqualität (Stangendicke, Form, Neigung zur Anthocyanfärbung, Geschlossenheit des Kopfes etc.), das Ertragsniveau, die Frühzeitigkeit der Anlage und Resistenz gegen Krankheiten.

#### **Klima**

Der Einfluß des Klimas (Temperatur, Niederschlag) ist für den Zeitraum der Ernte und den Zeitraum der Vegetationsphase getrennt zu betrachten.

Ab einer Bodentemperatur von 10 - 12 °C beginnen die Sprosse der Spargelpflanze auszutreiben. Entsprechend beginnt am südlichen Oberrhein die Spargelernte zwischen den letzten Märztagen bis Mitte April. Ertrag und Durchschnittstemperatur stehen in enger Wechselbeziehung zueinander. Eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur im Mai um 0,5 °C steigert den Ertrag um fast 2 dt/ha [5] bzw. um 1,7 dt/ha bei einer Änderung um 1 °C [1]. Bedingt durch diese Zusammenhänge unterliegen die Preise für Spargel am Markt entsprechenden Schwankungen.

Während der Erntesaison hat der Niederschlag keinen erwiesenen Einfluß auf den Ertrag. Durch die Winterniederschläge haben die Böden zumeist ausreichende Bodenfeuchte.

In der Vegetationsphase von Mitte Juni bis etwa Oktober können, betrachtet über mehrere Jahre, keine eindeutigen Beziehungen zwischen der Temperatur und dem nächstjährigen Ertrag hergestellt werden. Tagesdurchschnittstemperaturen bis 19 °C fördern das Wachstum und den Ertrag im nächsten Jahr. Durchschnittstemperaturen darüber lassen jedoch die Erträge wieder sinken.

Dem Niederschlag hingegen wird ein deutlicher Einfluß auf den nächstjährigen Ertrag zugesprochen. Vor allem im Juli und August sind die Niederschläge für den nächstjährigen Ertrag

von Bedeutung. Die höchste Stückzahl im folgenden Jahr wird gestochen, wenn in der Vegetationsperiode Regenmengen von 180 bis 250 mm fallen [1].

### **Erntedauer während der Saison**

Eine Untersuchung zum Einfluß des Ernteabschlusses auf Ertrag und Qualität von Spargel in Ingelheim kam zu folgenden Ergebnissen. Gestaffelt wurde der Ernteabschluß zwischen dem 25. Mai und 29. Juni. Eine über den 10. Juni hinaus verlängerte Ernte erbringt keine höheren Erträge in der Handelsklasse I. Im Gesamtertrag über fünf Jahre konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ernteabschlüssen im Zeitraum vom 8. bis 29. Juni festgestellt werden. Wird bis zum 29. Juni gestochen, so wird mit zunehmender Standzeit die Schwächung der Anlage immer ausgeprägter. Dies bedeutet, daß die Alterung einer Spargelanlage durch einen verminderten Anteil der Handelsklasse I gekennzeichnet ist [4].

### **Bewässerung**

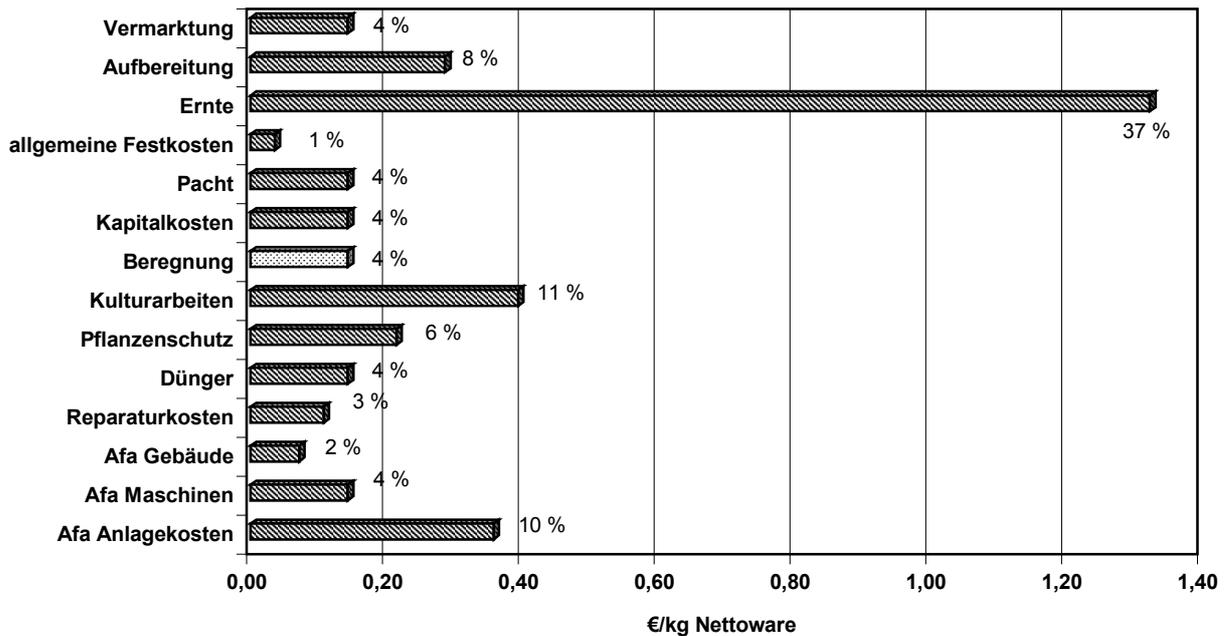
Während der Ernteperiode sind in den Böden meist ausreichende Wasservorräte aus den Winterniederschlägen vorhanden, so daß keine Bewässerung notwendig ist. In manchen Anlagen wird eine Qualitätsberegung in der Erntezeit durchgeführt. Durch sie soll der Boden zur Erhaltung der Stangenqualität kühl und feinkrümelig gehalten werden. Diese Maßnahme wird unter unseren Produktionsbedingungen mit Folienanwendung nicht durchgeführt.

Wie bereits oben beschrieben, hat eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen in der Vegetationsperiode einen deutlichen Einfluß auf den Ertrag im Folgejahr. In verschiedenen Untersuchungen wurden Mehrerträge zwischen 20 und 30 % erzielt. Auf leichten Böden wird der Ertrag relativ stärker durch eine Zusatzbewässerung gesteigert als auf schweren Böden. Auch kann eine Bewässerung die Alterung der Anlage verzögern.

Eine übermäßige Bewässerung sollte jedoch in den Monaten Juli und August vermieden werden, da durch Sauerstoffmangel im Boden die Entwicklung der Pflanze ungünstig beeinflusst wird. Auch zu hohe Niederschläge im September und Oktober können sich auf den nächstjährigen Ertrag negativ auswirken.

### **3.2.4 Kosten der Spargelproduktion**

In Kapitel 3.2.1 wurden bereits die Investitionskosten für die Anlage eines Hektars Spargel genannt. Diese beziehen sich auf das Vorbereitungsjahr und das Pflanzjahr. Im zweiten Jahr und in den folgenden Jahren fallen Kosten für Pflege der Anlage sowie die fixen Kosten (Pacht, etc.) an. Wird bereits ab dem 2. Jahr geerntet, so sind zusätzlich die Erntekosten und der Erlös zu berücksichtigen. In **Bild 3** sind die Kosten für die Erzeugung je kg Spargel dargestellt. Dabei wurde von einem Nettoertrag von 45 dt/ha ausgegangen [5].



**Bild 3: Anteil der verschiedenen Kosten je kg Spargel (geändert nach [5])**

Auf Vermarktung, Aufbereitung und Ernte entfallen mit 49 % fast die Hälfte der Kosten. Die Kulturarbeiten mit 11 % und die AfA für die Anlagekosten mit 10 % stellen die nächsten Kostengrößen dar.

### 3.3 Ökonomische Kenndaten der Bewässerungsverfahren

Im folgenden Kapitel soll näher auf die Kosten für die im Versuch eingesetzten Bewässerungsverfahren eingegangen werden. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um das herkömmliche Verfahren der Überkopfbewässerung mit Kreisregnern und die Tropfbewässerung Unterflur.

#### 3.3.1 Voraussetzungen

Der Vergleich der zwei verschiedenen Bewässerungssysteme soll unter der Voraussetzung erfolgen, daß ein Wasseranschluß am Feld bereits besteht. Die Wasserbereitstellungskosten (Wasserkosten) werden unter den gegebenen Voraussetzungen (Bewässerung aus Tiefbrunnen) folglich als feste Größe angenommen. An dieser Stelle sollte dennoch darauf hingewiesen werden, daß die Wasserbereitstellungskosten eine entscheidende Größe für die Wirtschaftlichkeit von Bewässerungsmaßnahmen sind. Diese können durchaus die Entscheidung für das eine oder andere Wasserverteilungssystem beeinflussen. Bei den Wasserbereitstellungskosten wird ein Betrag von 0,26 €/m<sup>3</sup> angenommen.

Im Vergleich der beiden Systeme werden nur die Kosten der Wasserverteilung berücksichtigt. Hierzu gehören die Kosten der technischen Einrichtung und der Arbeitszeitbedarf bzw. dessen Nutzungskosten.

Die im folgenden aufgeführten Kosten beziehen sich, sofern keine anderen Angaben gemacht werden, auf die Anlage von einem Hektar bewässerter Fläche bei Spargel. Die dargestellten Bewässerungssysteme sollen in ihrem Aufbau dem Stand der Technik entsprechen und in bezug auf die Einstellung der Bewässerungsgaben vergleichbar sein. Die Nutzungsdauer beider Systeme soll der Nutzungsdauer der Spargelanlage entsprechen.

### 3.3.1.1 Überkopfbewässerung

Bei Betrachtung der Überkopfbewässerung wird davon ausgegangen, daß das Wasserverteilungssystem (Rohre, Regner etc.) zu Beginn der Bewässerungssaison Ende Juni aufgebaut und mit ihrem Ende, Anfang September wieder abgebaut wird. Die Anlage soll so ausgelegt sein, daß für die Ausführung eines Bewässerungsvorgangs kein Umsetzen von Rohrleitungen und Regnern notwendig ist. Das Wasserverteilungssystem soll aus folgenden Komponenten bestehen:

Steuereinheit	204,52 €
Magnetventile (drei Stück, mit Verkabelung)	613,56 €
Rohrberegnung mit Stativen und Regnern	2.045,17 €
<b>Investitionskosten</b>	<b>2.863,25 €</b>

In der Bewässerungssaison fallen jährliche Arbeitskosten sowie Kosten für Transportarbeiten etc. an. Für diese sollen folgende Werte angenommen werden:

Aufbau der Anlage zu Saisonbeginn (6 Akh zu 7,67 €/h)	46,02 €
Umstellen wegen Kulturarbeiten (10 Akh zu 7,67 €/h)	76,70 €
Wartungsarbeiten (1 Akh zu 7,67 €/h)	3,67 €
Kontrollgänge (20 Akh zu 7,67 €/h)	153,40 €
Abbau der Anlage zu Saisonende (5 Akh zu 7,67 €/h)	38,35 €
<u>Kosten für betriebseigene Fahrzeuge</u>	<u>10,23 €</u>
<b>jährliche Arbeitskosten</b>	<b>332,37 €</b>

### 3.3.1.2 Unterflurbewässerung

Im Vergleich zur Überkopfbewässerung fallen bei der unterflur verlegten Tropfbewässerung neben den Materialkosten noch Kosten für die Installation des Systems an. Die Unterflurbewässerung verbleibt jedoch über die gesamte Nutzungsdauer der Spargelanlage im Boden, ein Auf- und Abbau der Bewässerung in der Bewässerungssaison entfällt. Für die Unterflurbewässerung fallen Kosten für das Material und Kosten für die Installation an:

#### *Materialkosten:*

Steuereinheit	204,52 €
Filter mit Armatur und Manometer	664,68 €
Magnetventile mit Druckminderer (drei Stück, mit Verkabelung)	920,34 €

Querleitung 100 m (€/m)	358,00 €
Kleinteile, Verbindungsstücke etc.	255,50 €
<u>Tropfschlauch (5.000 m)<sup>1</sup></u>	<u>767,00 €</u>
Materialkosten	3.170,04 €
<i>Installationskosten:</i>	
Mietkosten Bagger für Quergraben (1 Tag)	168,73 €
Arbeitskräfte (32 Akh zu 7,67 €/h)	245,44 €
Beregnungsinstallateur (8 Akh zu 30,68 €/h)	245,44 €
Tropfschläuche einziehen (Lohnunternehmer 4 h/ha, 40,90 €/h)	163,60 €
<u>Transportkosten und Fahrzeuge</u>	<u>20,46 €</u>
Installationskosten	843,67 €
<b>Investitionskosten (Material- und Installationskosten)</b>	<b>4013,41 €</b>

Während der Bewässerungssaison soll mit folgenden Arbeitskosten gerechnet werden:

Kontrolle u. Reparaturen vor Saisonbeginn (4 Akh zu 7,67 €/h)	30,68 €
Wartungsarbeiten (1 Akh zu 7,67 €/h)	7,67 €
<u>Kontrollgänge(20 Akh zu 7,67 €/h)</u>	<u>153,40 €</u>
<b>jährliche Arbeitskosten</b>	<b>191,75 €</b>

Bezüglich des Arbeitsaufwandes und der jährlichen Arbeitskosten liegen bei der Unterflurbewässerung praktisch keine Erfahrungen vor. Die obigen Angaben basieren auf eigenen Schätzungen aus der Versuchsanlage, in der Praxis können die Werte jedoch stark schwanken.

### 3.3.2 Kostenvergleich der beiden Systeme

Im vorherigen Kapitel wurden die Investitionskosten und die jährlichen Arbeitskosten für die Bewässerung von einem Hektar Spargel beispielhaft für zwei verschiedene Bewässerungssysteme dargestellt. Für einen wirtschaftlichen Vergleich der beiden Systeme sind für den Spargelproduzenten die jährlichen Kosten von Interesse. Zu den jährlichen festen Kosten für Abschreibung und Zinsansatz der Anlage kommen die Arbeits- und Wasserkosten hinzu. Im folgenden Berechnungsbeispiel soll die Nutzungsdauer [N] für beide Systeme acht Jahre betragen. Angenommen wird ein Zinssatz [q] von 6 %, die Höhe der jährlichen Reparaturkosten wird mit 2,5 % der Investitionssumme angerechnet. Für die Unterbringung der Rohre und Regner bei der Überkopfbewässerung werden 1 % der Investitionssumme berechnet. Die Kosten für die Wasserbereitstellung werden mit 0,26 €/m<sup>3</sup> angenommen. Bei der Unterflurbewässerung wird aufgrund eines höheren Wassernutzungsgrades ein geringerer Wasserverbrauch gegenüber der Überkopfbewässerung angenommen.

Für die Überkopfbewässerung ergeben sich bezogen auf 1 ha die folgenden jährlichen Kosten:

Investitionskosten [A] (€/ha)	2.836,25 €
Restwert [Rw]	0,00 €

<sup>1</sup> Der Preis für den Tropfschlauch wurde mit 0,30 DM/m angenommen und der daraus resultierende Gesamtpreis für 5.000 m Tropfschlauch in Euro umgerechnet und aufgerundet.

<i>feste Kosten (€/Jahr):</i>	
Zinsansatz $(A+Rw)/2*(q/100)$	85,90 €
Abschreibung $(A-Rw)/N$	357,91 €
Unterbringung	28,63 €

<i>variable Kosten (€/ha):</i>	
Wasserkosten bei Beregnung 100 mm (1 mm = 10 m <sup>3</sup> /ha)	260,00 €
Reparaturkosten	71,58 €
Arbeitskosten	332,37 €

**Summe feste und variable Kosten (€/ha) 1136,39 €**

Für die Unterflurbewässerung ist mit folgenden jährlichen Kosten je Hektar zu rechnen:

Investitionskosten [A] (€/ha)	4013,71 €
Restwert [Rw]	0,00 €

<i>feste Kosten (€/Jahr):</i>	
Zinsansatz $(A+Rw)/2*(q/100)$	120,41 €
Abschreibung $(A-Rw)/N$	501,71 €
Unterbringung	0,00 €

<i>variable Kosten (€/ha):</i>	
Wasserkosten bei Beregnung 60 mm (1 mm = 10 m <sup>3</sup> /ha)	156,00 €
Reparaturkosten	100,34 €
Arbeitskosten	191,75 €

**Summe feste und variable Kosten (DM/ha) 1070,21 €**

Anhand dieser beiden Berechnungsbeispiele kann festgehalten werden, daß die Unterflurbewässerung trotz höherer Investitionskosten bezogen auf die jährlichen Kosten durchaus mit der Überkopfbewässerung vergleichbar ist, ja sogar darunter liegen kann. Da die Preisspanne bei Tropfschläuchen sehr groß ist, können die Investitionskosten alleine für die Tropfschläuche bei Spargel schnell auf über 5.000 €/ha steigen (vgl. Kapitel 2.1.2). Es zeigt sich aber auch, daß die Tropfbewässerung aufgrund des höheren Wassernutzungsgrades vor allem bei höheren Wasserpreisen an Vorzüglichkeit gewinnen kann.

### 3.3.3 Wirtschaftliche Einordnung der Bewässerung in der Spargelproduktion

Die jährlichen Kosten der Bewässerung müssen zumindest durch einen Mehrertrag bzw. Mehrerlös ausgeglichen werden. Während dies bei anderen einjährigen Kulturen noch relativ einfach darzustellen ist, ist das bei einer mehrjährigen Kultur wie Spargel mit verschiedenen Entwicklungsphasen und verschiedenen Auswirkungen einer Zusatzbewässerung schwieriger. Eine Bewässerung kann bei Spargel folgende Effekte haben:

- Steigerung des Gesamtertrages
- Verbesserung der Qualität und Erhöhung des durchschnittlichen Stangengewichtes

- bessere Entwicklung der Anlage in den ersten drei Jahren, dadurch Verbesserung des Ertragspotentials über die gesamte Lebensdauer.

Zu welchen Anteilen die genannten Effekte zum Tragen kommen, hängt von den äußeren Rahmenbedingungen (Klima, Erntedauer etc.) ab und ist deshalb nicht vorhersehbar. Leidet die Anlage zum Beispiel während Ihrer Entwicklungsphase unter Wasserstreß, so können die daraus resultierenden Ertragsverluste durch das schlechtere Ertragspotential in den Folgejahren um ein mehrfaches über den Kosten für eine Zusatzbewässerung liegen. Wird die Nutzungsdauer einer Spargelanlage durch eine zusätzliche Bewässerung verlängert, so hat dies positive Auswirkungen auf die Gesamtkostenrechnung.

Ausgehend von den jährlichen Kosten der Unterflurbewässerung soll ungeachtet der zuvor angerissenen Problematik abgeschätzt werden, welcher Mehrertrag notwendig ist, um die zusätzlichen Kosten der Bewässerung auszugleichen. Dabei müssen auch die mit den Mehrertrag verbundenen Aufwendungen in den anderen Produktionsstufen berücksichtigt werden. Es wird an dieser Stelle davon ausgegangen, daß lediglich bei der Ernte und bei der Aufbereitung Mehraufwendungen entstehen. Bei der Aufbereitung wird eine Sortierleistung von 30 kg je Arbeitskraft in der Stunde angesetzt. Bei 7,67 €/h betragen folglich die Sortierkosten 0,26 €/kg (Wert gerundet). Die Mehraufwendungen bei der Ernte sind sehr schwierig abzuschätzen, da der Mehrertrag auf der gleichen Fläche steht und zum Teil durch eine höhere Stangenzahl aber auch durch ein höheres durchschnittliches Stangengewicht erzielt werden kann. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen wird ein Mehraufwand von 0,10 €/kg für die Ernte angesetzt. Die Ausgangsdaten lauten wie folgt:

Bewässerungskosten:	1.070,21 €/Jahr u. ha
zusätzliche Sortierkosten:	0,26 €/kg
zusätzliche Erntekosten:	0,10 €/kg

Bei einer Ertragserwartung von 8.000 kg/ha (Vollertragsjahr, unbewässert) und einem durchschnittlichen Erlös von 3,32 €/kg Spargel ergeben sich folgende Kosten und notwendiger Mehrertrag:

<b>notwendiger Mehrertrag:</b>	<b>361,56 kg</b>
<u>resultierender Mehrerlös:</u>	<u>1.200,38 €</u>
abzüglich Mehraufwendung Sortierung:	94,01 €
abzüglich Mehraufwendung Ernte:	36,16 €
<u>abzüglich Bewässerungskosten:</u>	<u>1070,21 €</u>
Differenz:	0,00 €

Bei einem Mehrertrag von ca. 362 kg/ha sind die durch die Bewässerung verursachten Mehraufwendungen gedeckt. Dies entspricht, ausgehend von einer Ertragserwartung von 8.000 kg/ha, einer Ertragszunahme von etwa 4,5 %.

## 4 Versuchsergebnisse

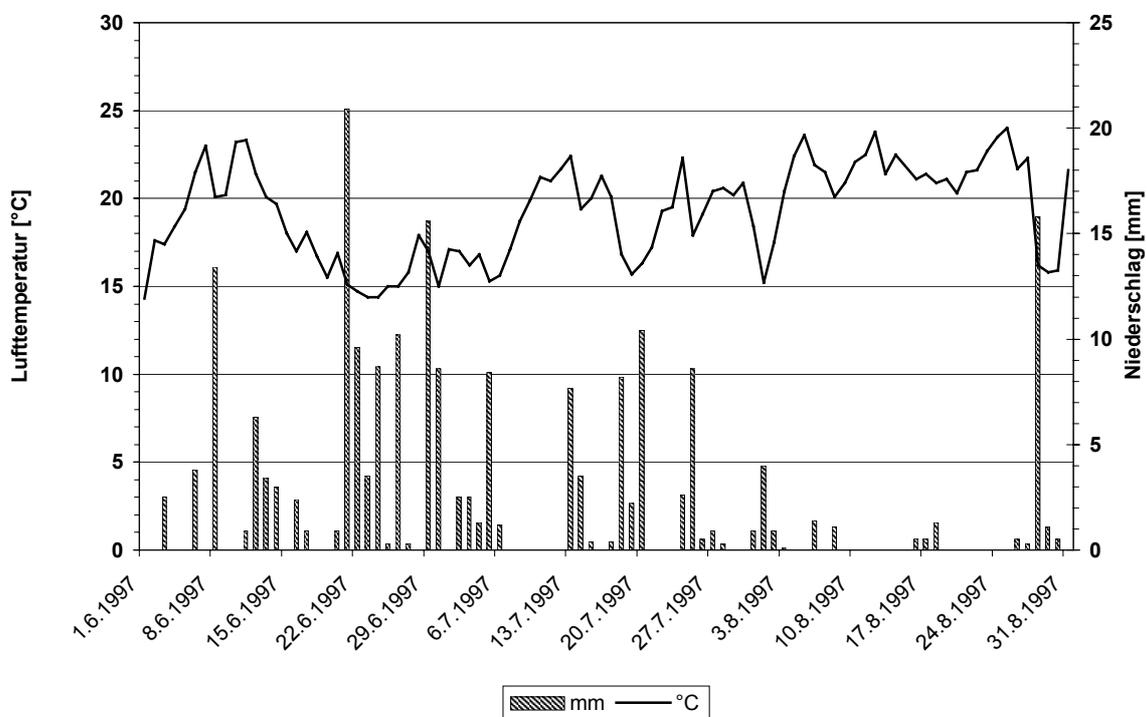
### 4.1 Bewässerungsversuch Feldkirch

Die Jahre 1996 und 1997 waren durch niederschlagsreiche Sommer gekennzeichnet. Dies war natürlich für die Versuchsanstellung sehr ungünstig, da die Versuchsanlage gerade in der für sie wichtigen Entwicklungsphase ausreichend mit natürlichem Niederschlag versorgt war und damit von Seiten der Wasserversorgung beste Voraussetzungen für die Entwicklung der Pflanzen in allen Varianten geschaffen war. Erst das Versuchsjahr 1998/99 brachte einen im Vergleich zu den Vorjahren relativ trockenen Sommer. Das Wurzelwerk der Spargelpflanze ist zu diesem Zeitpunkt (3. Standjahr) jedoch soweit entwickelt, daß sie in der Lage ist, Wasser aus tieferen Bodenschichten zu nutzen und somit zu diesem Zeitpunkt eine zusätzliche Bewässerung für die Entwicklungsphase eine nicht mehr so große Rolle spielt, wie in den ersten beiden Entwicklungsjahren. Nichtsdestotrotz sind die Auswirkungen verschiedenerer Formen der Zusatzbewässerung auf die Kultur in den Vollertragsjahren (4. Bis 6. Standjahr) und zum Ende der Nutzungsdauer hin noch zu prüfen.

#### 4.1.1 Bewässerung

In der Versuchsanstellung wurde im Versuchsjahr 1996 auf eine Bewässerung bewußt verzichtet. Zum einen, da in den Monaten Mai bis September mit 360 mm<sup>2</sup> ausreichender Niederschlag zu verzeichnen war und zum anderen, da die erste Ernte im Folgejahr ohne differenzierte Bewässerung besser Aufschluß über andere Einflüsse (insbesondere Bodeneinflüsse) auf den Ertrag geben kann.

Auch im Versuchsjahr 1997 waren mit 115,2 mm im Juni und 62,5 mm im Juli ausreichende Niederschläge gefallen. Erst zu Anfang August stellte sich ein trockenerer Witterungsabschnitt, der einen ersten Einsatz der Bewässerung ab Mitte August ermöglichte (**Bild 4**).



**Bild 4: Lufttemperatur und Niederschlag am Bewässerungsversuch Juni-August 1997**

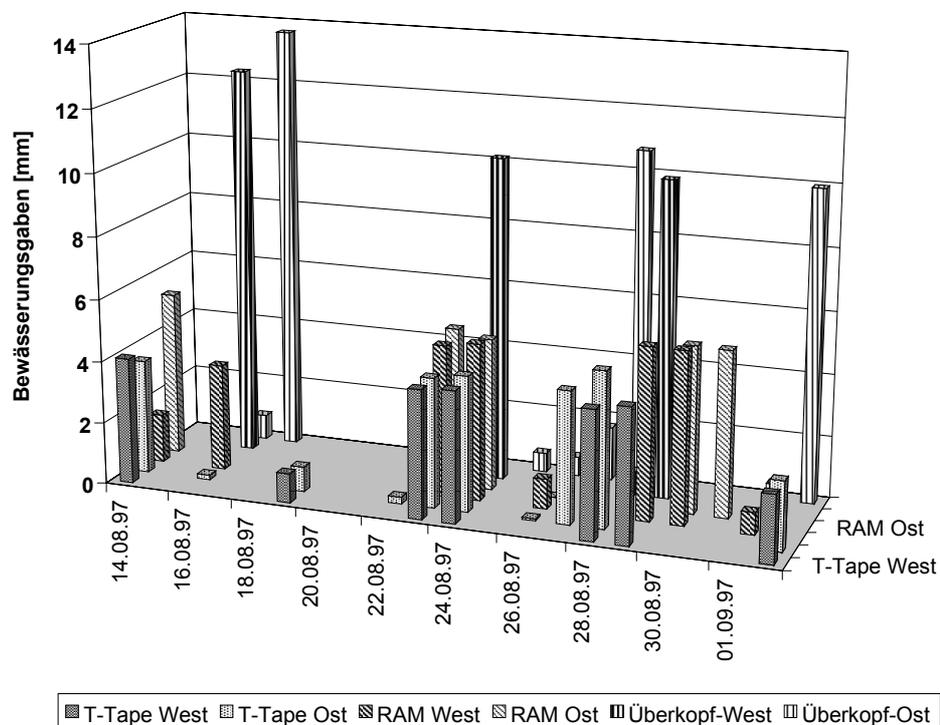
<sup>2</sup> Wert gemessen an der Wetterstation der FEW am Wasserwerk Hausen

Da über die Wirkung der Unterflurbewässerung unter den am Versuchsstandort gegebenen Bodenverhältnissen keine Erkenntnisse vorlagen und um die je Zeiteinheit in den Varianten verbrauchten Wassermengen vergleichen zu können, wurden feste Bewässerungszyklen vorgegeben. Auf eine Steuerung mit Hilfe der Steuertensiometer wurde verzichtet, zumal nur noch zwei Wochen bis Anfang September zur Verfügung standen und eine Zusatzbewässerung ab September nicht mehr sinnvoll ist.

Anhand der technischen Spezifikationen der Unterflursysteme wurde die gewünschte Wassermenge, angegeben in mm, in die entsprechende Betriebszeit der Anlage umgerechnet. Bei den Unterflurbewässerungssystemen wurden je Gabe umgerechnet 10 mm bezogen auf die Pflanzreihe mit einem Meter appliziert. Die Gesamtbewässerungsmengen in den einzelnen Varianten sind in **Tabelle 3** und die Einzelgaben in **Bild 5** dargestellt.

**Tabelle 3: Gesamtbewässerungsmenge in den Varianten 1997**

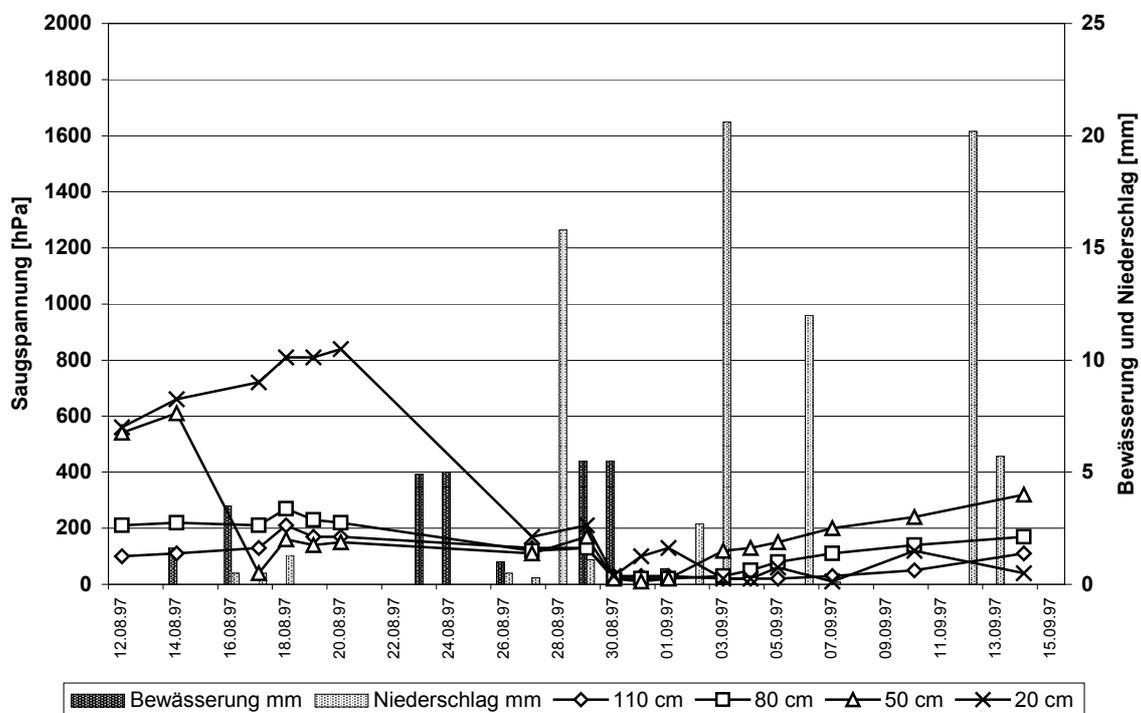
Abschnitt	Reihenzahl	Fläche in m <sup>2</sup>	Gabe in mm
Überkopf Westseite	12	2400	34,5
Überkopf Ostseite	12	2400	38,6
T-Tape Westseite	7	3010	26,5
T-Tape Ostseite	8	3440	27,8
RAM Westseite	7	3010	28,6
RAM Ostseite	7	3010	27,1



**Bild 5: Bewässerungsgaben in mm in allen Varianten 1997**

Die zu gebende Wassermenge wurde bei der Überkopfbewässerung höher gewählt als bei den Unterflursystemen, da eine ca. 30 cm dicke Bodenschicht bis zu den Spargelwurzeln durchfeuchtet werden muß. Die Betriebszeiten der einzelnen Systeme wurde so gewählt, daß die Unterflursysteme auch zum Teil in den Nachtstunden in Betrieb ging. Die Überkopfsysteme wurden so eingestellt, daß sie ihren Betrieb in den frühen Morgenstunden aufnehmen.

Nach einer Bodenprobennahme am 18. August 1997 war ein deutlicher Entzug von Stickstoff durch die Pflanzen feststellbar, so daß eine Düngung auf einen Sollwert von 60 kg N/ha notwendig wurde. Diese erfolgte in der letzten Augustwoche über die Bewässerungsanlage, da diese zu diesem Zeitpunkt die beste Form der Düngergabe darstellte. Bei den Unterflursystemen wurde die Düngerstation mit der Dosiereinheit über einen Bypass an die Verteilerarmatur im Bewässerungsschacht angeschlossen. Da für die Überkopfsysteme keine Anschlußmöglichkeit für eine Düngestation im Schacht besteht, wurde diese in die Zuleitung zu den beiden Überkopfabschnitten gekoppelt. In **Bild 6** werden die Saugspannungswerte im Boden in den Tiefen 20 cm, 50 cm, 80 cm und 110 cm in Zusammenhang mit der Unterflurbewässerung (RAM) und den Niederschlägen dargestellt.



**Bild 6: Saugspannungswerte im Boden bei Unterflurbewässerung (Parzelle 16, RAM)**

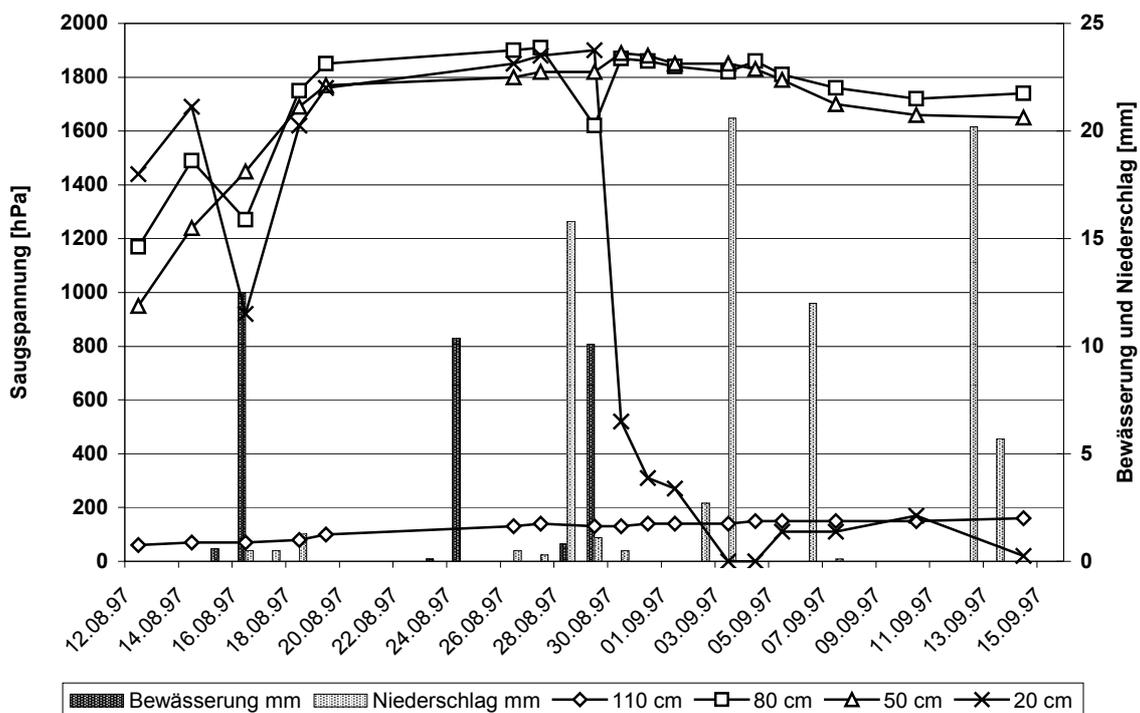
Die erste Bewässerungsgabe für die Unterflursysteme wurde am 14.08.1997 mit einer Sollvorgabe von jeweils 5 mm, bezogen auf die Gesamtfläche eingestellt. Hierbei wurde anhand der Wasseruhren festgestellt, daß im Bewässerungsblock RAM West (vgl. Bild 5) nicht die gewünschte Menge Wasser gegeben wurde. Die bis dahin unbekannte Ursache lag darin, daß gegen 20 Uhr (wie auch morgens um 11 Uhr für ca. zwei Stunden) die Hauptstromversorgung zur Pumpenanlage im Brunnen für ca. eine Stunde abgeschaltet wird und somit kein Wasser zur Verfügung steht. Die programmierte Bewässerungszeit wurde zwar von der Steuerung eingehalten, jedoch stand ausgerechnet in diesem Bewässerungszyklus (Dauer

120 Minuten) über den gesamten Zeitraum nicht die volle Wassermenge zur Verfügung. Die fehlende Gabe wurde nach Klärung der Ursache am 16.08.1997 nachgeholt.

Der am 14. und 16.08.1997 durchgeführte Bewässerungszyklus ergab für den Meßpunkt in 50 cm Bodentiefe (20 cm unter der Tropferleitung) einen deutlich niedrigeren Saugspannungswert als vor der Bewässerung. In den Tiefen 80 cm und 110 cm war noch keine Änderung des Wassergehalts im Boden festzustellen. Auch in 20 cm Tiefe, also 10 cm über der Tropferleitung, konnte kein Effekt durch die Bewässerung festgestellt werden. Aufgrund eines Gerätedefektes der Ableseeinheit für die Sensoren konnten zwischen dem 21. und 26.08.1997 keine Werte abgelesen werden. Da in diesem Zeitraum jedoch steigende Saugspannungswerte zu erwarten waren und die ersten Bewässerungsmaßnahmen in den tieferen Bodenschichten noch keine großen Effekte zeigten, wurde am 23. und 24.08.1997 jeweils eine Gabe von 5 mm gegeben. Die nächsten Messungen am 27.08.1997 ergaben für alle Tiefen Saugspannungswerte zwischen 110 und 170 hPa. Die beiden letzten Bewässerungsgaben am 29. und 30.08.1997 standen in Verbindung mit der bereits vorher erwähnten Düngemaßnahme. Diese war zu diesem Zeitpunkt die geeignetste Methode, um den Pflanzen die noch notwendigen Nährstoffe zu geben. Bis Mitte September stiegen die Saugspannungswerte trotz hoher natürlicher Niederschläge leicht an. Bis zum Ende der Messungen Mitte Oktober lagen die Saugspannungswerte in allen Tiefen trotz vermehrter Niederschläge zwischen 400 hPa und 1.400 hPa.

An den anderen, jeweils in den unterflur bewässerten Varianten installierten Meßstellen, konnten vergleichbare Beobachtungen wie zuvor beschrieben gemacht werden. Diese bildeten ebenfalls die Entscheidungsgrundlage für die Bewässerungsgaben.

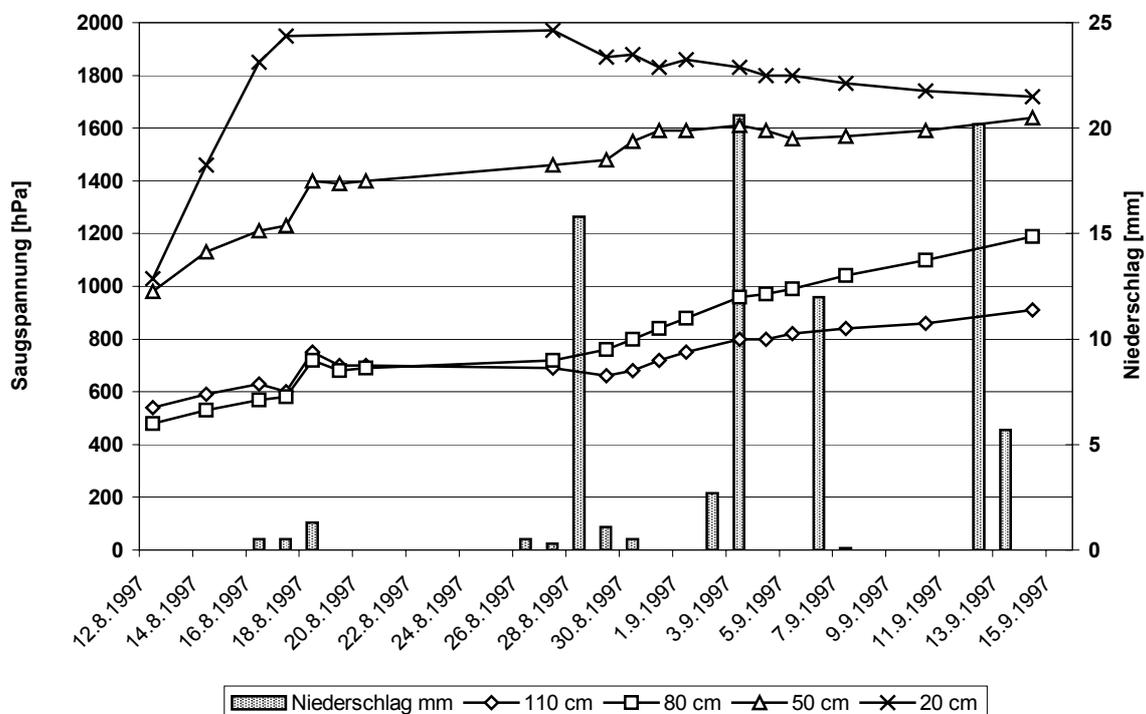
Die Wassergehaltsänderungen in verschiedenen Bodentiefen bei der herkömmlichen Bewässerung Überkopf wird in **Bild 7** gezeigt.



**Bild 7: Saugspannungswerte im Boden bei Überkopfbewässerung**

Eine erste Gabe mit 12,5 mm am 16.08.1997 macht sich in 20 cm Bodentiefe sofort durch ein Absinken der Saugspannung von 1.690 hPa auf 920 hPa bemerkbar. Durch die warme Witterung mit Durchschnittstemperaturen knapp über 20 °C jedoch stieg die Saugspannung in dieser Tiefe wieder auf 1620 hPa an. Auffällig ist das Absinken des Saugspannungswertes in 80 cm Tiefe um 220 hPa, während in 50 cm Tiefe keinerlei Änderungen festzustellen sind. Eine mögliche Ursache für dieses Verhalten kann im Vordringen des Bewässerungswassers durch Risse im Boden direkt an die Meßstelle in 80 cm Tiefe liegen. Die Saugspannung steigt aber kurz darauf wieder auf über 1.800 hPa an. Eine weitere Gabe am 24.08.1997 mit knapp über 10 mm macht sich in keiner der gemessenen Bodentiefen bemerkbar. Erst ein Niederschlag von 16 mm in Verbindung mit einer Bewässerungsgabe von ca. 10 mm am 28. und 29.08.1997 bewirkt ein deutliches Absinken der Saugspannung in 20 cm Tiefe auf einen Wert von etwas über 500 hPa. Durch weitere Niederschläge in der ersten Septemberhälfte sinkt dieser weiter auf Werte unter 200 hPa. In den Tiefen 50 cm und 80 cm sinken die Saugspannungswerte ungeachtet der Niederschläge kaum. In 110 cm Bodentiefe verbleiben die Saugspannungswerte über den gesamten Betrachtungszeitraum unter 200 hPa. Der Grund für die dauerhaft niedrigen Werte in 110 cm ist im Vorhandensein einer hydraulischen Wasserscheide in diesem Bereich zu suchen. In diesem ändern sich der hydraulische Gradient kaum noch.

Wird auf eine zusätzliche Bewässerung gänzlich verzichtet, so steigen die Saugspannungswerte in fast allen Bodentiefen über den Betrachtungszeitraum an (Bild 8). Bis etwa um den 19.08.1997 ist der Anstieg aller Werte noch relativ stark, danach steigen die Werte nur noch langsam. Im Gegensatz zur Darstellung bei der Überkopfbewässerung zeigt der Sensor in 20 cm nur geringe Reaktionen auf die gefallenen Niederschläge. Erst nach dem 28.08.97 sinken die Saugspannungswerte in 20 cm Tiefe langsam ab, während in den anderen Tiefen die Werte weiter steigen.



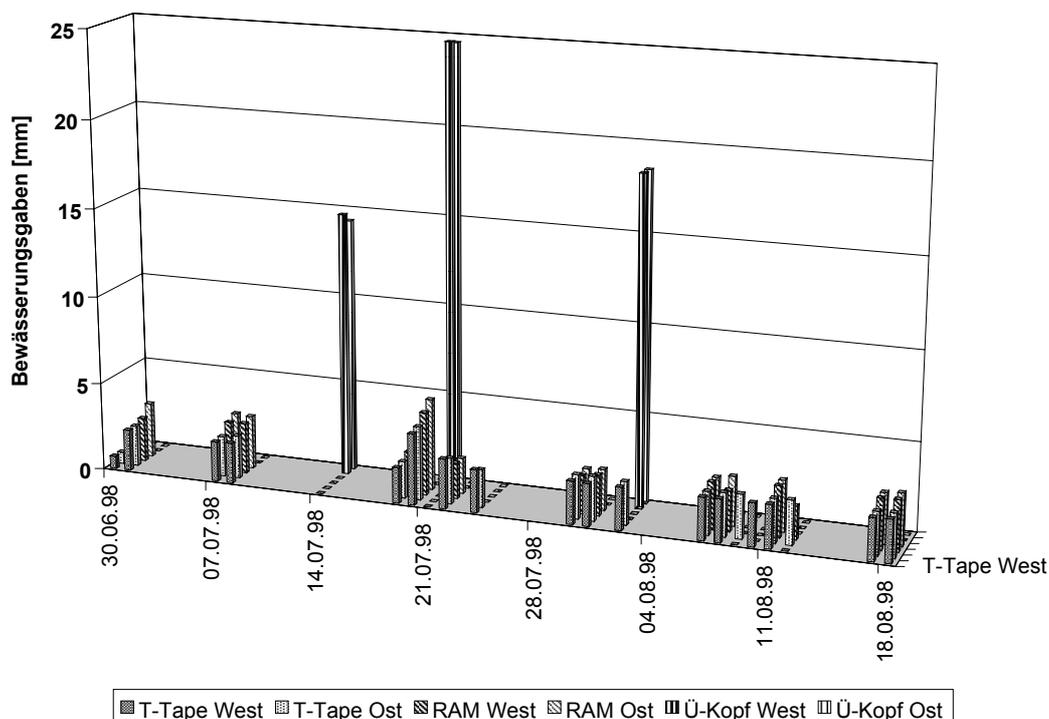
**Bild 8: Saugspannungswerte im Boden ohne Zusatzbewässerung**

Im Versuchsjahr 1998 wurde in der Bewässerungszeit wie 1997 in den verschiedenen Varianten die Bodenfeuchtwerte aufgenommen. Auf die Meßtiefe 110 cm wurde verzichtet, da hier aufgrund der Ergebnisse im Vorjahr keine neuen Erkenntnisse zu erwarten waren und erheblicher Arbeitsaufwand eingespart werden konnte. Die Bewässerung wurde im Sommer 1998 erstmals mit Hilfe der Steuertensiometer durchgeführt. Diese wurden etwa 10 cm unterhalb und 3 cm seitlich der Tropferleitung direkt unter einer Tropfstele platziert. Die Steuertensiometer wurden so eingestellt, daß bei Saugspannungswerten unter 200 hPa die Bewässerung unterbunden werden sollte. Die Überkopfbewässerung wurde 1998 ab Mitte Juli nach den Empfehlungen des vom Deutschen Wetterdienst und BLHV erstmals angebotenen Beregnungsinformationsdienstes (BID) gesteuert. Unter Berücksichtigung der Bodenkennwerte und der zu bewässernden Kultur werden in der Bewässerungsaison zweimal wöchentlich nach vorheriger Übermittlung der gefallenen Niederschläge und Bewässerungsgaben spezielle Beregnungsempfehlungen herausgegeben. Diese Empfehlung kann der Nutzer, vergleichbar dem Wetterfax, über sein Faxgerät abrufen und umsetzen.

In **Tabelle 4** werden die Gesamtbewässerungsmengen 1998 dargestellt und in **Bild 9** die jeweiligen Einzelgaben veranschaulicht.

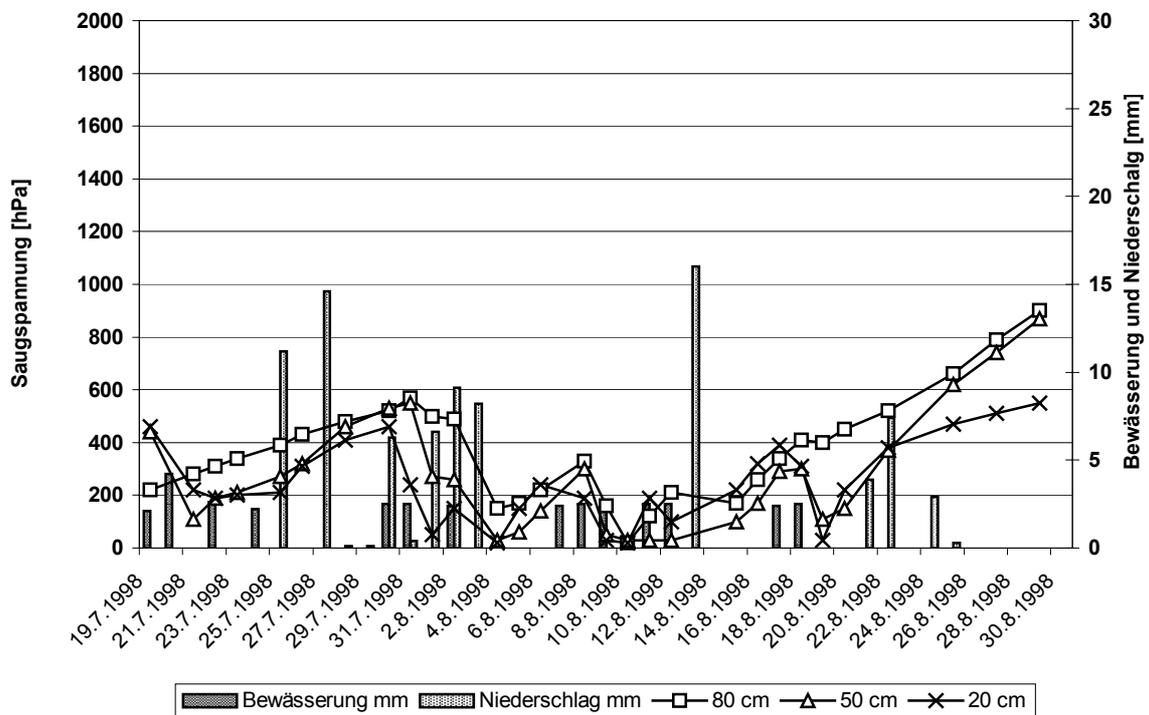
**Tabelle 4: Gesamtbewässerungsmenge in den Varianten 1998**

Abschnitt	Reihenzahl	Fläche in m <sup>2</sup>	Gabe in mm
Überkopf Westseite	12	2400	58,2
Überkopf Ostseite	12	2400	57,5
T-Tape Westseite	7	3010	40,7
T-Tape Ostseite	8	3440	43,4
RAM Westseite	7	3010	37,9
RAM Ostseite	7	3010	38,5

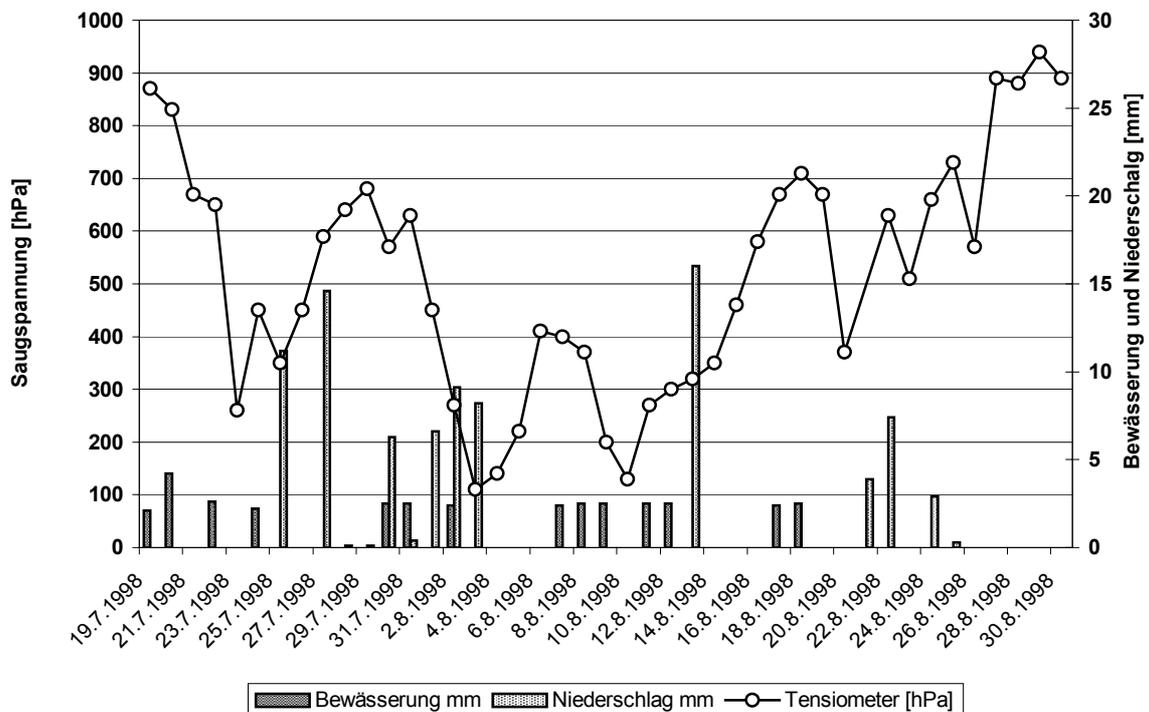


**Bild 9: Bewässerungsgaben in mm in allen Varianten 1998**

**Bild 10** stellt den Verlauf der Saugspannung vom 19.07.98 bis 30.08.98 bei Unterflurbewässerung dar. Ab 23.07.98 wurden die Steuertensiometer in die Bewässerungssteuerung eingebunden und die Bewässerungszeiten seitens des Steuergerätes auf täglichen Betrieb mit festen Zeiten eingestellt. Die am Steuertensiometer gemessenen Saugspannungswerte werden im folgenden **Bild 11** dargestellt.



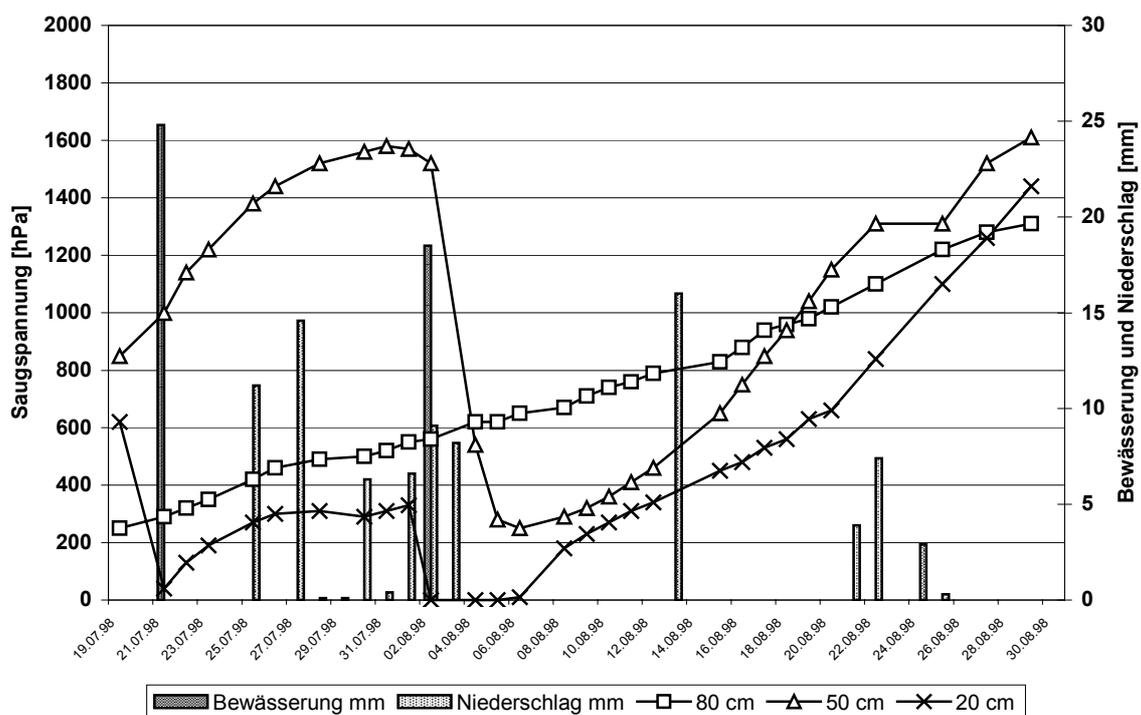
**Bild 10: Saugspannungswerte im Boden bei Unterflurbewässerung (T-Tape, Parzelle 10)**



**Bild 11: Saugspannungswerte gemessen am Steuertensiometer bei Unterflurbewässerung (T-Tape)**

In den Tiefen 20 und 50 cm ist eine deutliche Abnahme der Saugspannung nach den Bewässerungsgaben am 19. und 20.07.1998 festzustellen (Bild 9). In 80 cm Tiefe sind keine Veränderungen zu bemerken. Zwischen dem 25. und 29.07.1998 war aufgrund von Reparaturarbeiten im Brunnen keine Bewässerung möglich. In dieser Zeit stiegen die Saugspannungswerte in allen Tiefen auf Werte zwischen 400 und 600 hPa an. Nach Wiedereinsetzen der Bewässerung und natürlichen Niederschlägen fallen die gemessenen Saugspannungswerte in allen Tiefen auf Werte unter 200 hPa. Am 01.08.1998 mußte im Tensiometer nach Aufnahme des Meßwertes von 450 hPa das fehlende Wasser aufgefüllt werden. Die für den Mittag eingestellte Bewässerung wurde daraufhin nicht ausgeführt, da die Saugspannung im Tensiometer zu diesem Zeitpunkt noch nicht über dem Schalterpunkt (200 hPa) lag. Erst am darauffolgenden Tag (02.08.1998), nachdem sich ein Saugspannungswert von knapp 300 hPa am Tensiometer eingestellt hatte, wurde die eingestellte Bewässerung auch ausgeführt. Nachdem am 03.08.1998 an drei von vier Steuertensiometern die gemessenen Saugspannungen alle unter 200 hPa lagen, jedoch am vierten darüber, wurde die Bewässerung manuell ausgesetzt. Am 07.08.1998 wurde das Bewässerungsprogramm, nachdem an allen Steuertensiometern die Saugspannungswerte über 200 hPa lagen, wieder aktiviert. An den folgenden drei Tagen wurde das eingestellte Bewässerungsprogramm ausgeführt, bis das Programm am 10.08.1998 durch das Steuertensiometer ausgesetzt wurde. An den zwei folgenden Tagen lagen die Saugspannungswerte am Tensiometer über dem Schalterpunkt, die Bewässerung wurde ausgeführt. Nach einem heftigen Niederschlag am 13.08.1998 gegen 2 Uhr wurde das Bewässerungsprogramm manuell abgeschaltet, da auch die Meßwerte der anderen Bodenfeuchtesensoren ausreichende Bodenfeuchte signalisierten. Nach Wiederanstieg der Meßwerte wurde das Programm am 16.08.1998 wieder eingeschaltet, jedoch wurde an diesem Tag das Programm aufgrund eines Ausfall des Steuergerätes nicht ausgeführt. In den zwei darauf folgenden Tagen wurde die Bewässerung programmgemäß ausgeführt, bis am 19.08.1998 die Bewässerungsphase endgültig abgeschlossen wurde.

Im folgenden **Bild 12** sind die Saugspannungswerte bei Überkopfbewässerung dargestellt.

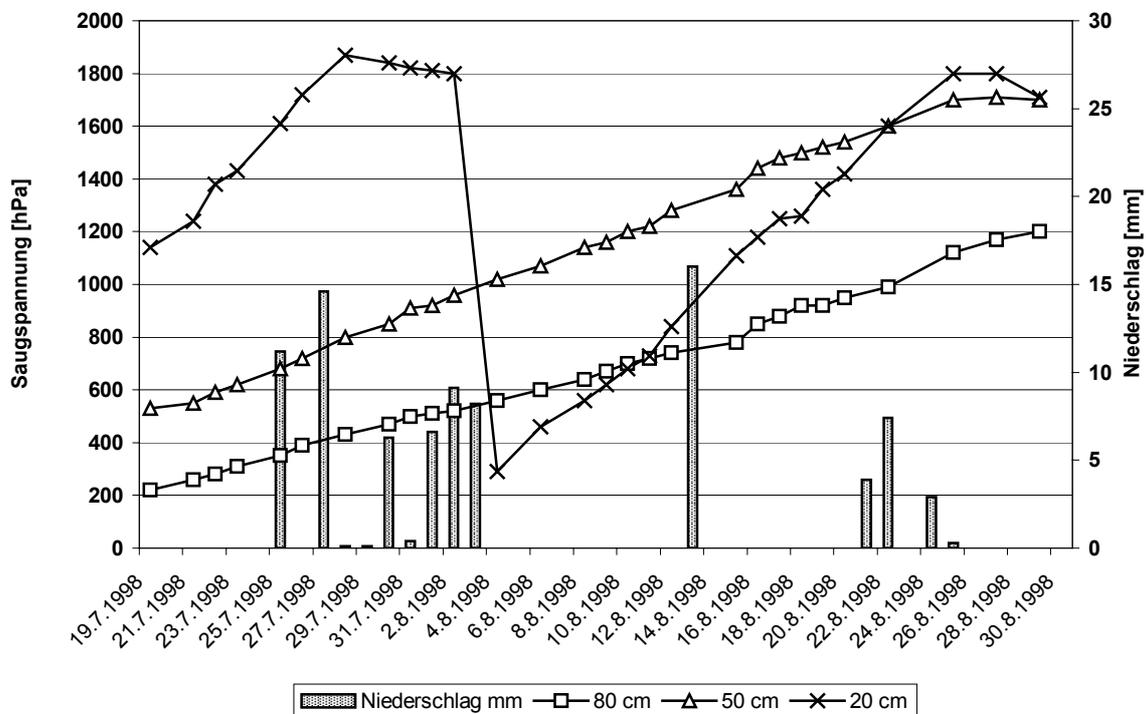


**Bild 12: Saugspannungswerte bei Überkopfbewässerung**

Eine erste Gabe mit 15 mm erfolgte am 14.07.1998, danach wurde die Beregnung aufgrund der Empfehlungen des Beregnungsinformationsdienstes durchgeführt. Der Ausfall der Bewässerungsanlage zwischen dem 25. und 29.07.1998 verhinderte allerdings zum Teil die Umsetzung der Empfehlungen.

Aufgrund einer Empfehlung des BID erfolgte am 21.07.1998 eine Bewässerungsgabe von 25 mm. In 20 cm Bodentiefe ist eine deutliche Wirkung der Bewässerung erkennbar, in den anderen Tiefen jedoch nicht. Am 24.07.1998 erfolgte eine weitere Empfehlung mit 23 mm für den 26.07.1998. Diese konnte jedoch nicht realisiert werden. Nach zwei Niederschlagsereignissen am 25. und 27.07.1998 mit zusammen etwa 26 mm folgten keine weiteren Empfehlungen. Nach weiteren Niederschlägen bis zum Ende des Monats zeigte sich in 20 cm Bodentiefe eine Änderung des Wassergehaltes, in den anderen Tiefen waren bis zu diesem Zeitpunkt keine Änderungen des Bodenwassergehaltes feststellbar. Aufgrund der gemessenen Saugspannungswerte wurde unabhängig von den Empfehlungen des BID eine Bewässerungsgabe von 20 mm für die Nacht vom 1. auf den 02.08.1998 eingestellt. Auf die Bewässerung folgten am 02.08.1998 nachmittags und am folgenden Tag Niederschläge in Höhe von 17 mm. Erst nach diesen Niederschlagsereignissen in Verbindung mit der Bewässerung konnte auch in 50 cm Bodentiefe eine Änderung des Saugspannungswertes gemessen werden, in 80 cm war allerdings keine Änderungen zu erkennen. In der Zeit nach Anfang August wurden keine weiteren Beregnungsempfehlungen gegeben. Die Saugspannungswerte stiegen bis Mitte August in allen Tiefen auf Werte zwischen 600 und 800 hPa, woraufhin auf weitere Bewässerungsmaßnahmen verzichtet wurde. Weitere Niederschläge bis zum Monatsende führten zu keinen weiteren Änderungen bei den Meßwerten.

In **Bild 13** ist der Verlauf der Saugspannungswerte in den verschiedenen Bodentiefen ohne zusätzliche Bewässerung dargestellt.



**Bild 13: Saugspannungswerte im Boden ohne Zusatzbewässerung**

In den Bodentiefen 50 und 80 cm steigen die Saugspannungswerte im dargestellten Zeitraum von 220 bzw. 530 hPa auf 1.200 bzw. 1.700 hPa kontinuierlich an. Lediglich Niederschläge Ende Juli und Anfang August zeigten in 20 cm Bodentiefe eine Wirkung.

#### 4.1.2 Erträge und Sortierungen

Die erste Ernte im Bewässerungsversuch wurde 1997 durchgeführt. Ein warmer Witterungsabschnitt im Februar 1997 ermöglichte einen zeitigen Beginn der Außenarbeiten. Nach dem Fräsen und Aufdämmen der Spargelfelder im März konnten bereits Anfang April die ersten Spargel geerntet werden. Im Versuch wurde am 11.04.1997 mit der Ernte begonnen und am 08.05.1997 nach 20 Erntetagen in dieser Zeit beendet. Niederschläge Ende April zögerten den für eine Spargelanlage im zweiten Standjahr notwendigen rechtzeitigen Ernteabschluß hinaus. In **Tabelle 5** sind die Erträge und Anteile der Sortierungen dargestellt.

**Tabelle 5: Erträge und Anteile der Sortierungen in den Varianten 1997 (ohne differenzierte Bewässerung)**

	Überkopfbe- wässerung	Kontrolle	T-Tape	RAM
<b>Gesamtertrag</b>	20,2 dt/ha	19,1 dt/ha	18,5 dt/ha	19,4 dt/ha
<b>Sortierungen</b>				
I weiß 26-36	0,8 %	0,0 %	0,5 %	0,2 %
I weiß 16-26	18,9 %	18,0 %	17,5 %	19,7 %
I weiß 12-16	13,8 %	15,0 %	15,5 %	13,7 %
I weiß kurz	0,3 %	0,3 %	0,4 %	0,4 %
II weiß 16+	25,4 %	21,7 %	26,5 %	26,5 %
II weiß+violett 16+	11,9 %	12,6 %	9,4 %	10,2 %
II weiß+violett 12+	21,5%	24,1 %	21,6 %	20,9 %
II weiß+violett 8+	7,4 %	8,3 %	8,6 %	8,4 %
II weiß/violett kurz	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

In allen Varianten sind in den jeweiligen Erträgen und Sortierungen keine besonderen Differenzierungen erkennbar. Der größte Anteil der geernteten Spargel entfällt auf die Klasse *II weiß 16+*. Werden zu dieser Klasse noch die Sortierungen der Klasse *II weiß + violett 16+* hinzugenommen, so liegt deren zusammengefaßter Anteil zwischen 34,3 und 37,3 %. In der Klasse II folgen die Sortierungen *weiß + violett 12+* mit Anteilen zwischen 20,9 und 24,1 % und *weiß + violett 8+* mit Anteilen zwischen 7,4 und 8,4 %. In der Klasse I haben die Sortierungen *I weiß 16-26* gefolgt von *I weiß 12-16* den größten Anteil. Die Klassen *I weiß 26-36* und die kurzen Klassen sind nur mit einem sehr geringen Anteil vertreten.

Der Start der Versuchsbeerntung 1998 zögerte sich aufgrund eines Kälteeinbruchs in der ersten Aprilhälfte auf den 20. April hinaus. Nach 41 Erntetagen wurde die Ernte am 1. Juni abgeschlossen. Bis zum 7. Mai lagen die Tagesmittelwerte der Lufttemperatur zwischen 10

und 15 °C, stiegen jedoch innerhalb kurzer Zeit auf Werte im Mittel über 22 °C. Durch diesen Temperaturanstieg mit Tageshöchsttemperaturen über 30 °C erhöhten sich die täglichen Erntemengen deutlich. Erst in der zweiten Maihälfte sanken die Temperaturen im Mittel auf 15 bis 18 °C ab. Die Erträge und Anteile der Sortierungen sind in **Tabelle 6** dargestellt.

**Tabelle 6: Erträge und Anteile der Sortierungen in den Varianten 1998**

	<b>Überkopfbe- wässerung</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>T-Tape</b>	<b>RAM</b>
<b>Gesamtertrag</b>	68,4 dt/ha	73,8 dt/ha	74,9 dt/ha	77,9 dt/ha
<b>Sortierungen</b>				
I weiß 26-36	0,6 %	0,6 %	0,4 %	0,5 %
I weiß 16-26	8,1 %	7,4 %	7,4 %	7,9 %
I weiß 12-16	5,6 %	5,6 %	5,6 %	4,4 %
I weiß kurz	0,9 %	0,4 %	0,5 %	0,5 %
II weiß 16+	31,1 %	32,5 %	35,5 %	33,7 %
II weiß+violett 16+	8,7 %	5,9 %	8,0 %	10,3 %
II weiß+violett 12+	34,9 %	36,5 %	33,1 %	33,9 %
II weiß+violett 8+	9,9 %	10,8 %	9,3 %	8,4 %
II weiß/violett kurz	0,2 %	0,3 %	0,2 %	0,4 %

Mit Erträgen zwischen 68,4 und 77,9 dt/ha konnten für eine Spargelanlage im zweiten Erntejahr sehr ordentliche Erträge erreicht werden. Die Ertragsunterschiede der einzelnen Varianten, bezogen auf die Kontrollvariante, waren erwartungsgemäß jedoch so gering, daß ein Einfluß der Bewässerung nach einer niederschlagsreichen Vegetationsphase im Jahr zuvor statistisch nicht abgesichert werden kann. Mit 74,9 dt/ha bei der Variante T-Tape bzw. 77,9 dt/ha bei der Variante RAM lagen die Erträge um 1,1 bzw. 4,1 dt/ha über dem Ertrag in der Kontrollvariante. Auffällig ist jedoch der um 5,4 dt/ha geringere Ertrag gegenüber der Kontrollvariante bei der Überkopfbewässerung.

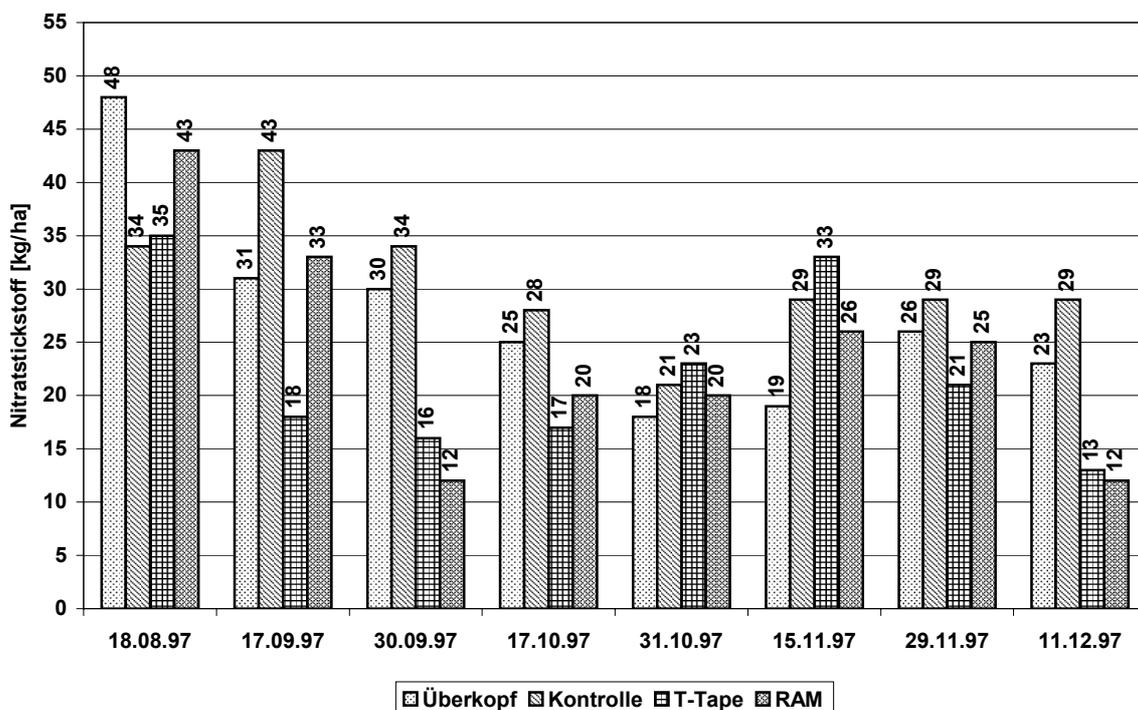
Bei Betrachtung der Anteile der einzelnen Sortierungen sind, wie bereits im Vorjahr, nur sehr geringe Unterschiede in den Sortierungen zwischen den Varianten zu erkennen. Vergleicht man jedoch die Anteile der einzelnen Klassen mit denen des Vorjahres, so werden deutliche Verschiebungen zwischen den einzelnen Klassen deutlich. Die Klassen *II weiß 16+* und *II weiß 12+* stellen mit jeweils zusammengerechnet annähernd 70 % die größten Anteile aller Sortierungen dar. Die Anteile der Klasse *I weiß 16-26* und *I weiß 12-16* fallen gegenüber 1997 deutlich geringer aus. Die Unterschiede in den Klassen *II weiß + violett 16+* und *II weiß + violett 8+* sind im Vergleich zum Vorjahr nicht so groß. Alle anderen Sortierungen sind wiederum nur mit einem sehr geringen Anteil vertreten.

Die Versuchsbeerntung des Jahres 1999 dauert derzeit noch an und wird erst zwischen dem 15. und 20. Juni 1999 beendet werden. Aussagen zur Ernte 1999 können erst nach Abschluß der Ernte und Auswertung der gesammelten Daten getroffen werden.

### 4.1.3 Bodenuntersuchungen

Spargel stellt im Laufe der Bestandesentwicklung über die gesamte Nutzungsdauer unterschiedliche Ansprüche an den  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden. Im Pflanzjahr ist der Stickstoffbedarf mit 3,0 g N/Pflanze sehr gering. Dieser Wert entspricht bei 13.500 Pflanzen/ha einem Bedarf von ca. 40 kg N/ha. Im zweiten Standjahr wird wesentlich mehr Stickstoff durch die Pflanzenwurzeln aufgenommen, da der Wurzelspeicher in diesem Jahr sein größtes Jahreswachstum hat. Der Bedarf pro Pflanze liegt in diesem Jahr bei 14 g/N bzw. etwa 180 kg N/ha. Ab dem dritten Standjahr verfügt eine Spargelkultur zu Beginn der Ernte über eine Reserve von 300 kg N/ha im Wurzelspeicher, so dass weiterer Stickstoff nur zum Ausgleich der Feldabfuhr durch die Ernte, für die Vergrößerung des Wurzelspeichers und für den im Herbst im trockenen Spargelkraut verbleibenden Stickstoff benötigt wird. Der Bedarf pro Pflanze liegt ab diesem Standjahr bei 7 g N/ha bzw. 100 kg N/ha [7].

Im Versuchsjahr 1997 wurden im Untersuchungszeitraum nach Ende der Ernte mehrere Bodenuntersuchungen auf  $N_{\min}$  durchgeführt. Die für die Berechnung der Düngung notwendige Beprobung nach Erntende (8. Mai 1997) ergab für die gesamte Versuchsfläche in der Tiefe 0-30 cm 56 kg N, in der Tiefe 30-60 cm 20 kg und in der Tiefe 60-90 cm 18 kg N. Ausgehend von diesen Untersuchungsergebnissen, dem Bedarf der Pflanzen im zweiten Standjahr entsprechend und unter Berücksichtigung der Berechnungsgrundlagen für die Düngung in Wasserschutzgebieten, wurden die notwendigen Düngemaßnahmen durchgeführt. Ende August war nach vorhergegangenen Untersuchungen ein deutlicher Entzug des Stickstoff durch die Pflanzen feststellbar, so daß eine Düngung über die Bewässerungsanlage auf einen Sollwert von 60 kg N durchgeführt wurde. In **Bild 14** sind die gemessenen  $N_{\min}$ -Werte aufsummiert über die Bodentiefe 0 bis 90 cm dargestellt. **Tabelle 7** stellt die jeweiligen Einzelwerte in den beprobten Schichten dar.



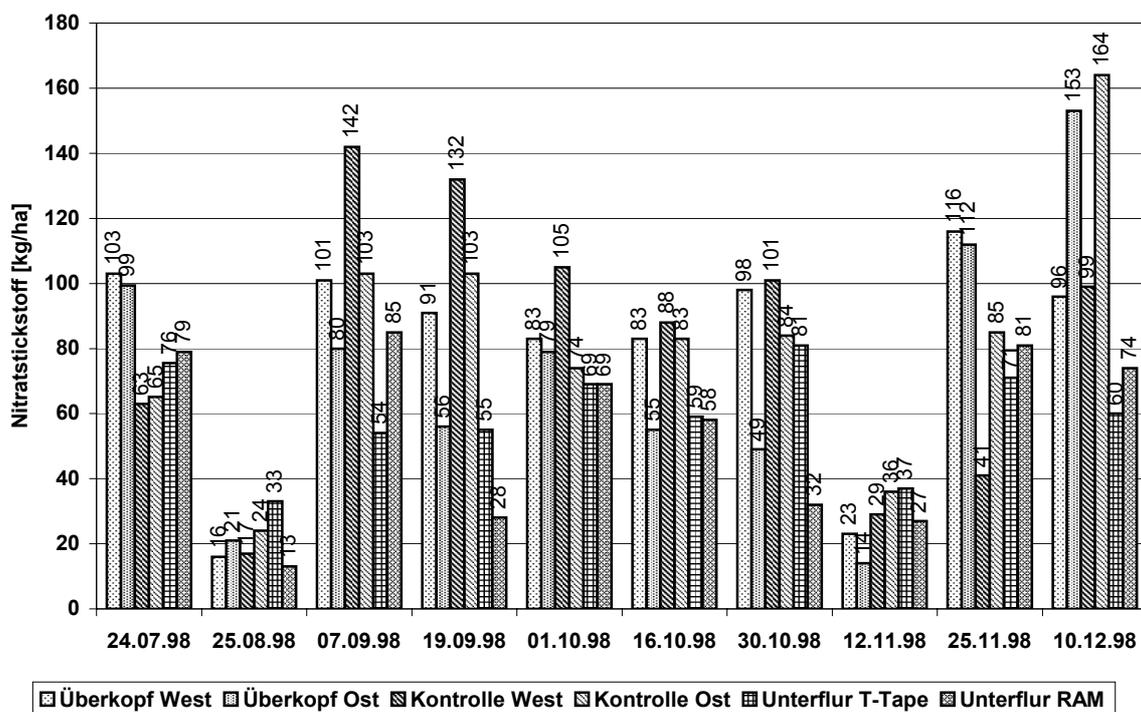
**Bild 14:** Gesamt Nitratstickstoff in der Bodentiefe 0 bis 90 cm (1997)

**Tabelle 7: N<sub>min</sub>-Gehalt in den beprobten Bodenschichten 1997 (kg N/ha)**

	Überkopf			Kontrolle			T-Tape			RAM		
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm									
18.08.97	35	5	8	20	6	8	19	4	12	28	6	9
17.09.97	18	8	5	27	8	8	5	3	10	18	9	6
30.09.97	20	5	5	24	4	6	10	3	3	5	3	4
17.10.97	11	5	9	16	7	5	8	5	4	8	5	7
31.10.97	10	4	4	10	4	7	8	6	9	6	7	7
15.11.97	7	7	5	9	12	8	6	17	10	6	10	10
29.11.97	8	12	6	8	15	6	6	6	9	6	7	12
11.12.97	9	8	6	9	10	10	4	3	6	3	3	6

Die Bodennitratgehalte liegen bei allen Probestermi- nen - abgesehen von der Überkopf- variante am 18.08.1997 - unterhalb des SchALVO-Grenzwertes von 45 kg N/ha. Bei Be- trachtung der Nitratgehalte in den einzelnen Schichten fallen die zu allen Probestermi- nen niedrigen Nitratwerte in der untersten Schicht 60 - 90 cm auf. Sie schwanken bei allen Vari- anten zwischen 4 und 10 kg N/ha. Das gleiche Bild zeigt sich in der Schicht 60 - 90 cm. Hier schwanken die Werte ebenfalls zwischen 4 und 10 kg, abgesehen von einzelnen Werten bis maximal 17 kg. Lediglich in der obersten Bodenschicht 0 - 30 cm werden noch die höchsten Werte gemessen, ab Ende Oktober liegen aber auch diese unterhalb von 10 kg N/ha.

Das Versuchsjahr 1998 gestaltete sich in Bezug auf die Nitratwerte im Boden äußerst schwierig. Nach der Probenahme zum Stechende wurde die Versuchsanlage zu Beginn der Vegetationsperiode auf einen Sollwert von 120 kg N/ha aufgedüngt. Die für Wasserschutz- gebiete geltenden Grundsätze wurden bei der Bemessung der Düngemenge berücksichtigt. In **Bild 15** sind die gemessenen N<sub>min</sub>-Werte aufsummiert über die Bodentiefe 0 bis 90 cm dargestellt. **Tabelle 8** stellt die jeweiligen Einzelwerte in den beprobten Schichten dar. Bei der Kontrollvariante und der Überkopfvariante wurden die West- und die Ostseite bei der Beprobung separat erfaßt.



**Bild 15: Gesamt Nitratstickstoff in der Bodentiefe 0 bis 90 cm (1998)**

**Tabelle 8: N<sub>min</sub>-Gehalt in den beprobten Bodenschichten 1998 (kg N/ha)**

	Überkopf West			Überkopf Ost			Kontrolle West		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
24.07.98	87	10	7	84	7	9	46	8	9
25.08.98	8	5	3	8	6	7	11	3	3
07.09.98	75	16	10	51	20	9	120	14	8
19.09.98	63	21	7	31	17	8	117	10	5
01.10.98	62	12	9	56	14	9	78	18	9
16.10.98	52	22	9	33	14	8	61	19	8
30.10.98	48	39	11	25	13	11	72	21	8
12.11.98	11	8	4	5	5	4	13	12	4
25.11.98	45	63	8	58	45	9	13	18	10
10.12.98	39	47	10	37	91	25	53	35	11
	Kontrolle Ost			T-Tape			RAM		
24.07.98	46	7	12	60	8	8	61	9	9
25.08.98	16	4	4	28	3	2	8	2	3
07.09.98	84	12	7	42	5	7	71	9	5
19.09.98	77	18	8	45	6	4	21	4	3
01.10.98	53	12	9	56	8	5	41	20	8
16.10.98	54	22	7	41	15	3	34	19	5
30.10.98	50	25	9	56	17	8	14	9	9
12.11.98	21	11	4	15	17	5	12	9	6
25.11.98	29	51	5	25	38	8	30	36	15
10.12.98	72	80	12	19	26	15	30	30	14

Bei genauerer Betrachtung der Einzelwerte fallen wiederum die dauerhaft niedrigen Nitratwerte in der tiefsten Bodenschicht bis zum Dezember auf. Auch in der Zone 30 – 60 cm sind bis Mitte November kaum Veränderungen bei den Nitratwerten festzustellen. Die Werte liegen bis zu diesem Zeitpunkt, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, zwischen 5 und 20 kg N/ha. Erst ab Ende November steigen die Nitratwerte in der mittleren Bodenschicht in allen Varianten auf deutlich höhere Werte. Auffällig ist vor allem der Anstieg in der Überkopf bewässerten Variante auf der Ostseite von 45 kg N/ha am 25.11.1998 auf 91 kg N/ha am 10.12.1998 und in der Kontrollvariante auf der Ostseite mit einem Anstieg von 51 kg N/ha auf 80 kg N/ha im gleichen Zeitraum. In der Kontrollvariante auf der Westseite steigt der Nitratgehalt lediglich um 17 kg auf 35 kg N/ha. In den übrigen Varianten liegen die Nitratwerte in der mittleren Schicht im Dezember sogar niedriger als beim vorherigen Probenentwurf. In der obersten Bodenschicht sind die weitaus größten Schwankungen bei den Nitratwerten zu verzeichnen. Zum Beispiel ist in der Kontrollvariante auf der Westseite ein Sprung von 11 kg N/ha am 25.08.1998 auf 120 kg N/ha zwei Wochen später festzustellen. Auch in den anderen Variante steigen die Nitratwerte in diesem Zeitraum in der obersten Bodenschicht deutlich an. Ein weiterer sehr augenfälliger Termin ist der 12.11.1998. Hier liegen die gemessenen Nitratgehalte in allen Varianten deutlich unter dem SchALVO-Grenzwert von 45 kg N/ha. Zum vorherigen Probenentwurf am 30.10.1998 und zum Termin danach am 10.12.1998 liegen die Werte deutlich darüber. Vergleicht man die Nitratwerte in Hinblick auf die verschiedenen Varianten der Bewässerung, so kann festgehalten werden, daß die Unterflurvarianten, vor allem zum Dezember hin, die niedrigsten Nitratgehalte aufweisen. Auch sind in diesen die Schwankungen der Nitratgehalte von Probenentwurf zu Probenentwurf nicht so groß wie bei den anderen Varianten.

#### 4.1.4 Begleitende Untersuchungen

##### Bonituren

Zur Beurteilung des Pflanzenbestandes wurden Bonituren durchgeführt. Hierzu wurden für jede Variante jeweils 4 x 10 Pflanzen ausgewählt. Erfasst wurden die Zahl der Triebe, die Anzahl abgestorbener Triebe, der Anteil der Triebe > 10 mm Durchmesser, die Anzahl der Triebe < 10 mm Durchmesser und die Anzahl neuer Triebe. Im Versuchsjahr 1997 wurde aufgrund der niederschlagsreichen Sommermonate eine Bonitur des Bestandes im Oktober durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Bonitur sind in **Tabelle 9** dargestellt.

**Tabelle 9: Bonitur des Bestandes Oktober 1997**

	Kontrolle	T-Tape	RAM	Überkopf
Zahl der Triebe	419	359	418	371
abgestorbene Triebe	36,8 %	41,5 %	33,7 %	45,8 %
Triebe > 10 mm	31,5 %	42,9 %	40,0 %	39,4 %
Triebe < 10 mm	31,7 %	15,6 %	26,3 %	14,8 %
neue Triebe	-	-	-	-

Besonders auffällig war im Jahr 1997 der hohe Anteil abgestorbener Triebe. Mit 45,8 % der Gesamttriebzahl wurde der höchste Wert in der Überkopfvariante registriert. Mit 41,5 % folgte die Variante T-Tape und mit 36,8 % die Kontrollvariante. Die wenigsten abgestorbenen Triebe waren in der Unterflurvariante RAM zu verzeichnen. Bei der Anzahl der Triebe > 10 mm bestehen zwischen den Varianten T-Tape, RAM und Überkopf nur geringfügige Unterschiede. In der Kontrollvariante und in der Variante RAM sind im Vergleich zu den anderen Varianten ein höherer Anteil an Trieben < 10 mm zu bemerken.

Im Versuchsjahr 1998 wurde die erste Bonitur Anfang Juli mit Beginn der Bewässerung durchgeführt. Eine zweite Bonitur folgte Anfang September. **Tabelle 10** zeigt die Ergebnisse der Bonitur im Juli 1998.

**Tabelle 10: Bonitur des Bestandes Juli 1998**

	Kontrolle	T-Tape	RAM	Überkopf
Zahl der Triebe	254	248	245	244
abgestorbene Triebe	-	-	-	-
Triebe > 10 mm	42,1 %	39,9 %	42,0 %	47,5 %
Triebe < 10 mm	57,1 %	58,1 %	55,1 %	52,5 %
neue Triebe	0,8 %	2,0 %	2,9 %	-

In allen Varianten weichen die Ergebnisse nur sehr geringfügig voneinander ab. Erwartungsgemäß gab es noch keine abgestorbenen Triebe in der Versuchsanlage. Nur in der Kontrollvariante lag der Anteil der Triebe > 10 mm zu Lasten der Triebe < 10 mm mit 47,5 % über den Werten in den anderen Varianten. Die Ergebnisse der Bonitur Anfang September sind in **Tabelle 11** dargestellt.

**Tabelle 11: Bonitur des Bestandes September 1998**

	Kontrolle	T-Tape	RAM	Überkopf
Zahl der Triebe	458	488	447	481
abgestorbene Triebe	19,6 %	10,5 %	10,1 %	9,1 %
Triebe > 10 mm	30,8 %	38,3 %	38,5 %	37,8 %
Triebe < 10 mm	44,8 %	48,1 %	48,5 %	48,9 %
neue Triebe	4,8 %	3,1 %	2,9 %	4,2 %

Die Ergebnisse dieser Bonitur unterscheiden sich zwischen den Varianten T-Tape, RAM und der Überkopfvariante praktisch nicht. Lediglich in der Kontrollvariante ist mit 19,6 % ein höherer Anteil abgestorbener Triebe zu erkennen. Der Anteil der Triebe > 10 mm ist dagegen in der Kontrollvariante mit 30,8 % geringer als in den übrigen Varianten, ebenso der Anteil der Triebe < 10 mm mit 44,8 %.

## **Begrünung**

In Wasserschutzgebieten vorgeschrieben und in Spargelanlagen außerhalb dieser Gebiete sehr empfehlenswert ist die Aussaat einer Begrünung in den Fahrgassen der Spargelkultur. Am 22.08.1997 wurde im Versuch als Begrünung Ölrettich ausgesät. Ende Oktober wurde in allen Varianten jeweils eine Probe entnommen und auf ihren Nitratgehalt untersucht. Die Ergebnisse erbrachten einen rechnerischen Entzug von 47 kg N/ha in der Kontrollvariante, 54 kg N/ha in der Überkopfvariante, 58 kg N/ha in der Variante T-Tape und 61 kg N/ha in der Variante RAM.

Im Versuchsjahr 1998 wurde die Begrünung am 12.08.1998 ausgesät. In den Tagen darauf zeigten sich in den jeweiligen Varianten unterschiedliche Entwicklungen des Ölrettichbestandes. In den unterflur bewässerten Varianten entwickelte sich der Bestand entlang der Pflanzenreihen über der Tropferleitung besser als in der Fahrspur, während in der Überkopfvariante in der gesamten Fahrspur eine gleichmäßige Entwicklung zu erkennen war. In der Kontrollvariante war im Vergleich zu den übrigen Varianten eine zögerliche Entwicklung des Ölrettich zu bemerken. Bis Ende August ging die Begrünung aus nicht bekannten Gründen ein, so daß eine Neueinsaat notwendig wurde. Witterungsbedingt zögerte sie sich auf den 09.09.1998 hinaus. In der Folge entwickelte sich aufgrund der späten Jahreszeit nur noch ein sehr geringer und zugleich lückenhafter Pflanzenbestand.

## **4.2 Sortenversuch Rumersheim**

Die Untersuchungen im Sortenversuch in Rumersheim werden durch unsere französischen Projektpartner durchgeführt. Die Anlage des Sortenversuchs wurde 1996 unter der Leitung von Herrn Stengel (SENE/CTIFL Alcolsheim) durchgeführt. Die Weiterführung der Versuchsanlage wurde im Frühjahr 1998 an Herrn P. Merckling (Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin) übertragen.

Nach Anlage des Versuchs 1996 wurde von einer Beerntung im zweiten Standjahr (1997) abgesehen, da der Pflanzenbestand sich in der Vegetationsphase 1996 noch nicht ausreichend entwickeln konnte. Nach der zweiten Vegetationsphase im Sommer 1997 wurde der Sortenversuch im Frühjahr 1998 erstmalig beerntet. Die Leitung der Versuchsdurchführung und -auswertung lag bei Herrn Merckling. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Teil des Versuchsberichtes für das Jahr 1998.

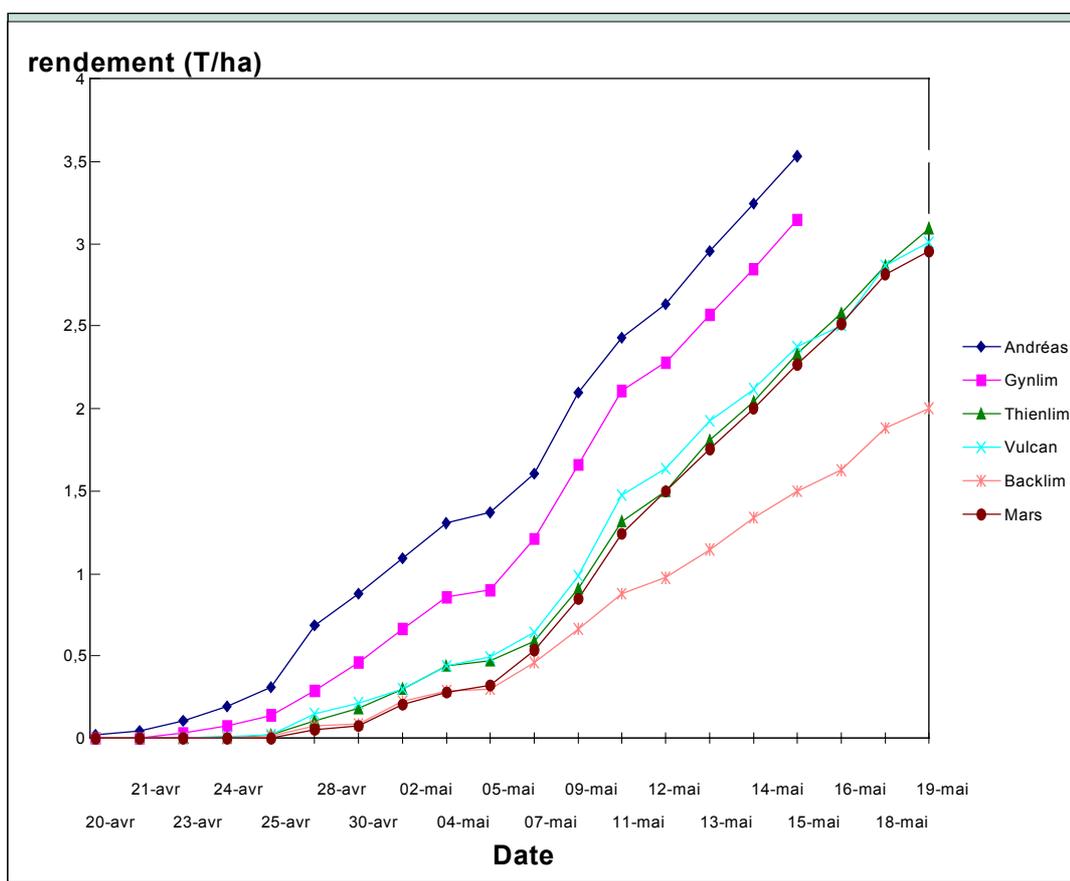
### **4.2.1 Erträge und Erntebeginn**

Die Versuchsernte begann am 20. April für die Sorten Andréas und Gynlim. Die Sorten Thienlim, Backlim, Mars und Vulcan wurden erst ab dem 25. April beerntet. Für die Sorten Andréas und Gynlim wurde die Ernte am 15. Mai abgeschlossen, da bei beiden Sorten zu diesem Zeitpunkt Erträge über 3 t/ha erzielt wurden. Der Gesamtertrag bei der Sorte Andréas betrug 3,529 t/ha, bei Gynlim 3,15 t/ha (**Tabelle 12**). Die anderen Sorten wurden bis zum 19. Mai beerntet, die Gesamterträge blieben bei diesen Sorten unter 3 t/ha. Die Ernte bei der Sorte Backlim kam nur zögerlich in Gang, der Gesamtertrag blieb bis zum Ernteschluß unter 2 t/ha. Diese Sorte zeigt also die Eigenschaften einer späten Sorte.

**Tabelle 12: Entwicklung des Ertrages in den Varianten (t/ha)**

Datum	20. April	25. April	30. April	5. Mai	11. Mai	15. Mai	19. Mai
<b>Andréas</b>	0,02	0,308	0,877	1,368	2,432	<b>3,529</b>	-
<b>Gynlim</b>	0,005	0,137	0,462	0,897	2,111	<b>3,15</b>	-
<b>Thienlim</b>	0	0,021	0,183	0,474	1,319	<b>2,328</b>	<b>2,87</b>
<b>Backlim</b>	0	0,0075	0,082	0,299	0,874	<b>1,502</b>	<b>1,881</b>
<b>Vulcan</b>	0,003	0,02	0,216	0,493	1,471	<b>2,373</b>	<b>2,866</b>
<b>Mars</b>	0	0	0,079	0,316	1,242	<b>2,2672</b>	<b>2,813</b>

Die Ernte der Sorten Thienlim, Mars, Vulcan und Backlim wurden, wie schon zuvor erwähnt, um vier Tage bis zum 19. Mai verlängert. Die ersten drei Sorten erbrachten annähernd den Gesamtertrag wie die Sorte Gynlim. Einzig die Sorte Backlim blieb mit einem Gesamtertrag von 1,881 t/ha unter 2 t/ha. In **Bild 16** werden die Erträge der einzelnen Sorten über die Erntetage aufsummiert dargestellt.



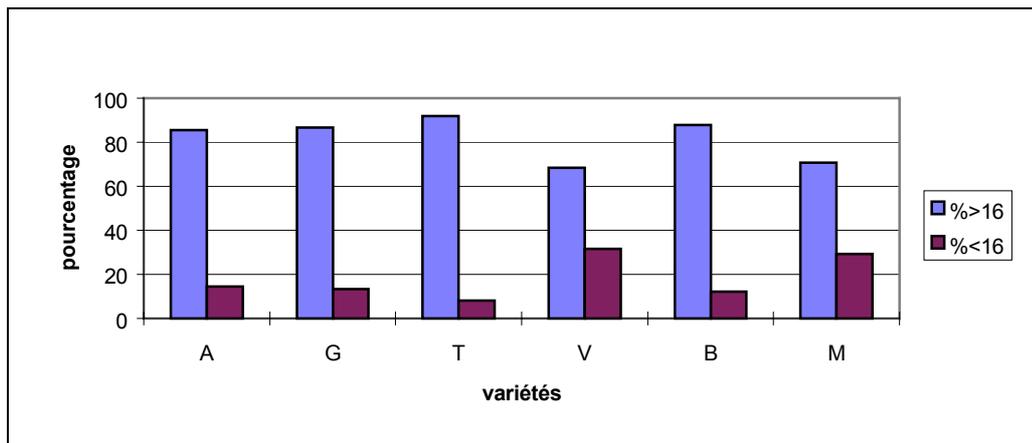
**Bild 16: Aufsummierte Erträge der einzelnen Sorten**

Die Ernte der Sorten Andréas und Gynlim begann fünf Tage vor den anderen Sorten. Die Sorte Andréas erbrachte in den ersten fünf Tagen von Erntebeginn ab höhere Erträge als die Sorte Gynlim. Danach glichen sich die täglichen Erntemengen beider Sorten an, so daß beide Sorten bis zum Ernteeende die gleiche Ertragsentwicklung zeigten, jedoch die Sorte Andréas auf einem höheren Niveau. Der Ertragsverlauf der Sorten Vulcan, Thienlim und Mars

ist bis zum Ernteende praktisch gleich. Der Ertragsverlauf dieser Sorten ist auch mit dem der Sorten Andréas und Gynlim vergleichbar, bedingt durch den späteren Erntebeginn aber erst fünf Tage später. Die Sorte Backlim spaltet sich nach zehn Tagen von den drei anderen Sorten ab. Der Ertragsunterschied zwischen dieser und den drei anderen Sorten vergrößert sich bis zum Ernteende.

### Stangenanteile über 16 und unter 16 mm

Untersucht wurde der Anteil der Stangen unter und über 16 mm bei den verschiedenen Sorten. Dabei konnten die Sorten in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Thienlim, Gynlim, Andreas und Backlim haben einen Anteil von über 80 % bei den Stangen über 16 mm. Bei den Sorten Vulcan und Mars liegt der Anteil der Stangen über 16 mm bei etwa 70 % (**Bild 17**).

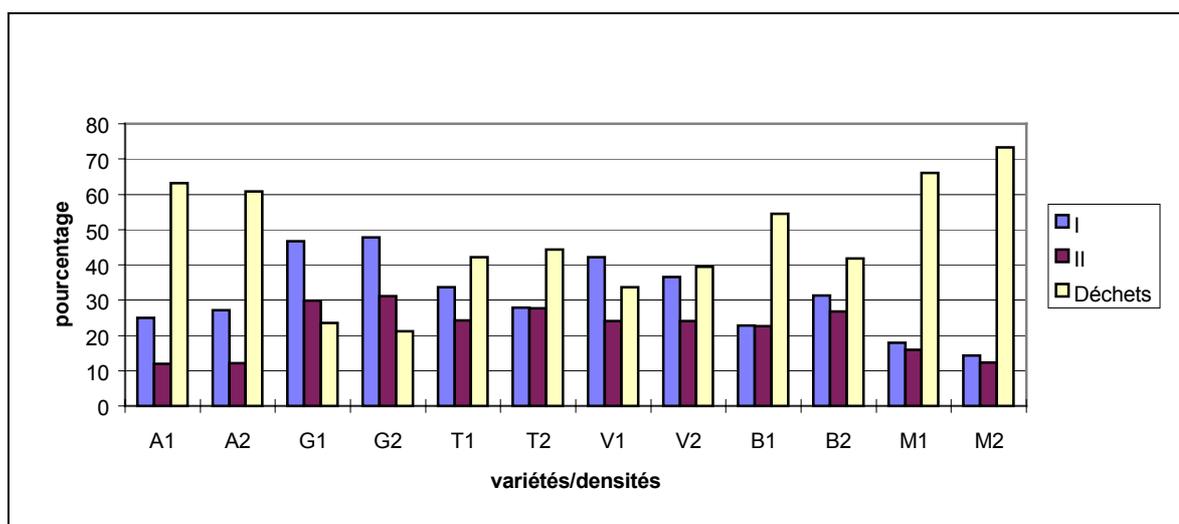


**Bild 17: Anteile (%) der Spargel mit < oder > 16 mm Durchmesser**

A = Andreas G= Gynlim T = Thienlim V = Vulcan B = Backlim M = Mars

### Optische Qualität der Spargelstangen

Für die verschiedenen Sorten und Standweiten wurden die Anteile der Klassen I und II, sowie der Anteil des Abfalls erfasst. In **Bild 18** werden die Ergebnisse dargestellt.



**Bild 18: Aufteilung der Ernte auf Handelsklassen**

I = Bestandesdichte 1 II = Bestandesdichte 2 Déchets = Abfall

In der Klasse I und beim Abfall sind große Schwankungen zwischen den Sorten zu erkennen. In der Klasse II sind die Schwankungen geringer. Die Sorten Mars und Andreas fallen durch einen hohen Anteil an Abfall auf (69 bzw. 62 %). Dieser ist auf einen hohen Anteil aufgeblühter Köpfe zurückzuführen. Bei der Sorte Backlim ist der Abfallanteil geringer, jedoch ist aber auch der Anteil in der Klasse I geringer. Die Sorten Thienlim und Vulcan weisen im Vergleich zu den zuvor genannten Sorten geringere Abfallanteile und höhere Anteile in der Klasse I auf. Die Sorte Vulcan ist dabei gegenüber der Sorte Thienlim im Vorteil. Die optisch beste Sorte ist Gynlim. Sie hat den höchsten Anteil in der Klasse I und die geringsten Abfallanteile.

#### 4.2.2 Einfluß der Pflanzdichte

Untersucht wurde der Einfluß der Pflanzdichte auf den Gesamtertrag der einzelnen Sorten als auch auf den Ertrag je Pflanze. **Tabelle 13** stellt die Ergebnisse dar.

Bei allen Sorten ist der Ertrag von 40 laufenden Metern in der höheren Pflanzdichte D1 immer am höchsten (Tab. 13). Der Unterschied ist jedoch gering, sobald man ihn auf die Anzahl Pflanzen bezieht. Das Verhältnis zwischen den Erträgen der beiden Bestandesdichten ist tatsächlich enger als 2:3.

Betrachtet man den Durchschnittsertrag je Pflanze, so läßt sich der Effekt der Bestandesdichte besser erkennen: Dieser Ertrag ist in der hohen Bestandesdichte D1 niedriger als bei der niedrigen Dichte D2 und dies bei allen Sorten (Tab. 13). Eine Verminderung der Pflanzdichte um 30% führt zu einer Erhöhung des Durchschnittsertrags je Pflanze.

Nicht alle Sorten scheinen gleich auf diesen Faktor zu reagieren: Bei Thienlim nimmt der Ertrag in D2 gegenüber D1 um 45,35% zu, während er bei Backlim nur um 10,86% ansteigt. Dieser Unterschied läßt sich möglicherweise damit erklären, daß Backlim eine späte Sorte ist und der Erntezeitraum des Versuchs nicht deren Gesamtproduktionspotential erfaßt hat. Wenn dieser Effekt nur während der Höchstproduktionsphase auftritt, dann konnte er bei Backlim nicht in Erscheinung treten.

**Tabelle 13: Einfluß der Pflanzdichte auf den Gesamtertrag und Ertrag pro Pflanze**

Sorte	Pflanzdichte 1 (3 Pfl/m)		Pflanzdichte 2 (2 Pfl/m)	
	Ertrag/Parzelle (kg/40 m)	Ertrag/Pflanze (g/Pfl.)	Ertrag/Parzelle (kg/40 m)	Ertrag/Pflanze (g/Pfl.)
Andreas	29,56	246,3	26,23	327,8
Thienlim	27,26	227,2	23,69	296,1
Gynlim	24,97	208,1	24,2	302,5
Vulcan	24,48	204,0	22,36	279,4
Backlim	17,88	149,0	13,22	165,2
Mars	25,57	213,0	20,17	252,1

### 4.2.3 Gesundheitszustand der Anlage

Der allgemeine Gesundheitszustand des Versuchsfeldes ist gut. Es wurden jedoch trotzdem einige Symptome beobachtet.

- Punktuell konnte man Triebe in Spazierstockform beobachten (Spazierstockkrankheit), die schnell verkümmerten und durch andere Triebe ersetzt wurden. Einige (4 oder 5) Pflanzen hatten die Form eines 'Hexenbesens'.
- Ab Anfang August, an den ersten richtig heißen Tagen nach einem kühlen Juli, traten einige Symptome von Botrytis und Stemphyllium auf. Botrytis tritt im gesamten Versuchsfeld etwas auf. In der höheren Bestandesdichte D1 scheinen die Symptome jedoch stärker aufzutreten als in der niedrigeren, was absehbar war: Höhere Bestandesdichten führen zu höherer Luftfeuchtigkeit und stärkerem Pilzkrankheitsdruck. Die Sorte Andreas weist am häufigsten Botrytis-Symptome auf. Stemphyllium-Symptome traten punktuell bei einzelnen Pflanzen auf, insbesondere bei den Sorten Andreas und Gynlim und unabhängig von der Bestandesdichte.
- Häufiger ist zu beobachten, daß Sprosse eingehen: Der Trieb trocknet immer mehr ein und vertrocknet schließlich ganz. Es wurde versucht, diese Beobachtungen zu quantifizieren, durch die Angabe der Anzahl Pflanzen mit eingetrockneten Trieben im Verhältnis zu der Gesamtzahl an Pflanzen (unter Berücksichtigung der Fehlstellen). Der Unterschied zwischen den Sorten ist gering. Mars scheint etwas stärker davon betroffen zu sein als die anderen Sorten. Diese Art von Schäden scheint in der niedrigen Bestandesdichte D2 häufiger zu sein.
- Schließlich und endlich tritt noch ein weiteres Symptom häufiger auf dem Versuchsfeld auf: Es handelt sich dabei um die fortschreitende Entfärbung der Phyllokladien eines Zweiges, beginnend an der Spitze. Dieses Symptom kann auf einen Magnesiummangel zurückzuführen sein, den man mit einer Behandlung am 20. August zu beheben versucht hat. Das Bonitursystem ist dabei dasselbe wie für die Absterbeerscheinungen. Es fällt auf, daß Gynlim von diesem Phänomen besonders stark betroffen ist. Andreas, Thienlim und Backlim weisen am wenigsten von diesen Symptomen auf.

## 5 Diskussion der Versuchsergebnisse

Die unterflur verlegte Tropfbewässerung hat bisher in unserem Raum sehr wenig Verbreitung gefunden. Meist sind es wenige Versuchsanlagen, in denen diese Form der Bewässerung zur Untersuchung angewandt wird. Aus diesem Grund liegen zu diesen Verfahren bisher nur sehr wenige und oftmals auch widersprüchliche Aussagen vor. Vor allem über die Anwendung und die Auswirkungen der Unterflurbewässerung auf schweren Böden im allgemeinen und in der Spargelproduktion im speziellen liegen praktisch keine Erkenntnisse vor. Bislang wurde Spargel am südlichen Oberrhein auf für diese Kultur sehr gut geeigneten Standorten angebaut. Durch die Ausweitung der Spargelproduktion wird der Anbau zunehmend auch auf ungünstigeren Standorten ausgeführt, welche an den Standort angepaßte zusätzliche Maßnahmen, z.B. eine Bewässerung, erfordern.

Spargel ist bis heute eine der am wenigsten erforschten Kulturen. Dies liegt auch daran, daß Spargel als perennierende Pflanze aufwendige Beobachtungen und Untersuchungen über mehrere Jahre erfordert. Über den für einen **optimalen** Ertrag notwendigen Wasserbedarf, auch unter Berücksichtigung verschiedener Bodenbedingungen, liegen keine Daten vor. Angaben über den notwendigen Wasserbedarf der Kultur sind sehr allgemein und weisen große Unterschiede auf. Untersuchungen, die sich mit dieser Fragestellung befassen, sind derzeit in Arbeit.

In bezug auf die mineralische Düngung weicht Spargel von anderen Gemüsekulturen, bedingt durch seine üppigen Speicherwurzeln mit zumeist unbekanntem Nährstoffreserven, ab. Es gibt es nur sehr wenige Versuche, die sich über einen längeren Zeitraum mit der Düngung von Spargel beschäftigen. Die Erkenntnisse aus kurzfristigen Versuchen sind mit besonderer Vorsicht zu bewerten, da sie nur einen kleinen Ausschnitt des Lebenszyklus einer Spargelanlage darstellen [7]. Die Empfehlungen zur Stickstoffdüngung einer Spargelanlage weichen stark voneinander ab. Die Spannweite der Empfehlungen und Höchstträge schwankt zwischen 50 kg N/ha und 500 kg N/ha [2]. Neuere Untersuchungen weisen jedoch auf einen geringeren Stickstoffbedarf bei Vollertragsanlagen hin. In diesen wurde festgestellt, daß Stickstoffgaben über 100 kg N/ha keine weiteren Ertragssteigerungen brachten, ja sogar den Ertrag zum Teil senkten [1].

Ein weiterer wichtiger Punkt ist auch die Erfassung von Wassergehalten im Boden. Die Einteilung des Bodenwassers in Gravitationswasser, pflanzenverfügbares Wasser und nicht pflanzenverfügbares Wasser basiert auf einer rein statischen Betrachtungsweise. Diese Abgrenzungen zwischen den Formen des Bodenwassers gibt es in Wirklichkeit nicht. Weiterhin unterliegt der Boden im Lauf der Jahre durch Bearbeitung, durch das Klima, durch den Bewuchs u.s.w. ständigen Veränderungen, welche eine permanente Anpassung und Neubeurteilung der angewandten Produktionsverfahren erfordern. Die rein statische Betrachtung kann helfen, eine Vorstellung über das pflanzenverfügbare Wasser zu entwickeln bzw. die Notwendigkeit einer Berechnung grob zu kalkulieren.

Die verschiedenen Verfahren der Bodenwassergehaltsbestimmung sind alle in der Anwendung nicht unproblematisch. Allen gemein ist, daß sie prinzipiell den Wassergehalt nur genau an der Stelle messen, an denen sie auch eingesetzt sind. Die Anwendung der Verfahren sollte schnell, genau, einfach, kostengünstig und robust sein, jedoch erfüllt keine der bekannten Verfahren zur Bestimmung des Bodenwassergehaltes alle diese Kriterien zur vollsten Zufriedenheit. Im Gegenzug stellt sich aber auch die Frage, wie genau die Bestimmung

des Wassergehalts im Boden überhaupt sein muß. Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Punkte muß der Landwirt letztendlich die für seine Bedürfnisse und Anforderungen geeignetste Methode herausfinden und seine speziellen Erfahrungen damit sammeln.

## **5.1 Bewässerungsversuch Feldkirch**

### **5.1.1 Bewässerungsverfahren**

Wie zuvor bereits erwähnt, konnte bei der Bewässerung aufgrund der bisher wenigen Erfahrungen bei der unterflur verlegten Tropfbewässerung nicht auf allgemein bekannte Standardwerte zurückgegriffen werden. Die Bewässerungsphase in der zweiten Augushälfte diente deshalb dazu, die Wirksamkeit der Beregnungsverfahren in den verschiedenen Bodentiefen zu prüfen. Dies geschah natürlich unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren. Tatsache ist, daß die Spargelwurzel erst in einer Bodentiefe von etwa 30 cm beginnt und unter den am Versuchsstandort gegebenen Bedingungen etwa einen Meter tief wurzelt. Für die Überkopfbewässerung bedeutet das, daß erst eine etwa 30 cm starke Bodenschicht durchfeuchtet werden muß, bevor überhaupt das Wasser an die Spargelwurzeln gelangt. An einem Beispiel ausgedrückt bedeutet dies, daß man um einen Bodenwassergehalt von 20 Vol.% in der obersten Schicht von 0 –30 cm auf 30 Vol.% zu erhöhen, ungefähr 30 mm Niederschlag bzw. Beregnungsgabe benötigt (1 mm entspricht 1 Vol.% Wasser in einer 10 cm mächtigen Bodenschicht). Für Wasserschutzgebiete gilt jedoch die Vorgabe, in einer Gabe maximal 20 mm Wasser auszubringen. Diese Wassermenge wird bei der direkt an der Pflanzenwurzel verlegten Tropfbewässerung nicht benötigt. Die an verschiedenen Stellen im Boden über die Sensoren gemessenen Saugspannungswerte in den verschiedenen Bodentiefen waren ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Entscheidung über die Höhe der Bewässerungsgaben. Aufgrund der Meßwertänderungen konnte die Wirksamkeit der Gaben erfaßt werden. Nicht zuletzt galt es auch „Störgrößen“, wie zum Beispiel natürliche Niederschläge oder technisch bedingte Ausfälle in der Wasserversorgung mit in die Entscheidungen einzuarbeiten und entsprechend darauf zu reagieren.

#### **5.1.1.1 Vergleich Unterflurbewässerung - Überkopfbewässerung**

Im Vergleich der Unterflur- bzw. Überkopfbewässerung 1997 zeigte sich bald, das in den Unterflurvarianten Einzelgaben bis maximal 5 mm auch in den tieferen Bodenschichten deutliche Wirkungen zeigten (Bild 6, 10). Im Gegensatz dazu konnte bei der Überkopfbewässerung auch bei größeren Gaben in den tieferen Bodenschichten keine große Wirkung erzielt werden (Bild 7, 12). Begründet auf diesen Erkenntnissen wurde im Versuchsjahr 1998 bei der Unterflurbewässerung die Einzelgaben auf Werte unterhalb 5 mm eingestellt. Es zeigte sich, das abgesehen von wenigen Tagen, in denen die Anlage nicht in Betrieb genommen werden konnte, die Saugspannungswerte über den gesamten Betrachtungszeitraum trotz der geringen Wassergaben in allen Tiefen unter 400 hPa lagen. Die Wassergaben waren in der Höhe auch insofern ausreichend, daß in 80 cm Bodentiefe die Saugspannung praktisch nicht auf zu niedrige Saugspannungswerte abfiel, die auf einen weiteren Wasserabfluß in tiefere Bodenschichten hingedeutet hätten. Das gleiche Bild zeigte sich auch in den anderen Meßparzellen. In diesem Jahr kamen auch die **Steuertensiometer** zum Einsatz. Je unterflur bewässertem Abschnitt kam ein Steuertensiometer zum Einsatz. Die Handhabung der insgesamt vier Steuertensiometer stellte sich aber unter den im Versuch gegebenen Praxisbe-

dingungen als schwierig heraus. Die Abschaltung der Bewässerungsanlage ab einem festgelegten Saugspannungswert funktionierte zwar seitens der Technik problemlos, jedoch waren die Reaktionen der Tensiometer in Verbindung mit der Bewässerung trotz Berücksichtigung aller der für die Handhabung von Tensiometern bestehenden Empfehlungen nicht immer eindeutig. Die Begründung für dieses Verhalten ist wohl darin gegeben, daß das Tensiometer, entgegen allgemeiner Angaben, nicht bis zur Erfassung von Saugspannungswerten bis 800 hPa geeignet ist, sondern bereits ab Saugspannungswerten von 400 hPa als nicht mehr zuverlässiges Meßinstrument anzusehen ist. Dies zeigt sich auch an der Tatsache, daß bis etwa 350 bis 400 hPa die Wasserverluste im Tensiometer sehr gering sind. Sobald aber die Werte über 400 hPa steigen, sinkt die Wassersäule im Tensiometer schnell und eine Bewertung der Messung wird stark erschwert. Gleichzeitig muß die fehlende Wassermenge im Tensiometer ergänzt werden, was eine permanente sorgfältige Beobachtung der Tensiometer erfordert. Dies führt vor allem dann zu Problemen, wenn aus irgendwelchen Gründen (Reparaturarbeiten etc.) nicht bewässert werden kann und die Tensiometer auf hohe Saugspannungswerte steigen. Reißt die Wassersäule im Tensiometer ab, d. h. im Tensiometer befindet sich nur noch Luft, wird ein Saugspannungswert von 0 hPa angezeigt. Dies hat bei der Bewässerungssteuerung zur Folge, daß die Bewässerung permanent unterbrochen bleibt, da ja die Bewässerung bei Werten unterhalb 200 hPa abgeschaltet wird. Wird das Tensiometer kurz vor Start des Bewässerungszyklus neu befüllt, kann es passieren, daß die Saugspannung bis zum Start des Zyklus noch unterhalb des Einschaltwertes bleibt und damit der Zyklus nicht gestartet wird. Deshalb sollte das Tensiometer mindestens zwei bis drei Stunden vor dem Start des Bewässerungszyklus neu aufgefüllt werden, damit genügend Zeit zur Anpassung bleibt. Ein weiterer Nachteil des Tensiometer ist seine empfindliche Konstruktion. Der Einbau in den Boden sollte deshalb möglichst so erfolgen, daß eine Beschädigung durch Arbeitsgeräte und Traktoren ausgeschlossen werden kann. Ein beschädigtes Tensiometer kann in den allermeisten Fällen nicht repariert werden und muß ausgetauscht werden. Die Steuerung der Bewässerung mit Tensiometern war integraler Bestandteil der Versuchsanstellung.

Die im Versuch verwendeten **Sensoren zur Erfassung der Bodenfeuchte** vom Typ „Watermark“ weisen gegenüber dem Tensiometer im Freiland in der praktischen Handhabung ein paar Vorteile auf. Der Sensor wird an einem passenden Kunststoffrohr befestigt und in der gewünschten Bodentiefe, vergleichbar einem Tensiometer, eingebaut. Auf der Bodenoberfläche schaut nur das obere Ende des Kunststoffrohres mit dem Kabel zum anschließen des Ablesegerätes heraus. Diese Konstruktion ist im Vergleich zum Tensiometer gegenüber Beschädigungen vergleichsweise unempfindlich. Der Sensor arbeitet zudem praktisch wartungsfrei. In anderen Untersuchungen hat sich dieser Sensor im Vergleich zu anderen Methoden im Freiland als brauchbares Meßinstrument zur Erfassung der Bodenfeuchte herausgestellt.

Die Beregnungssteuerung der Überkopfberegnung nach **Empfehlungen des Beregnungsinformationsdienstes** ist in der praktischen Anwendung für den Landwirt nach den Erfahrungen im Versuch recht komfortabel. Nach Übermittlung der Niederschlagsdaten und der bisherigen Beregnungsgaben an den Deutschen Wetterdienst (zweimal pro Woche) kann der Landwirt eine für ihn „maßgeschneiderte“ Beregnungsempfehlung per Fax abrufen und umsetzen. Der einzige größere Aufwand besteht in der einmaligen Aufnahme der für Berechnung der Beregnungsgaben notwendigen Bodenkennwerte. Die anderen notwendigen Daten lassen sich mit einem Niederschlagsmesser vor Ort recht einfach erfassen. Insgesamt be-

trachtet ist der Zeitaufwand bei dieser Methode für den Landwirt sehr gering, die notwendigen täglichen Daten sind mit einfachen Meßgeräten zu erfassen.

Nachdem im August 1997 festgestellt wurde, daß bei Anwendung der Überkopfberegnung recht hohe Bewässerungsgaben notwendig sein würden, fielen die empfohlenen Beregnungsgaben des BID trotz der recht trockenen Witterungsphase unerwartet niedrig aus. Die erste Umsetzung der Empfehlung am 21.07.1998 mit 25 mm zeigte lediglich in 20 cm Tiefe eine Wassergehaltsänderung (Bild 12). Nach einer weiteren Empfehlung, welche nicht umgesetzt werden konnte, folgten aufgrund der in der Zwischenzeit gefallenen Niederschläge keine weiteren Empfehlungen. Da jedoch trotz weiterer Niederschläge die Saugspannungswerte in 50 cm Bodentiefe weiter anstiegen, wurde unabhängig von den Empfehlungen des BID am 02.08.1998 eine Gabe von 20 mm eingestellt. Zusammen mit den Niederschlägen im gleichen Zeitraum zeigte sich erst in 50 cm Tiefe eine Reaktion. Erst Anfang September folgten noch weitere Beregnungsempfehlungen, die jedoch nicht ausgeführt wurden, da die Spargelkultur in dieser Zeit mit der Einlagerung der Resevestoffe beginnt und unnötig hohe Wassermengen zu dieser Zeit dem Ertrag im Folgejahr abträglich sind.

In den Kontrollparzellen ohne zusätzliche Bewässerung zeigten sich lediglich bei höheren bzw. nachhaltigen Niederschlägen Wassergehaltsänderungen in den oberen Bodenschichten. In den tieferen Bodenschichten waren keine Einflüsse der Niederschläge zu vermerken. Welche Auswirkungen dies auf den nächstjährigen Ertrag hat, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht beurteilt werden.

#### **5.1.1.2 Praktischer Einsatz der Bewässerungstechnik**

Im praktischen Einsatz der Bewässerungssysteme zeigten sich verschiedene Vor- und Nachteile. Ein prinzipieller Vorteil der Unterflurbewässerung besteht darin, daß keine störenden Rohre und Leitungen auf dem Feld liegen. Die Anlage kann also jederzeit für Pflegearbeiten befahren werden, vor allem auch dann, wenn die Bewässerungsanlage gerade in Betrieb ist und nicht gerade natürliche Niederschläge den Boden unbefahrbar machen. Dies kann Vorteile in der Arbeitsorganisation bringen, vor allem dann, wenn viel mit Lohnunternehmen zusammengearbeitet wird und enge Terminpläne eingehalten werden müssen. Zu Beginn und am Ende der Bewässerungssaison entfallen der Auf- und Abbau der Überkopfbewässerung. Damit entfällt auch der Transport von Beregnungsrohren über öffentliche Verkehrswege und es wird kein Lagerplatz für die Beregnungsanlage im Winter benötigt. Durch die trockene Bodenoberfläche bleibt die Struktur des Bodens bei Tropfbewässerung besser erhalten als bei Überkopfbewässerung. Dies hat Vorteile für den Wasser- und Lufthaushalt im Boden. Unkräuter haben schlechtere Entwicklungsbedingungen. Bei der Überkopfbewässerung hängen die oberirdischen Pflanzenteile aufgrund der Beschwerung der Pflanzen durch Wassertropfen in die Fahrspur. Diese können bei anschließenden Durchfahrten mit einem Schmalspurtraktor durch Anbauteile abgerissen werden. Durch die nassen Pflanzenteile ist auch die Gefahr des Befalls mit Pilzkrankheiten größer. Während die Überkopfbewässerung nur zu windstillen Zeiten eingesetzt werden sollte, kann die Tropfbewässerung jederzeit in Betrieb genommen werden. Bei Tropfbewässerung können je nach Situation zum Teil erhebliche Wassermengen eingespart werden. Dazu ist aufgrund des geringeren Wasserverbrauchs und der niedrigen Betriebsdrücke der Energieverbrauch für den Wassertransport geringer. Mit Tropfbewässerung besteht die Möglichkeit, auch ungleichmäßig geformte Feldstücke randscharf zu bewässern. Zugleich können über die Tropfbewässerung Nähr-

stoffe ausgebracht werden. Allerdings gibt es auch Nachteile. Je nach Ausstattungsbedarf und den betrieblichen Rahmenbedingungen ist unter Umständen ein höherer Installations- und Investitionsaufwand bei der Tropfbewässerung nötig. Gute Wasserqualitäten sind erforderlich, ansonsten werden aufwendige Filterarmaturen nötig. Die pflanzenbauliche Wirkung hinsichtlich der Alterung der Anlage ist weitgehend unbekannt. Bei der unterflur verlegten Tropfbewässerung ist die Kontrolle der Wasserverteilung aufgrund möglicher Leckstellen und Verstopfungen nicht einfach. Im Versuch wurde vor Beginn der Bewässerungssaison zur Kontrolle die Anlage für einige Zeit in Betrieb genommen. Eventuelle Leckagen zeigten sich durch erhöhten Wasseraustritt an der Bodenoberfläche. Die Tropferleitung wurde an dieser Stelle mit einem Spaten freigelegt und ein neues Stück eingesetzt. Während des Bewässerungsbetriebes zeigten sich an der Bodenoberfläche Wasserflecken entlang der Tropferleitung. Eventuelle Verstopfungen der Tropferleitung erkennt man am Ausbleiben der Wasserflecken. Wenn man sich nicht sicher ist, kann man mit einem Spaten ein etwa spatentiefes Loch über der Tropferleitung graben. Liegt keine Verstopfung vor, so ist der Boden über der Tropfstelle deutlich feuchter.

### **5.1.2 Ernte**

Die erste Versuchsernte 1997 unterscheidet sich in den Erträgen in den einzelnen Varianten nur unwesentlich. Der mittlere Ertrag von 19,3 dt/ha ist für eine Anlage im ersten Erntejahr bzw. zweitem Standjahr ordentlich. Auch in den Sortierungen sind die Unterschiede zwischen den Varianten nicht sehr groß, was letztendlich auf eine relativ hohe Homogenität der Versuchsfläche bis zu diesem Zeitpunkt schließen läßt. Bezogen auf die Sortierung ist der schon im ersten Erntejahr insgesamt geringe Anteil an Stangen der Handelsklasse I zu bemerken. Dies ist wohl aber auf die neue Sortiervorschrift der deutschen Erzeugerorganisationen und die sehr strenge Sortierung bei der Versuchsernte zurückzuführen.

Nach Abschluß der Versuchsernte 1998 konnte in Bezug auf die Sortierungen zwischen den Varianten, wie bereits 1997, keine besonderen Unterschiede festgehalten werden. Auffällig ist der gegenüber der Vorjahresernte noch geringere Anteil der Stangen in der Handelsklasse I. Betroffen davon sind alle Varianten gleichermaßen. Eine eindeutige Ursache hierfür konnte nicht ausgemacht werden, jedoch liegt die Vermutung nahe, daß die Anlage durch die Erntedauer über fast vier Wochen mit 20 Stechtagen im ersten Erntejahr überlastet wurde. Im ersten Erntejahr, sofern es das zweite Standjahr ist, sollte die Erntedauer nicht mehr als etwa 10 Tage betragen. Auch der um 5,4 dt/ha geringere Gesamtertrag in der überkopf bewässerten Variante gegenüber der Kontrollvariante ist nicht einfach zu erklären. Die bisher einzige Vermutung bestand darin, daß durch die Überkopfbewässerung im August 1997 durch die vergleichsweise hohen Wassermengen die Bodenoberfläche verschlammte und der Sauerstoffgehalt im Boden eingeschränkt wurde. Diese Vermutung wird durch andere Versuchsergebnisse unter in etwa vergleichbaren Bodenbedingungen inzwischen gestützt [7].

Die Versuchsernte 1999 wird erst zwischen dem 15. und 20. Juni 1999 abgeschlossen werden. Die Auswertung kann erst nach Abschluß der Ernte erfolgen. Die erste Versuchsbeerntung wurde am 14. April durchgeführt; seit dem 23. April wird täglich beerntet. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurde die Versuchsernte durch hohe Niederschläge stark erschwert. Zum Teil flächenhaft zwischen den Dämmen stehendes Wasser durchfeuchtete die Dämme derart, das die Beerntung nur unter größten Schwierigkeiten stattfinden kann. Da auch mehrere

Ernteparzellen davon betroffen sind, wird die Auswertung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der momentanen Rahmenbedingungen schwierig sein.

### **5.1.3 Bodenuntersuchung**

Die Bodenuntersuchungen im Versuchsjahr 1997 ergaben bis zum Jahresende in allen Varianten sehr niedrige Nitratgehalte. Aufgrund der Ergebnisse konnte in diesem Jahr kein eindeutiger Vorteil des einen oder anderen Verfahren herausgestellt werden. Die vorliegenden Ergebnisse sind vor allem auch vor dem Hintergrund des niederschlagsreichen Sommers 1997 und dem relativ hohen Stickstoffbedarf der Kultur in der Vegetationsphase im zweiten Standjahr zu sehen.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im Versuchsjahr 1998 weisen zum Teil sehr große Unterschiede auf. Eine Beurteilung der Ergebnisse ist vor allem in Hinblick auf den trockenen Sommer 1998 sehr schwierig. Wie bereits im Jahr 1997 sind vor allem in den untersten Bodenschichten über den gesamten Beobachtungszeitraum nur sehr niedrige Nitratgehalte gemessen worden (Tabelle 8). Auch in der mittleren Bodenschicht liegen bis Mitte November die Nitratwerte auf niedrigem Niveau. Die größten Schwankungen sind in der obersten Bodenschicht zu verzeichnen. Schwankungen der Nitratgehalte in der obersten Bodenschicht sind bei Spargel während der Vegetationsphase nicht ungewöhnlich. Diese können zum Teil durch die Pflegemaßnahmen in der Anlage und witterungsbedingte Einflüsse erklärt werden. Für die starken Schwankungen der Nitratwerte gegen Ende des Jahres in den Kontroll- bzw. Überkopfbewässerungspartellen gibt es keine plausiblen Erklärungen. Noch bis in den September hinein konnten entlang den Pflanzenreihen noch Reste des Düngers beobachtet werden. Dies deutet auf eine schlechte Umsetzung des Düngers in der Vegetationsperiode aufgrund des trockenen Sommers hin. Hinzu kommt erschwerend die schlechte Entwicklung des Ökrettsbestandes bis Mitte November und der daraus resultierende geringe Stickstoffentzug. Drei Tage vor dem Probenentwurf am 25.11.1998 wurden das abgestorbene Spargelkraut und die Begrünung abgemulcht. Inwieweit diese Bearbeitung den hohen Anstieg der Nitratwerte zwischen dem 12.11.1998 und 25.11.1998 vor allem in der oberen Bodenschicht beeinflusst hat, ist nicht eindeutig zu klären. Bezüglich des N-Haushaltes im Boden spielen wohl noch weitere Faktoren im Zusammenhang mit der Kultur Spargel eine tragende Rolle. Hier sei auch auf das im geologischen Gutachten festgehaltene Denitrifikationspotential in den tieferen Bodenschichten hingewiesen. Die dauerhaft niedrigen Werte in der tiefsten Bodenschicht deuten daraufhin, daß vor allem das zum Ende des Jahres 1998 nach unten verlagerte Nitrat denitrifiziert wird. In den unterflur bewässerten Varianten sind über den gesamten Betrachtungszeitraum, vor allem auch zum Jahresende hin, mit die niedrigsten Nitratwerte gemessen worden. Es kann (mit Vorsicht) angenommen werden, daß die Bewässerung durchaus einen positiven Einfluß auf die Nitratwerte im Sinne der Versuchsfrage hat, allerdings ist die Anzahl der Versuchsjahre nicht ausreichend, um diese Annahme auch zu bestätigen.

### **5.1.4 Bonituren des Bestandes**

Die Ergebnisse der im Versuch durchgeführten Bonituren lassen keine Schlußfolgerungen auf die Vorzüglichkeit des einen oder anderen Bewässerungsverfahrens zu. Dies zeigt sich daran, daß die Bonitur im Oktober 1997 zwar Unterschiede in den verschiedenen Varianten

aufzeigte (Tabelle 9), jedoch in der folgenden Ernteperiode zwischen allen Varianten nur sehr geringe Unterschiede in den Sortierungen auftraten. Somit kann über eine Bonitierung im Herbst nicht unbedingt auf den Ertrag und die Qualität des Erntegutes im Folgenden Frühjahr geschlossen werden. Für den hohen Anteil abgestorbener Triebe bei der Bonitur im Oktober 1997 konnte zunächst keine eindeutige Ursache ausgemacht werden. Dieses Phänomen trat nicht nur in der Versuchsanlage auf, sondern auch in anderen Spargelanlagen mit der gleichen Spargelsorte. Die Ursache ist wohl aber darin zu suchen, daß bei der Spargelsorte Gynlim gerade in Junganlagen und bei sehr wüchsigem Wetter der Anteil abgestorbener Triebe sehr hoch sein kann. Eine weitere Ursache könnte in der Abstoßung nicht mehr zur Assimilation benötigter Triebe durch die Pflanze liegen. Die Bewertung der im Versuchsjahr 1998 durchgeführten Bonituren ist erst nach der Auswertung der Ernte 1999 möglich.

## **5.2 Sortenversuch Rumersheim**

Eine Beurteilung der verschiedenen Spargelsorten ist nach einer Ernteperiode nicht möglich. Die Versuchsanlage befindet sich erst kurz vor dem Ende ihrer Entwicklungsphase und wird erst in den kommenden Jahren in den Vollertrag kommen. Die im Sortenversuch erarbeiteten Eigenschaften und Merkmale der verschiedenen Spargelsorten zeigen durchaus Unterschiede zwischen den Sorten. Nicht selten kommt es jedoch vor, daß manche Sorten gerade im Jugendstadium noch unerwünschte Eigenschaften zeigen, die später jedoch nicht mehr auftauchen und diese Sorte eventuell noch hervorragende Eigenschaften hat. Auch die Frühzeitigkeit ist nicht immer ein absolutes Kriterium. Gerade die Sorte Backlim ist durch einen zögerlichen Erntebeginn gekennzeichnet. Sie bringt aber dann, wenn bei anderen Sorten sich bereits die Erntemengen und Qualitäten schon verschlechtern, noch gute Erträge und Qualitäten. Der Anbauer kann also durch die Pflanzung verschiedener Sorten sein Spargelangebot über einen längeren Zeitraum auf einem hohen Niveau halten. Die bisher erarbeiteten Daten bilden die Grundlage weiterer Untersuchungen in den kommenden Jahren. Hier wird sich dann zeigen, inwieweit die bisherigen Ergebnisse bestätigt werden oder neue Erkenntnisse hinzukommen.

## 6 Zusammenfassung

Gegenstand des hier vorgestellten grenzüberschreitenden Projektes ist auf deutscher Seite die Untersuchung des Einflusses verschiedener Bewässerungsverfahren in der Spargelproduktion auf die Nitratgehalte im Boden und die Erträge und Qualitäten von Spargel. Auf französischer Seite werden der Anbau verschiedener Spargelsorten bei unterschiedlichen Standweiten und deren Eignung für den Anbau am südlichen Oberrhein geprüft.

Die Spargelproduktion stellt für die Landwirte am südlichen Oberrhein eine bedeutende Einkommensquelle dar. Aufgrund des Oberrheinklimas ist die Bewässerung zum Ausgleich von Ertragsschwankungen notwendig, jedoch kann eine ungesteuerte Bewässerung Nitratauswaschung zur Folge haben. Die Lösung besteht in der Prüfung neuer Anbaumethoden und Spargelsorten, sowie der Optimierung des Bewässerungsmanagements unter ökologischen und ökonomischen Aspekten. Dadurch sollen für die Landwirtschaft die Erträge gesichert und durch Qualitätsverbesserung des Erntegutes der südliche Oberrhein als Anbaugbiet hochwertiger landwirtschaftlicher Produkte auch für die Zukunft gerüstet werden. Durch Vermeidung der Nitratauswaschung, Verringerung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes und durch Wassereinsparung soll der Boden und das Grundwasser geschützt werden.

Zur Bearbeitung der Versuchsfragen wurden zwei Versuchsanlagen eingerichtet. Die Versuchsanlage auf deutscher Seite dient der Untersuchung vier verschiedener Varianten der Bewässerung. Dazu wurden auf einem Spargelfeld verschiedene Bewässerungssysteme (zwei Systeme Unterflurbewässerung, Überkopfberegnung, Kontrolle) installiert. Auf französischer Seite wurde eine Versuchsanlage mit sechs verschiedenen Spargelsorten und jeweils zwei verschiedenen Pflanzdichten angelegt.

Im Bewässerungsversuch liegen die Ergebnisse der Versuchsjahre 1997 und 1998, im Sortenversuch die Ergebnisse des Versuchsjahres 1998 vor.

Die Jahre 1996 und 1997 erbrachten in den Sommermonaten reichliche Niederschläge, so daß in diesen beiden Jahren eine zusätzliche Bewässerung nicht notwendig war. Lediglich im August 1997 ermöglichte ein warmer Witterungsabschnitt ohne hohen Niederschläge den ersten Einsatz der Bewässerungssysteme. Da vor allem über die Unterflurbewässerung keine Erfahrungen vorliegen, mußten in dieser Zeit erste Erfahrungen mit den Bewässerungssystemen am Versuchsstandort gesammelt werden. Die zu gebende Wassermenge wurde bei der Überkopfbewässerung höher gewählt als bei den Unterflursystemen, da bis zu den Spargelwurzeln eine 30 cm dicke Bodenschicht durchfeuchtet werden mußte.

Nach einem niederschlagsreichen Frühjahr 1998 folgte ein im Vergleich zu den beiden vorherigen Jahren 1996 und 1997 trockener Sommer. Ende Juni wurden die Bewässerungssysteme in Betrieb genommen. Die Steuerung erfolgte, wie bereits im Vorjahr, zeitabhängig, jedoch diesmal mit Beeinflussung durch die eingebauten Steuertensiometer. Die Höhe der Beregnungsgaben bei der Überkopfbewässerung erfolgte nach den Empfehlungen des erstmalig in diesem Jahr vom Deutschen Wetterdienst und BLHV bereitgestellten Beregnungsinformationsdienstes. Die Bodenfeuchtwerte wurden, wie schon im Jahr zuvor, mit verschiedenen Methoden in den einzelnen Varianten erfaßt. Es zeigte sich, daß bei der Unterflurbewässerung schon geringe Bewässerungsgaben bis zu 5 mm auch in tieferen Bodenschichten eine Wirkung zeigten. Im Verlauf der Bewässerungsperiode wurden auch die

Merkmale der unterschiedlichen Bewässerungssysteme im Zusammenhang mit den sonstigen Kulturmaßnahmen aufgenommen.

Der Bewässerungsversuch in Feldkirch wurde erstmalig 1997 beerntet. In der überkopf bewässerten Variante lag der Ertrag bei 20,2 dt/ha, in der Kontrollvariante bei 19,1 dt/ha, in der Unterflurvariante T-Tape bei 18,6 dt/ha und in der Unterflurvariante RAM bei 19,4 dt/ha. Die Sortierungen unterschieden sich zwischen den Varianten nur gering. 1998 wurde vom 20. April bis 1. Juni an 41 Tagen geerntet. Die Erträge lagen in der Überkopfvariante bei 68,4 dt/ha, in der Kontrollvariante bei 73,8 dt/ha, in der Variante T-Tape bei 74,9 dt/ha und in der Variante RAM bei 77,9 dt/ha. Auch in diesem Erntejahr gab es zwischen den Varianten nur geringe Unterschiede in den Sortierungen.

Nach Ende der Ernte 1997 wurden als Grundlage für die Düngung Bodenproben gezogen und analysiert. Die weiteren Beprobungen bis zum Jahresende ergaben für alle Varianten Nitratwerte unterhalb des SchALVO-Grenzwerts von 45 kg/ha. Das Jahr 1998 gestaltete sich in bezug auf die Nitratwerte im Boden äußerst schwierig. Nach Düngung der Versuchsanlage zu Beginn der Vegetationsperiode stellte sich bis Anfang September ein trockener Witterungsabschnitt ein, der nur vereinzelt durch Niederschläge in nennenswertem Umfang unterbrochen wurde. Die Nitratwerte schwankten in den Varianten gleichermaßen zwischen den Probenentnahmen in zum Teil erheblichem Umfang. Diese Schwankungen betrafen jedoch hauptsächlich die oberste Bodenschicht von 0 bis 30 cm Tiefe. In den Schichten 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm lagen die Werte bis Ende November auf konstant niedrigem Niveau. Erst ab Ende November waren in der Schicht 30 bis 60 cm höhere Nitratwerte feststellbar. In den unterflur bewässerten Varianten waren im Vergleich zu den anderen Varianten meist niedrigere Nitratwerte festzustellen. Es ist davon auszugehen, daß der Nitratgehalt im Boden durch weitere Faktoren (Nitrifikation, Denitrifikation, Begrünung etc.) beeinflusst wird, was die Interpretation der Ergebnisse erschwert.

In den Jahren 1996, 97 und 98 wurden die Bestände während der Vegetationsphase in den einzelnen Varianten bonitiert. Die Ergebnisse dieser Bonituren ergaben jedoch nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten.

Die ökonomische Beurteilung verschiedener Wasserverteilungssysteme in der Spargelproduktion erfordert im Vergleich zu anderen Kulturen andere Ansätze. Tropfbewässerung wird allgemein gegenüber anderen Wasserverteilungsverfahren als teures Verfahren betrachtet. Vor allem die Unterflurbewässerung, über die in unserem Raum nur sehr wenig Erfahrungen vorliegen, wird hier an vorderster Stelle genannt. In der Spargelproduktion sind die Investitionskosten für eine Überkopfberegnungsanlage durchaus mit einer unterflur verlegten Tropfbewässerung vergleichbar. Betreffend den Arbeitszeitbedarf (Wartung, Reparatur etc.) liegen für Unterflurbewässerungssysteme bisher kaum Daten vor. Im allgemeinen wird vom gleichen Arbeitszeitbedarf wie für Kreisberegnungsanlagen ausgegangen. Setzt man für beide Systeme die gleiche Nutzungsdauer von acht bis zehn Jahren voraus, so kann die Unterflurbewässerung in der Gesamtkostenbetrachtung eine interessante Alternative zu herkömmlichen Verfahren darstellen.

Der Sortenversuch in Rumersheim wurde erstmalig 1998 im Zeitraum vom 20. April bis 19. Mai beerntet. Dabei zeigten sich Unterschiede in den Gesamterträgen und dem Ertragsverlauf der verschiedenen Spargelsorten. Weitere Untersuchungen bezogen sich auf die Qualität der verschiedenen Sorten. Auch der Einfluß der Pflanzdichte wurde in verschiedener

Hinsicht untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß bei der dichteren Pflanzung (3 Pfl./m) der Ertrag pro Fläche höher ist als bei der Pflanzung mit 2 Pfl./m, jedoch die Erträge je Pflanze bei 2 Pfl./m höher sind als bei 3 Pfl./m. Untersuchungen während der Vegetationsphase in Hinblick auf phytosanitäre Aspekte ergaben noch keine eindeutigen Ergebnisse. Um hier Klarheit zu gewinnen sind weitere Untersuchungen in den Folgejahren erforderlich.

## 7 Literatur

- [ 1 ] HARTMANN, H.D.: Spargel – Grundlagen für den Anbau; Verlag Eugen Ulmer 1996
- [ 2 ] KRUG, H. und D. KAILUWEIT: Gefährdet Spargelanbau die Umwelt? N-Düngung, Nmin-Reste und Ertrag; Gemüse 6/1999
- [ 3 ] NN; Ratschläge für den Spargelanbau; Vereinigung der Spargelanbauer in Westfalen-Lippe e.V.; 3. Auflage 1997
- [ 4 ] PASCHOLD, P.-J.; HERMANN, G. und B. ARTELT: Einfluß der Stechdauer auf den Anteil Spargel der Handelsklasse I; Gemüse 1/1998
- [ 5 ] VOGEL, G.: Handbuch des speziellen Gemüsebaus; Stuttgart 1996
- [ 6 ] ZIEGLER, J.: Vorlage Excel Tabelle „Spargelkalkulation“; Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau Neustadt a. d. Weinstraße
- [ 7 ] ZIEGLER, J: Bleichspargelanbau; Neustadter Hefte Nr. 101; Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau Neustadt a. d. Weinstraße; 1999
- [ 8 ] ZIEGLER, J; Bleichspargelanbau; Neustadter Hefte Nr.68 Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau Neustadt a. d. Weinstraße
- [ 9 ] ZMP: Rückblick auf die Spargelsaison 1998, Messesonderdruck November 1998
- [ 10 ] ZMP: Spargel: Produziert Europa nur für Deutschland?; Der Markt – Obst und Gemüse 3/98
- [ 11 ] ZMP-Bilanz Gemüse 1998 Deutschland-EU-Weltmarkt

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung .....	1
1.1	Einleitung .....	1
1.2	Problemstellung .....	2
2	Methodik .....	3
2.1	Bewässerungsversuch Feldkirch .....	3
2.1.1	Angebaute Spargelsorte .....	3
2.1.2	Bewässerungsverfahren .....	3
2.1.3	Standortbeschreibung .....	5
2.1.4	Bestimmung des Wassergehalts im Boden .....	6
2.1.5	Bodenuntersuchungen .....	7
2.1.6	Versuchsernte .....	7
2.2	Sortenversuch Rumersheim .....	8
2.2.1	Verwendete Spargelsorten .....	9
3	Ökonomik der Spargelproduktion .....	11
3.1	Einführung .....	11
3.2	Spargelanbau .....	11
3.2.1	Vorbereitungsjahr und Pflanzjahr .....	11
3.2.2	Erntejahre .....	12
3.2.3	Einflußfaktoren auf den Ertrag bei Spargel .....	12
3.2.4	Kosten der Spargelproduktion .....	13
3.3	Ökonomische Kenndaten der Bewässerungsverfahren .....	14
3.3.1	Voraussetzungen .....	14
3.3.1.1	Überkopfbewässerung .....	15
3.3.1.2	Unterflurbewässerung .....	15
3.3.2	Kostenvergleich der beiden Systeme .....	16
3.3.3	Wirtschaftliche Einordnung der Bewässerung in der Spargelproduktion .....	17
4	Versuchsergebnisse .....	19
4.1	Bewässerungsversuch Feldkirch .....	19
4.1.1	Bewässerung .....	19
4.1.2	Erträge und Sortierungen .....	28
4.1.3	Bodenuntersuchungen .....	30
4.1.4	Begleitende Untersuchungen .....	33
4.2	Sortenversuch Rumersheim .....	35
4.2.1	Erträge und Frühzeitigkeit .....	35
4.2.2	Einfluß der Pflanzdichte .....	38
4.2.3	Gesundheitszustand der Anlage .....	39
5	Diskussion der Versuchsergebnisse .....	40
5.1	Bewässerungsversuch Feldkirch .....	41
5.1.1	Bewässerungsverfahren .....	41
5.1.1.1	Vergleich Unterflurbewässerung - Überkopfbewässerung .....	41
5.1.1.2	Praktischer Einsatz der Bewässerungstechnik .....	43
5.1.2	Ernte .....	44
5.1.3	Bodenuntersuchung .....	45
5.1.4	Bonituren des Bestandes .....	45
5.2	Sortenversuch Rumersheim .....	46
6	Zusammenfassung .....	47
7	Literatur .....	50

## Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Bodenphysikalische Analysedaten des Versuchssdandortes Feldkirch.....	5
Tab. 2:	Sortiervorschriften für Spargel der deutschen Erzeugerorganisationen (EO) ab Saison 1997 .....	8
Tab. 3:	Gesamtbewässerungsmenge in den Varianten 1997.....	20
Tab. 4:	Gesamtbewässerungsmenge in den Varianten 1998.....	24
Tab. 5:	Erträge und Anteile der Sortierungen in den Varianten 1997 (ohne differenzierte Bewässerung) .....	28
Tab. 6:	Erträge und Anteile der Sortierungen in den Varianten 1998 .....	29
Tab. 7:	N <sub>min</sub> -Gehalt in den beprobten Bodenschichten 1997 (kg N/ha) .....	31
Tab. 8:	N <sub>min</sub> -Gehalt in den beprobten Bodenschichten 1998 (kg N/ha) .....	32
Tab. 9:	Bonitur des Bestandes Oktober 1997 .....	33
Tab. 10:	Bonitur des Bestandes Juli 1998 .....	34
Tab. 11:	Bonitur des Bestandes September 1998 .....	34
Tab. 12:	Entwicklung des Ertrages in den Varianten (t/ha) .....	36
Tab. 13:	Einfluß der Pflanzdichte auf den Gesamtertrag und Ertrag pro Pflanze .....	38

## Verzeichnis der Abbildungen

Bild 2:	Versuchsplan mit den Sorten und Standweiten .....	9
Bild 3:	Anteil der verschiedenen Kosten je kg Spargel .....	14
Bild 4:	Lufttemperatur und Niederschlag Juni bis August 1997 am Bewässerungsversuch.....	19
Bild 5:	Bewässerungsgaben in mm in allen Varianten 1997 .....	20
Bild 6:	Saugspannungswerte im Boden bei Unterflurbewässerung (Parzelle 16, RAM) .....	21
Bild 7:	Saugspannungswerte im Boden bei Überkopfbewässerung.....	22
Bild 8:	Saugspannungswerte im Boden ohne Zusatzbewässerung .....	23
Bild 9:	Bewässerungsgaben in mm in allen Varianten 1998 .....	24
Bild 10:	Saugspannungswerte im Boden bei Unterflurbewässerung (T-Tape, Parzelle 10) .....	25
Bild 11:	Saugspannungswerte gemessen am Steuertensiometer bei Unterflurbewässerung (T-Tape).....	25
Bild 12:	Saugspannungswerte bei Überkopfbewässerung.....	26
Bild 13:	Saugspannungswerte im Boden ohne Zusatzbewässerung .....	27
Bild 14:	Gesamt Nitratstickstoff in der Bodentiefe 0 bis 90 cm (1997) .....	30
Bild 15:	Gesamt Nitratstickstoff in der Bodentiefe 0 bis 90 cm (1998) .....	32
Bild 16:	Aufsummierte Erträge der einzelnen Sorten .....	36
Bild 17:	Anteile der Spargel mit < oder > 16 mm Durchmesser .....	37
Bild 18:	Aufteilung der Ernte auf Handelsklassen.....	37