



**Unterflurtropfbewässerung bei Wein im Seewinkel –
Optimierung der Wasser- und Nährstoffversorgung
durch neue Bewässerungs- und Monitoringsysteme**

Diplomarbeit

Betreuer:

Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Klik

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Cepuder

Universität für Bodenkultur, Wien (BOKU)

Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU)

Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft (IHLW)

Vorstand: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Klik

eingereicht von

Reinhard Nolz

Wien, Februar 2007

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde am Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur in Wien erstellt. Grundlage ist das Projekt „Unterirdische Tropfbewässerung im Weinbau mit induziertem partiellen Trockenstress“, welches 2003 bis 2006 im Seewinkel im Burgenland durchgeführt wurde.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen Betreuern Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Klik und Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Cepuder für ihre Anregungen und hilfreichen Stellungnahmen bedanken.

Ein besonderer Dank gilt allen, die an der Umsetzung des Projekts beteiligt und mir stets behilflich waren: Dipl.-Ing. Gottfried Reisner, Ralph George, Alois Kracher, Hans Thyringer, Gernot Heinrich, Hermann Kierein und Josef Pöckl.

Widmen möchte ich diese Diplomarbeit meiner Frau Christina und meiner Familie für ihre Geduld und Unterstützung.

Kurzfassung

Im Weinbau wird Bewässerung vorwiegend zur Qualitätssicherung und Ertragsstabilisierung eingesetzt. Ökonomisch und ökologisch sinnvoll kann Bewässerung nur betrieben werden, wenn sie sich am Wasserbedarf der Weinrebe orientiert.

Im Rahmen eines vierjährigen Projektes (2003-2006) kamen in mehreren Weingärten im Seewinkel neue Systeme zur Bewässerungssteuerung und Nährstoffüberwachung zum Einsatz. Ziel war eine optimale Versorgung der Rebe mit Wasser und Nährstoffen und gleichzeitig schonender Umgang mit Ressourcen (Wasser, Energie).

Zur Messung des Bodenwasseranteils wurden FDR-Sensoren eingesetzt. Mehrere Messstationen dienten zur Aufzeichnung und Speicherung der Daten. Über ein Modem wurden die Bodenwasser-Messungen abgerufen und notwendige Bewässerungsmaßnahmen veranlasst. Ziel der Arbeit war die Optimierung der Bewässerung durch gezielte Steuerung.

Bewässert wurde sowohl mit der bestehenden Tropfbewässerung als auch über ein neu installiertes Unterflurtropfbewässerungssystem, welches den Pflanzen das Wasser direkt in der Wurzelzone zuführt. Dadurch wird die Effektivität der Wasseraufnahme gesteigert und die Nutzung der Ressource Wasser optimiert.

Für die Nährstoffüberwachung wurden im Laufe der Vegetationsperiode mehrmals Boden- und Blattproben genommen und in einem Labor untersucht. Auf Basis dieser Analysen wurden Düngeempfehlungen gegeben.

Die angewendeten Bewässerungs- und Monitoringsysteme boten zahlreiche Möglichkeiten zur Optimierung der Pflanzenversorgung. In der praktischen Umsetzung gab es aber teilweise Schwierigkeiten, wodurch das Potenzial nicht voll ausgeschöpft werden konnte.

Schlüsselwörter: Unterflurtropfbewässerung, Bodenwassermessung, Bewässerungsmanagement, Nährstoffüberwachung

Abstract

In viticulture irrigation is primarily used for the purposes of quality assurance and yield stabilization. Irrigation can only be carried out in an economically and ecologically sensible way if it is oriented on the crop water requirement of grapes.

In a four-year project (2003–2006) new systems of irrigation and fertilization management were implemented in several vineyards in Seewinkel. The project aimed at the optimal supply of the grapes with water and nutrients in combination with a sensible, economical use of resources (water, energy).

Soil water content was measured with FDR sensors. The data were recorded and stored in several logger stations. Via a modem the soil water measurement data were transferred, and irrigation events operated. The objective of this work was to optimize irrigation through strategic management.

Conventional drip irrigation as well as a newly installed subsurface drip irrigation system, which applies the water directly to the root zone of the plants, was used for irrigation. This helps to increase the efficiency of water uptake and to optimize the use of water.

For nutrition management several soil samples and leaf samples were taken during the vegetation period and analyzed in a laboratory. These analyses were used as a basis for recommendations on fertilization.

The irrigation and monitoring systems deployed provided several opportunities to optimize the water and nutrient supply of the plants. However, the full potential could not be reached due to difficulties in the practical implementation.

Keywords: subsurface drip irrigation, soil water measurement, irrigation management, fertilization management

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Projektbeschreibung	2
1.2	Projekthalt	2
1.3	Projektziele	3
2	Projektgebiet	4
2.1	Allgemein	4
2.2	Weinbau in Österreich und im Seewinkel	5
2.3	Weinsorten	6
2.4	Versuchsflächen	7
2.4.1	Illmitz	7
2.4.2	Weingut Kracher	10
2.4.3	Pamhagen	10
2.4.4	Weingut Heinrich	11
2.5	Klima	11
2.5.1	Ansprüche der Weinrebe an das Klima	15
2.6	Boden	16
2.6.1	Bodenwasser	17
2.6.2	Pflanzenverfügbares Bodenwasser	19
3	Bewässerung	20
3.1	Bewässerung im Weinbau	20
3.2	Tropfbewässerung TB (Drip Irrigation DI)	21
3.2.1	Entwicklung der TB	21
3.2.2	Vor- und Nachteile der TB	22
3.2.3	Systemkomponenten der TB	22
3.3	Unterflurtropfbewässerung UTB (Subsurface Drip Irrigation SDI)	23
3.3.1	Entwicklung der UTB	23
3.3.2	Vor- und Nachteile der UTB	23
3.3.3	Systemkomponenten der UTB	26

3.4	Bewässerungsmanagement	29
3.5	Wasserbedarf	31
3.6	Bewässerungsbedarf	34
3.6.1	Berechnen des Bewässerungsbedarfs	36
3.7	Partial Rootzone Drying PRD	38
4	Rebernährung	40
4.1	Nährstoffe	40
4.1.1	Hauptnährstoffe (Makronährstoffe)	41
4.1.2	Spurenelemente (Mikronährstoffe)	42
4.2	Überblick über Reberkrankungen	42
5	Methoden	43
5.1	Installation der Unterflurtropfbewässerung	43
5.2	Installation der Sensoren zur Bewässerungssteuerung	48
5.3	Integriertes Monitoring	52
5.3.1	Bodenanalysen	52
5.3.2	Blattanalysen	53
5.3.3	Traubenanalysen	56
6	Ergebnisse	58
6.1	Erfahrungen mit der UTB	58
6.2	Bewässerungssteuerung	58
6.3	Bewässerung und Düngung Pamhagen 2004	61
6.4	Bewässerung und Düngung Illmitz 2005	64
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	76
8	Summary and Conclusions	78
9	Literaturverzeichnis	80
10	Tabellenverzeichnis	85
11	Abbildungsverzeichnis	86
12	Anhang	88

1 Einleitung

Die Erzeugung qualitativ hochwertiger Weine und deren Vermarktung ist das Hauptziel im modernen Qualitätsweinbau. Im Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Politik, Tourismus und nicht zuletzt der Umwelt versuchen Winzer dieses Ziel zu erreichen und für die Zukunft zu sichern. Die Rahmenbedingungen haben sich im letzten Jahrzehnt für die österreichischen Winzer entscheidend geändert. Die Herausforderungen reichen vom Beitritt Österreichs zur Europäischen Union 1995 und der damit verbundenen Wandlung der politischen und gesetzlichen Landschaft, bis hin zu jüngsten Diskussionen über den Klimawandel. Nicht zuletzt die gestiegenen Ansprüche der Konsumenten verlangen vom Winzer entsprechende Qualität, um am globalen Weinmarkt bestehen zu können (REDL, 2003).

Um Weine erzeugen zu können, die internationalen Maßstäben standhalten, müssen an jeden Produktionsschritt entsprechend hohe Qualitätsanforderungen gestellt werden. Gute Weinqualität setzt gute Traubenqualität und entsprechende Weiterverarbeitung im Weinkeller voraus. Traubenqualität und Ertrag hängen vom Zustand und der Gesundheit des Weinstocks sowie von der Wasser- und Nährstoffversorgung ab. Durch Pflegemaßnahmen im Weingarten und technische Hilfsmittel kann darauf Einfluss genommen werden (WUNDERER, 2002).

Die Basis bilden die Standorteigenschaften Boden (Bodenart, Bodenhydrologie), Klima (Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer) und Lage. Diese Faktoren charakterisieren den Wein, sie werden im allgemeinen unter dem Begriff „Terroir“ zusammengefasst. Unter diesen Voraussetzungen ist unter Berücksichtigung der sortenspezifisch unterschiedlichen Anforderungen eine optimale Versorgung der Rebe mit Wasser und Nährstoffen anzustreben (BMLFUW, 2003).

Als zusätzliches Ziel muss der schonende Umgang mit (Grund-) Wasserressourcen angesehen werden. In der Praxis bedeutet das sparsamen und verantwortungsvollen Umgang mit Bewässerungswasser, das in der Regel Trinkwasserqualität hat, und Schutz des Grundwassers vor schädlichen Einträgen (CEPUDER, 2004).

Ziel dieser Arbeit ist die Optimierung der Wasserversorgung der Weinrebe durch Beobachtung des Bodenwasseranteils und gezielte Steuerung der Bewässerung sowie die Optimierung der Düngemaßnahmen durch Beobachtung der Verfügbarkeit

von Nährstoffen in Boden und Pflanze. Die Effektivität der Bewässerung soll durch den Einsatz einer Unterflurtropfbewässerung gesteigert werden.

Die Grundlage bildet das Projekt „Unterirdische Tropfbewässerung im Weinbau mit induziertem partiellen Trockenstress (PRD)“, dass von 2003 bis 2006 im Seewinkel im Nördlichen Burgenland durchgeführt wurde.

1.1 Projektbeschreibung

Initiiert wurde das Projekt „Unterirdische Tropfbewässerung im Weinbau mit induziertem partiellen Trockenstress (PRD)“ von Winzern, die sich für neue Bewässerungsmethoden interessierten.

Das erste Projektjahr 2003 wurde von Christian Glocknitzer in seiner Diplomarbeit dokumentiert (vgl. GLOCKNITZER, 2004).

Die geplante Laufzeit von drei Jahren wurde später um ein Jahr - also bis einschließlich 2006 - verlängert. Projektträger ist die Gemeinschaft zur unterirdischen Tropfbewässerung im Weinbau, welche folgende Mitglieder umfasst:

- Alois Kracher, Illmitz (ab 2003)
- Gernot Heinrich, Gols (ab 2004)
- Josef Pöckl, Mönchhof (ab 2004)

Die Koordination des Projektes übernahm DI Gottfried Reisner vom Verein BERTA¹. Für die Umsetzung zeigte sich Ralph George von T-Systems Europe S. A. S. verantwortlich.

1.2 Projektinhalt

Weingärten wurden im Seewinkel im Bedarfsfall üblicherweise mit oberflächlichen Überkronenbewässerungssystemen (Kleinregner, Rohrtrommelberegnung) beregnet. Diese Form der Bewässerung ist in den letzten Jahren immer mehr der Tropfbewässerung gewichen.

¹ Burgenländische Einrichtung zur Realisierung Technischer Agrarprojekte

Mit der oberirdischen Tropfbewässerungstechnik ist es jedoch sehr schwierig, eine kontinuierliche Wasserversorgung durch sehr kleine Bewässerungsgaben zu gewährleisten, da bei oberflächlichen Bewässerungssystemen zuerst die oberste, nur wenig durchwuzelte Bodenschicht durchfeuchtet werden muss, bevor das Wasser in einen Bereich vordringen kann, in dem es auch von den Wurzeln der Weinrebe aufgenommen werden kann.

In den letzten Jahren wurde im Ausland im Bereich des Weinbaus die unterirdische Tropfbewässerungstechnik vermehrt angewendet, wobei hier eine spezielle Bewässerungsmethode (PRD – Partial Rootzone Drying) erprobt und untersucht wurde (DRY et al., 1996).

Diese in Australien entwickelte Weinproduktionstechnik soll nunmehr auf ihre Anwendbarkeit und ihre qualitätssteigernden Einflüsse auf das Traubenmaterial in Europa untersucht werden. Versuchsstandorte haben sich im Burgenland auf Grund seiner Qualitäts- und Prädikatsweinproduktion und seiner klimatischen Gegebenheiten angeboten.

1.3 Projektziele

- Minimierung der Wasserverluste durch unterirdische Tropfbewässerung (bis zu 50% weniger Wasserverbrauch als bei herkömmlicher Tropfbewässerung)
- Erhöhung der Einlagerung von qualitätsfördernden Inhaltsstoffen durch induzierten partiellen Trockenstress
- Nachhaltiger und schonender Umgang mit den natürlichen Ressourcen (Wasser, Energie, etc.)
- Steigerung der Qualität und Entwicklung hochqualitativer Weine durch neue umweltschonende Produktionstechniken

Die Umsetzung der Ziele soll durch die Entwicklung und Anwendung eines ganzheitlichen Bewirtschaftungskonzeptes gewährleistet sein, welches auf drei Teilbereiche basiert:

- Unterflurtropfbewässerung (SDI = Subsurface drip irrigation)
- Pflanzenüberwachung (Nährstoff- und Wasserversorgung)
- Partieller Trockenstress (PRD = Partial Root Drying)

2 Projektgebiet

Die Versuchsflächen liegen in den Gemeindegebieten von Illmitz und Pamhagen. Diese Gemeinden gehören zum politischen Bezirk Neusiedl am See im nördlichen Burgenland. „Seewinkel“ ist die Bezeichnung für die flache Ebene am Ostufer des Neusiedlersees. Mit einer Seehöhe zwischen 115 und 125 m ist dies der am tiefsten gelegene Teil Österreichs. Geografisch befinden wir uns am Nordwestrand der Kleinen Ungarischen Tiefebene.

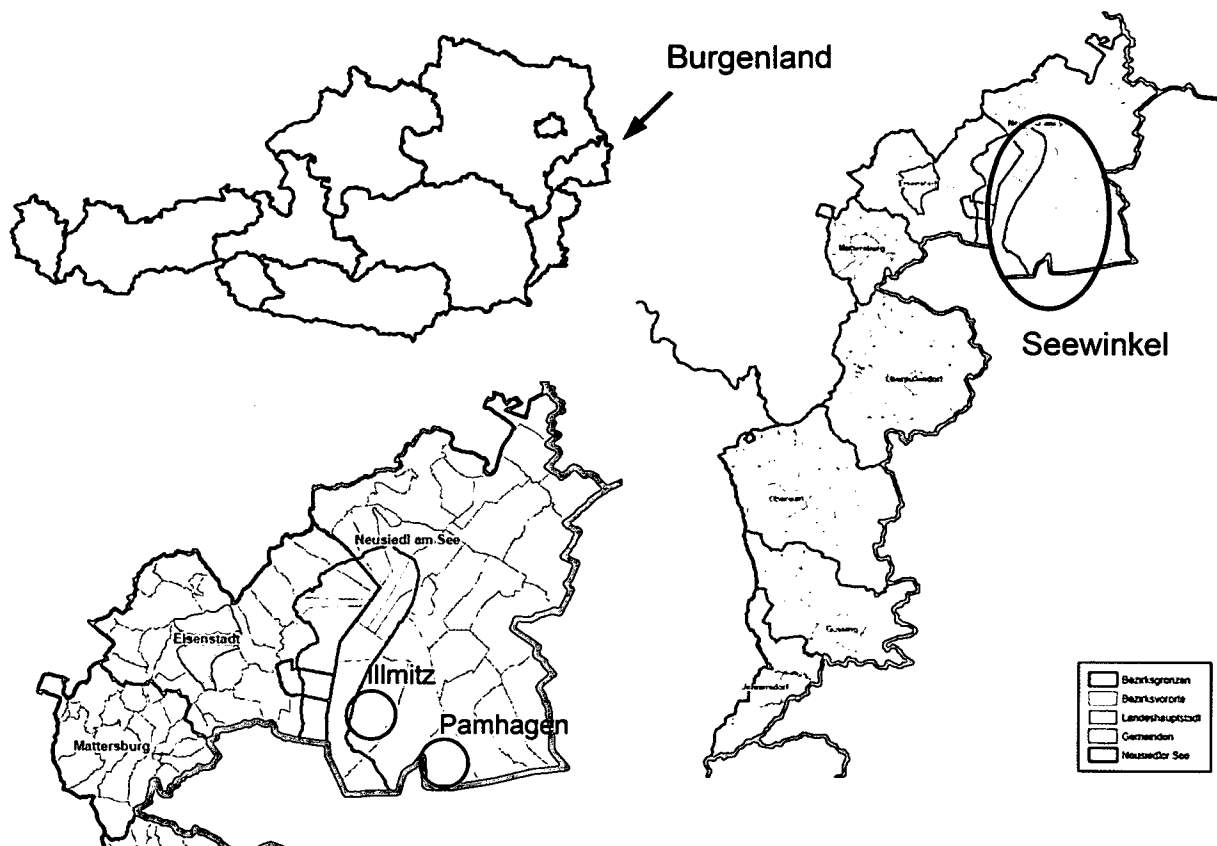


Abbildung 1: Projektgebiet im Seewinkel (©GIS Burgenland²).

2.1 Allgemein

Kennzeichnend für den Seewinkel sind die vielen Salzlacken und Seen, welche hauptsächlich von Oberflächengewässern (Kanälen) und Niederschlägen gespeist werden. Ihr Wasserstand unterliegt deshalb mehr oder weniger starken

² <http://gis.bgld.gv.at/>

Schwankungen, nicht wenige trocknen im Sommer zur Gänze aus. Der Seewinkel war historisch gesehen von Viehwirtschaft geprägt, Ackerflächen waren eher auf trockenere Standorte beschränkt. Weinbau gab es schon sehr früh, jedoch nicht im heutigen Ausmaß. Im vorigen Jahrhundert wurde der Seewinkel durch den Bau eines weitverzweigten Kanal- und Grabensystems großflächig entwässert. Dadurch konnten ehemals feuchte Wiesen umgebrochen und für den Acker- und Weinbau nutzbar gemacht werden (BMLF, 1986).

2.2 Weinbau in Österreich und im Seewinkel

Seit der Weingesetzesnovelle 1999 zählt das Burgenland gemeinsam mit Niederösterreich zur Weinbauregion „Weinland Österreich“. 92 % der gesamten Weingartenfläche Österreichs liegen in diesen beiden Bundesländern. Das Burgenland teilt sich in die vier Weinbaugebiete Neusiedlersee, Neusiedlersee-Hügelland, Mittelburgenland und Südburgenland. Das Weinbaugebiet Neusiedlersee umfasst den politischen Bezirk Neusiedl am See. Basierend auf der Weingartengrunderhebung 1999 hat das Weinbaugebiet Neusiedlersee eine Weingartenfläche von etwa 8300 ha, was 17 % der Weingartenfläche Österreichs entspricht. Heute beträgt die Gesamtfläche knapp 8900 ha (KRAUTSTOFFL et al., 2006).

Ein großer Teil der Flächen liegt im Seewinkel in den Weinbaugemeinden Apetlon, Frauenkirchen, Halbtorn, Illmitz, Pamhagen, Podersdorf, St. Andrä, Tadten, Andau, Wallern, Kittsee, Edelstal und Nickelsdorf. Zum Weinbaugebiet Neusiedlersee zählen außerhalb des Seewinkels noch die Orte Neusiedl/See, Jois und Winden an den Abhängen des östlichen Teiles des Leithagebirges und Weiden, Gols und Mönchhof an den Abhängen der Parndorfer Platte (Abbildung 2).

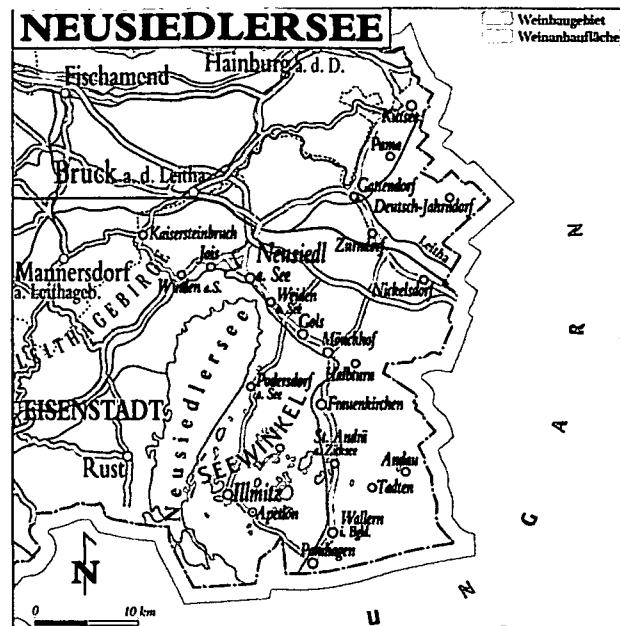


Abbildung 2: Weinbaugbiet Neusiedlersee (© ÖWM, 2007)

Während ursprünglich fast ausschließlich Weißweinsorten ausgesetzt wurden, kam es in den letzten beiden Jahrzehnten zu einem verstärkten Interesse an Rotwein. 1999 waren im Weinbaugbiet Neusiedlersee rund 6200 ha (75 %) Weißweinsorten und 2100 ha (25 %) Rotweinsorten vorhanden. Die Tendenz bei der Nachfrage nach Rotweinen und dem Anteil der Rotweinflächen ist nach wie vor steigend (KRAUTSTOFFL et al., 2006).

Hervorzuheben ist der Seewinkel auch noch wegen seiner Süßweine. Die Sandböden und vielen kleinen Seen und Lacken weisen ein einzigartiges Mikroklima auf, das die Edelfäule begünstigt, welche für die Entstehung von Süßweinen erforderlich ist (KRAUTSTOFFL et al., 2006).

2.3 Weinsorten

Die im Weinbaugbiet Neusiedlersee am häufigsten ausgesetzte Weißweinsorte ist Grüner Veltliner (25 %), gefolgt von Welschriesling (23 %) und Weißburgunder (12 %). Zu den Spezialitäten gehören Bouvier, Muskat Ottonel, Traminer und Chardonnay. Bei den Rotweinsorten kommen Zweigelt (55 %) und Blaufränkisch (23 %) vor St.Laurent, Cabernet Sauvignon und Pinot Noir (KRAUTSTOFFL et al., 2006). In der vorliegenden Arbeit kommen Welschriesling, Muskat Ottonel, Zweigelt

und St. Laurent vor, wobei Welschriesling und Muskat Ottonel als Trockenbeerenauslese gelesen wird.

Die Bezeichnungen für Qualitätswein unterliegen den strengen Bestimmungen des Österreichischen Weingesetzes. Darin sind unter anderem Mindestreife, Rebsorte und Hektarhöchstserträge definiert.

Qualitätswein wird aufgliedert in Kabinett(wein) und Prädikatswein. Prädikatsweine sind Weine besonderer Leseart. Dazu zählen die Süßweine. Es sind dies mit aufsteigender Gradation: Spätlese (19°KMW), Auslese (21°KMW), Beerenauslese (BA, 25°KMW), Ausbruch (27°KMW) und Trockenbeerenauslese (TBA, 30°KMW).

2.4 Versuchsflächen

2.4.1 Illmitz

Versuchsfläche 1 (Field No. 1) – Kapitel Spitz:

KG Illmitz (Riede Kapitel), Grst.Nr. 1725/198 (2600 m²),

bestehender Weingarten (5-jährig), Welschriesling; 18 Reihen á 50 m im Schnitt (Spitz); Reihenabstand 2.65 m

unterirdische Tropferleitung: 1700 lfm T-Tape TSX 515/0.30m/1.0lt/h

Wasserversorgung: Zuleitung von Wasserleitungsnetz WLV Nord

Bodentyp:

versalzte, karbonathaltige Feuchtschwarzerde aus feinem Schwemmmaterial –

D: g/Sp: h (1/2 Fläche entlang Straße)

versalzter, karbonathaltiger Gley aus Kalksand (Dammsand) über Schwemmmaterial

– D: m/Sp: g (restliche Fläche)

Versuchsfläche 2 (Field No. 2) - Kapitel:

KG Illmitz (Riede Kapitel), Grst.Nr. 1725/195 (2512 m²),

bestehender Weingarten (5-jährig), Welschriesling; 9 Reihen á 100 m;
Reihenabstand 2.65 m

unterirdische Tropferleitung: 1800 lfm T-Tape TSX 515/0.30m/1.0lt/h

Wasserversorgung: Zuleitung von Wasserleitungsnetz WLV Nord

Bodentyp: versalzter, karbonathaltiger Gley aus Kalksand (Dammsand) über
Schwemmmaterial – D: m/Sp: g* (gesamte Fläche)

Versuchsfläche 3 (Field No. 3 – New planting) - Zuteilung:

KG Illmitz (Riede Zuteilung), Grst.Nr. 1725/161 (2669 m²),

Neuauspflanzung im Frühjahr 2003; Muskat; 4 Reihen á 210 m, Reihenabstand
3.00 m;

Tropferleitungen wurden nach Auspflanzung im Boden verlegt (1700 lfm T-Tape TSX
515/0.30m/1.0lt/h);

Wasserversorgung: Zuleitung von Wasserleitungsnetz WLV Nord

Bodentyp:

versalzte, karbonathaltige Feuchtschwarzerde aus feinem sandigem Lockermaterial
– D: h/Sp: g (von Straße weg ca. 1/3 der Fläche)

kalkarmer Rigolboden aus Sand und Schotter – D: hh/Sp: g (restliche 2/3 der Fläche)

Versuchsfläche 4 (Field No. 4) – Luss Eigen:

KG Illmitz (Riede Lüss), Grst.Nr. 4433 (8347 m²),

bestehender Weingarten (3-jährig), Zweigelt; 4 Reihen á 780 m; Reihenabstand
2.70 m

vorhandene oberirdische Tropferleitung: 3100 lfm Netafim RAM 20/1.00m/1.2lt/h

Wasserversorgung: Anschluss an Versorgungsleitung 1.Illmitzer
Tropfbewässerungsanlage

Bodentyp:

kalkarmer Tschernosem aus feinem und grobem Lockermaterial – D: m/Sp: g (von Straße weg ca. 70m)

Tschernosem aus vorwiegend feinem, sandigem Lockermaterial – D: g/Sp: g (nächsten ca. 120m)

Paratschernosem aus feinem und grobem Lockermaterial über Schotter – D: hh/Sp: gg (nächsten ca. 40m)

Paratschernosem aus feinem und grobem Lockermaterial über Schotter – D: h/Sp: m (nächsten ca. 60m)

versalzte, karbonathaltige Fechtschwarzerde aus Schwemmmaterial – D: m/Sp: m (restlichen ca. 500m bis Feldende)

Versuchsfläche 5 (Field No. 5) - Luss Unterflur:

KG Illmitz (Riede Löss), Grst.Nr. 4434 (8230 m²),

bestehender Weingarten (3-jährig), Zweigelt; 4 Reihen á 780 m; Reihenabstand 2.70 m

Tropferleitung siehe Versuchsfläche 4 wird entfernt und durch unterirdische T-Tape Leitung (TSX 515/0.30m/1.0lt/h) ersetzt

Wasserversorgung: Anschluss an Versorgungsleitung 1.Illmitzer
Tropfbewässerungsanlage

Bodentyp: siehe Versuchsfläche 4

Versuchsfläche 6 (Field No. 6) – Luss Genossen:

KG Illmitz (Riede Löss), Grst.Nr. 4437 (8316 m²),

bestehender Weingarten (3-jährig), Zweigelt; 4 Reihen á 780 m; Reihenabstand 2.70 m

vorhandene oberirdische Tropferleitung: 3100 lfm Netafim RAM 20/1.00m/1.2lt/h

Wasserversorgung: Anschluss an Versorgungsleitung 1.Illmitzer
Tropfbewässerungsanlage

Bodentyp: siehe Versuchsfläche 4

2.4.2 Weingut Kracher

Die Versuchsflächen in Illmitz gehören zum Weingut Kracher. Alois Kracher ist Spezialist in der Produktion von Süßweinen. Ein großer Teil des 20 ha großen Betriebes steht dafür zur Verfügung. Für seine weltbekannten Dessertweine hat Alois Kracher schon zahlreiche Auszeichnungen erhalten. Die Versuchsflächen *Kapitel*, *Kapitel Spitz* und *Zuteilung* liegen in Seenähe, im geschützten Gebiet des Nationalparks Neusiedlersee, und dienen zur Süßweinproduktion. Ein kleiner Teil der Weingartenfläche von Alois Kracher sind Rotweine. Dazu gehören die Versuchsflächen *Luss*.

2.4.3 Pamhagen

Versuchsfläche 1 (Field No. 1) – Kierein (St. Laurent):

KG Pamhagen (Riede Kleinackerl), Grst.Nr. 2642 (3300 m²), Messstelle 17. Reihe vorne

bestehender Weingarten (3-jährig), St. Laurent; 6 Reihen á 200 m; Reihenabstand 2.80 m

unterirdische Tropferleitung: 2400 lfm T-Tape TSX 515/0.30m/1.0lt/h (≈340 lt/100 m/h)

Wasserversorgung: Feldbrunnen-Nr. 400 der WG Pamhagen

Bodentyp:

Tschernosem aus vorwiegend feinem, sandigem Lockermaterial – D: h/Sp: g (ca. 130 m Richtung Güterweg)

Paratschernosem aus feinem, groben, kalkfreien über kalkhaltigen Lockermaterial – D: h/Sp: g (ca. 70 m Richtung Güterweg)

Versuchsfläche 2 (Field No. 2) – Kierein (Zweigelt):

KG Pamhagen (Riede Kleinackerl), Grst.Nr. 2642 (3300 m²), Messstelle 17. Reihe hinten;

bestehender Weingarten (3-jährig), Zweigelt; 6 Reihen á 200 m; Reihenabstand 2.80 m

unterirdische Tropferleitung: 2400 lfm T-Tape TSX 515/0.30m/1.0lt/h ($\approx$ 340 lt/100 m/h)

Wasserversorgung: Feldbrunnen-Nr. 400 der WG Pamhagen

Bodentyp:

Tschernosem aus vorwiegend feinem, sandigem Lockermaterial – D: h/Sp: g

Versuchsfläche 3 (Field No. 3) – Kierein (Zweigelt ohne Bewässerung):

KG Pamhagen (Riede Kleinackerl), Grst.Nr. 2638+2639 , Messstelle 24. Reihe hinten bestehender Weingarten (3-jährig), Zweigelt; 3 Reihen á 520 m; Reihenabstand 2.80 m

Bodentyp:

Tschernosem aus vorwiegend feinem, sandigem Lockermaterial – D: h/Sp: g

2.4.4 Weingut Heinrich

Das Weingut Heinrich in Gols ist Abnehmer für die Trauben aus Pamhagen. Gernot Heinrich hat sich einen Spitzenplatz unter den Rotweinproduzenten Österreichs erarbeitet. Das über 50 ha große Weingut hat sich in den letzten Jahren zu einem modernen Betrieb entwickelt, der regelmäßig Auszeichnungen für seine Qualitätsweine erhält.

2.5 Klima

Das pannonische Klima des Seewinkels, welches auch noch weiter östlich in Ungarn herrscht, eignete sich von je her gut für den Weinbau. Wir befinden uns hier im Übergangsbereich vom mittel- zum osteuropäischen Klimatyp, wobei kontinentales Klima vorherrschend ist. Es ist gekennzeichnet durch heiße, trockene Sommer und sehr kalte Winter. Die Jahresmittelwerte der Temperatur sind mit über 10°C die höchsten in Österreich, die Minima und Maxima der Tagestemperaturen schwanken

zwischen -25°C und $+40^{\circ}\text{C}$. Der Neusiedlersee wirkt als Wärmespeicher und sorgt damit für einen Temperatúrausgleich, welcher unter anderem das Risiko von Nachtfrost im Frühjahr und im Herbst senkt. Für das Pflanzenwachstum sind Tage mit mittleren Temperaturen über 5°C von Bedeutung. Solche Tage treten hier zwischen Mitte März und Mitte November auf, woraus sich eine Vegetationsperiode von durchschnittlich 240 Tagen ergibt (BMLF, 1986). Die Vegetationszeit der Weinrebe liegt nach REDL et al. (1996) zwischen 180 und 240 Tagen.

Der Neusiedlersee mildert auch die sommerliche Trockenheit. Die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen sind sehr gering (Tabelle 1). Für den Weinbau sollten sie laut REDL et al. (1996) 400 mm nicht unterschreiten. Wichtig für die Landwirtschaft ist vor allem deren Verteilung. Von April bis August fallen etwa 50 % des Gesamtniederschlags. Darüber hinaus sind die Trockenperioden zu berücksichtigen, da sie einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Rebe haben (Tabelle 2). Die Verdunstung (gemessen mit Verdunstungswanne) ist mit 540 mm relativ hoch und wird durch den häufig auftretenden Wind noch verstärkt. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt rund 3 m/s (BMLF, 1986).

Die langjährigen Klimadaten stammen von der Station Andau, welche seit 1995 von der ZAMG betrieben wird. Sie liegt auf einer Seehöhe von 122 m, etwa 20 km östlich der Versuchsflächen. Tabelle 1 zeigt die Temperaturmittel und Niederschläge im Jahr und in der Vegetationsperiode (April bis September) für die Versuchsjahre 2003 bis 2006, sowie die langjährigen Mittelwerte (1996-2006).

Tabelle 1: Temperatur und Niederschlag in der Versuchsperiode

	Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]		Niederschlag [mm]	
		Veg.per.		Veg.per.
1996-2006	10,6	17,3	574	371
2003	10,9	18,9	381	246
2004	10,3	17,0	539	323
2005	10,2	17,3	648	461
2006	11,5	17,8	526	365

**Tabelle 2: Anzahl der Trockenperioden pro Jahr und während der Vegetationsperioden
(HYDROGRAPHISCHER DIENST 1994).**

		Tage	6-9	10-14	15-19	>20
Andau	1971-1990	Jahr	9	5	1	1
		Apr-Sept	5	2	0,8	0,4
	2003	Jahr	11	5	1	1
		Apr-Sept	4	4	0	0
Illmitz	2003	Jahr	10	7	2	0
		Apr-Sept	6	5	0	0

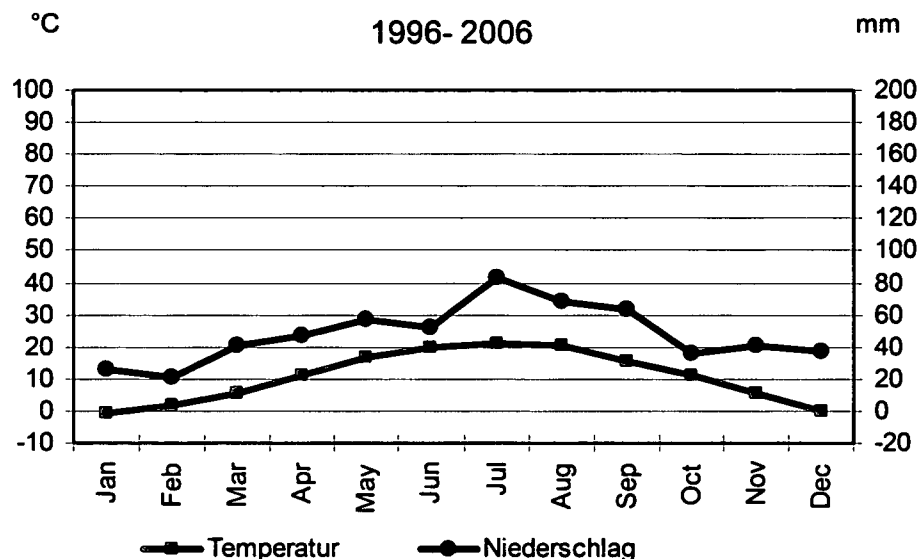


Abbildung 3: Klimadiagramm Andau 1996-2006

Knapp 70 % der Niederschläge sind innerhalb der Vegetationsperiode gefallen. Das Jahr 2003 war sehr trocken und überdurchschnittlich warm, während die übrigen Jahre eher durchschnittlich waren. Einen genaueren Aufschluss über die Niederschlagsmengen und ihre Verteilung soll Abbildung 4 geben. Dargestellt sind Klimatogramme der meteorologischen Station Andau der Jahre 2003 bis 2006.

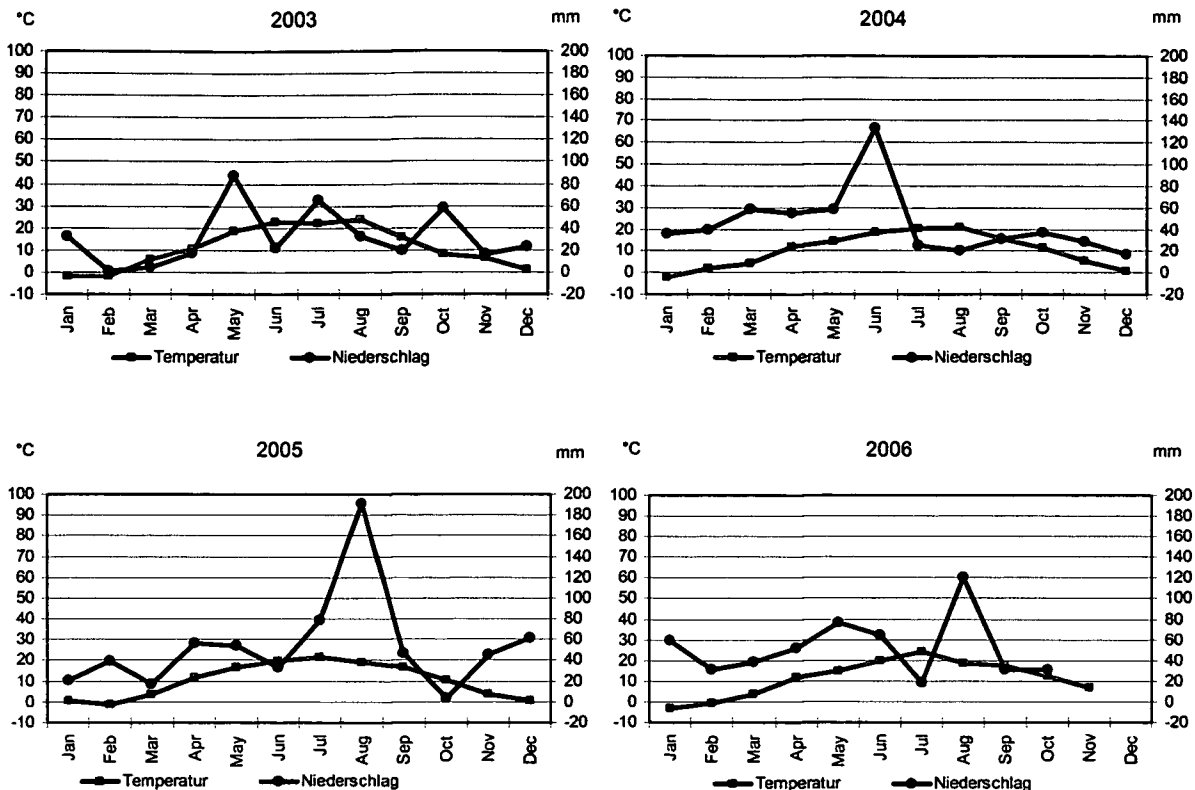


Abbildung 4: Klimatogramme für die Projektjahre 2003 bis 2006 der Klimastation Andau.

Im Juni 2004 gibt es eine Spitze in der Niederschlagsverteilung, welche von einer Trockenperiode im Juli und August gefolgt wird. Die Niederschlagskurve liegt in diesen beiden Monaten unter der Temperaturkurve, das bedeutet die Verdunstung ist größer als der Niederschlag. In diesem Bereich kann es vor allem in schlechteren Böden zu einem Wasserdefizit kommen. Das Jahr 2005 war gekennzeichnet durch überdurchschnittliche Niederschlagsmengen im August, welche in einigen Gebieten Österreichs (auch im Seewinkel) circa 200 % des Niederschlagsnormalwertes erreichten (ZAMG, 2006).

Neben den Klimadaten der ZAMG, welche als Monatsmittelwerte vorliegen, sind zur genaueren Analyse des Wasserhaushalts Tageswerte notwendig. Diese Daten stammen von den Adcon³-Messstationen der Burgenländischen Landwirtschaftskammer. Für das Jahr 2005 wurden die Daten der Station Illmitz verwendet. Durch die Entfernung zur Klimastation Andau gibt es natürlich Abweichungen der einzelnen Mittelwerte. Die lokalen Unterschiede liegen in einem vertretbaren Bereich, müssen jedoch bei der Analyse und Interpretation fallweise berücksichtigt werden.

³ <http://www.adcon.at>

Tabelle 3: Vergleich der Daten der verschiedenen Klimastationen

		Temperatur	Niederschlag
		°C	mm
2004	Illmitz	11,5	407
	Andau ZAMG	10,3	539
	Andau Addcon	10,3	515
2005	Illmitz	11,5	671
	Andau ZAMG	10,2	648

2.5.1 Ansprüche der Weinrebe an das Klima

Nach REDL et al. (1996) stellt die Weinrebe gewisse Mindestansprüche an das Klima. Erforderlich ist unter anderem eine Jahresdurchschnitts-Temperatur von mindestens 8,9°C, das Optimum liegt zwischen 11°C und 16°C. Ein Vergleich mit den Klimadaten in Tabelle 1 zeigt optimale Bedingungen im Versuchszeitraum. Als besonderes Kennzeichen für gute Reife gilt eine Durchschnittstemperatur im Juli von mindestens 18°C. Die gemessenen Juli-Temperaturen lagen deutlich über 20°C. Die optimale Temperatursumme während der Vegetationsperiode wird mit mindestens 2900°C angegeben. Im Versuchszeitraum wurden 3100°C während der Vegetationsperiode nicht unterschritten. Die Sonnenscheindauer von 2000 Stunden pro Jahr liegt im Seewinkel im optimalen Bereich. Demnach waren die klimatischen Bedingungen für den Weinbau während der Projektdauer sehr gut.

Darüber hinaus spielt bei der Produktion von Süßweinen der Schimmelpilz "Botrytis cinerea", die Edelfäule, eine entscheidende Rolle. Der Pilz entzieht den Beeren das Wasser, wobei Zucker, Säure und Aromastoffe konzentriert werden. Aus den rosinenartigen Beeren wird ein dunkler, zähflüssiger Most herausgepresst, welcher dann zu Prädikatsweinen vergoren wird. Wie schon erwähnt bietet das Kleinklima in der Nähe des Neusiedlersees die idealen Bedingungen für die Edelfäule. In erster Linie sind dies hohe Luftfeuchtigkeit (Nebel) am Morgen und am Abend und nachmittäglicher Sonnenschein im Spätherbst, also zu einem Zeitpunkt, wo andere Sorten schon gelesen werden.

2.6 Boden

Der Boden bietet dem Weinstock als Wurzelraum Verankerung sowie Versorgung mit Wasser, Sauerstoff und Nährstoffen. Die Versorgung ist abhängig vom Vorrat und der Verfügbarkeit aber auch von Durchwurzelbarkeit und Leitfähigkeit des Wurzelraumes für Flüssigkeiten und Gase. Als Bodenfruchtbarkeit bezeichnet man die Fähigkeit des Bodens, den Pflanzen als Standort zu dienen (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1982).

Im Weinbaugebiet Neusiedlersee sind vor allem am Nordostufer des Neusiedlersees Lößböden und Schwarzerdeböden zu finden. Im Seewinkel sind daneben noch Schotter-, Sand- und Salzböden vertreten. Auf den Versuchsflächen in Pamhagen und *Luss* in Illmitz ist Rotwein ausgesetzt. Die Bodenform ist Tschernosem (Schwarzerde) aus vorwiegend feinem, sandigem Lockermaterial und Paratschernosem aus feinem und grobem Lockermaterial über Schotter mit hoher Durchlässigkeit und guter Speicherfähigkeit (BMLF, 1978).

Tschernoseme sind sehr fruchtbare Ackerstandorte. Für die Wasserspeicherfähigkeit und die Verfügbarkeit des Bodenwassers für die Pflanzen ist die Bodenart ausschlaggebend. Sie wird durch die Korngrößenverteilung des Feinbodens bestimmt. Die Kornverteilung für den Standort *Luss* ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Kornverteilung, Humusanteil, Kalk und pH-Wert in verschiedenen Tiefen für *Luss* - Tschernosem aus feinem, sandigem Lockermaterial

Entnahmetiefe	Sand %	Schluff %	Ton %	Humus %	Kalk %	pH
in cm	2-0,06mm	0,06-0,002mm	<0,002mm			
25	49	34	17	2	4,2	7,5
50	64	25	11	0,8	26,0	7,8
70	80	15	5	0,4	38,1	8,1
90	50	42	8	0,3	42,2	7,9

Die restlichen Versuchsflächen in Illmitz (*Kapitel*, *Kapitel Spitz* und *Zuteilung*) dienen zur Süßweinproduktion. Die vorwiegende Bodenform ist versalzter, karbonathaltiger Gley aus Kalksand (Dammsand) über Schwemmmaterial. Daneben existiert in kleinerem Ausmaß auch noch versalzte, karbonathaltige Feuchtschwarzerde aus feinem sandigem Schwemmmaterial. Die Durchlässigkeit ist gut, die Speicherfähigkeit hoch (BMLF, 1978).

Gleye sind vom Grundwasser beeinflusste Böden. Tabelle 5 zeigt die Kornverteilung für die Versuchsfläche *Kapitel Spitz*.

Tabelle 5: Kornverteilung, Humusanteil, Kalk und pH-Wert in verschiedenen Tiefen für *Kapitel Spitz*: sandiger Gley

Entnahmetiefe	Sand %	Schluff %	Ton %	Humus %	Kalk %	pH
in cm	2-0,06mm	0,06- 0,002mm	<0,002mm			
20	97	2	1	0,4	11,6	8,0
45	97	1	2	0,3	9,8	8,1
65	88	7	5	0,5	19,0	8,0
75	78	7	15	0,4	20,2	8,2
95	16	43	41	0,8	17,3	8,2
115	28	28	44	0,3	14,8	8,2

2.6.1 Bodenwasser

„Als Bodenwasser bezeichnet man den Wasseranteil, der durch Trocknung bei 105°C aus dem Boden entfernt werden kann.“ (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1998)

Diese gravimetrische Labormethode ist die einzige Methode zur direkten Bestimmung des Wassergehalts. Er ist definiert als Wassermasse der Bodenprobe durch Feststoffmasse der Bodenprobe und wird in Gewichtsprozent (g/100g) angegeben. Als Wasseranteil bezeichnet man das Verhältnis des Wasservolumens der Bodenprobe zum Gesamtvolumen der Bodenprobe, er wird in Volumenprozent angegeben.

Das Wasser unterliegt im Boden verschiedenen Bindungsarten, wodurch seine Eigenschaften charakterisiert werden. Es wird demnach in Grundwasser, Adsorptionswasser und Kapillarwasser eingeteilt. Als Grundwasser wird jenes Wasser bezeichnet, das die Hohlräume des Bodens zusammenhängend ausfüllt und unter gleichem oder größerem Druck steht, als in der Atmosphäre herrscht. Adsorptionswasser ist jenes Wasser, das an die gesamte Oberfläche der Teilchen durch Adsorptionskräfte und osmotische Kräfte angelagert wird. Kapillarwasser wird durch Oberflächenspannung in den kapillaren Zwischenräumen festgehalten (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1998).

Abhängig von der Bindungsart wird das Wasser mit verschiedenen starken Kräften im Boden festgehalten. In der Bodenphysik spricht man vom Potential, welches definiert ist als Arbeit, die man benötigt, um eine Einheitsmenge Wasser von einem gegebenen Punkt eines Kraftfeldes zu einem Bezugspunkt zu transportieren. Als Matrixpotential wird jener Anteil des Gesamtpotentials bezeichnet, welcher den Einfluss der Bodenmatrix⁴ auf das Wasser beschreibt. Je weniger Wasser ein Boden enthält, desto stärker wird es festgehalten und desto schwerer kann es dem Boden entzogen werden. Diese Beziehung zwischen Matrixpotential bzw. Wasserspannung und dem Wassergehalt hängt von der jeweiligen Bodenart (Kornverteilung) ab. Sie wird in pF-Kurven dargestellt (Abbildung 5). Der pF-Wert gibt den dekadischen Logarithmus einer Wassersäule in cm an (SCHEFFER/ SCHACHTSCHABEL, 1998).

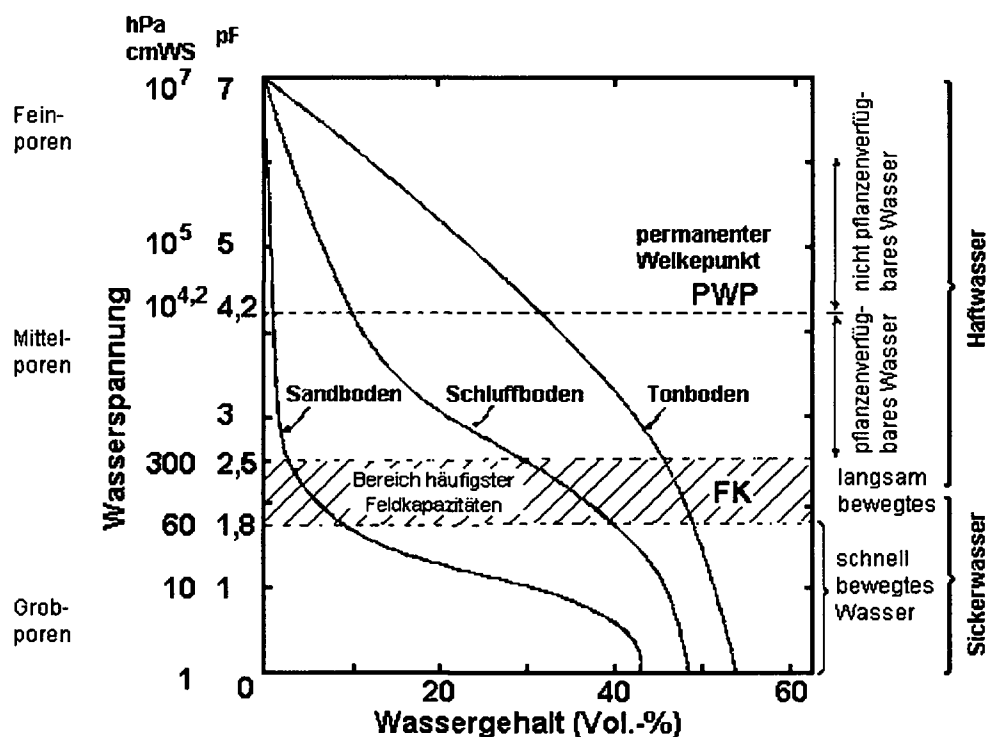


Abbildung 5: Wasserspannungs-Wassergehaltsbeziehung (pF-Kurve) für verschiedene Bodenarten (Sand, Schluff, Ton) nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1998).

⁴ Bodenmatrix = Festsubstanz, in die Wasser eingebettet ist.

2.6.2 Pflanzenverfügbares Bodenwasser

Die Wasserversorgung der Pflanze erfolgt aus dem im Wurzelraum vorhanden Bodenwasser. Pflanzenverfügbar ist dabei jener Anteil des Bodenwassers innerhalb des effektiven Wurzelraumes, der zwischen Feldkapazität (FK) und Permanentem Welkepunkt (PWP) liegt. Der Permanente Welkepunkt ist der Wassergehalt, bei dem die Pflanzen irreversibel welken. Er liegt bei einer Wasserspannung von 15 bar ($pF = 4,2$). Der Wassergehalt, den ein Boden maximal in ungestörter Lagerung gegen die Schwerkraft zurückhalten kann, wird Feldkapazität (FK) genannt. Sie entspricht dem Wassergehalt nach 2 - 3 Tagen niederschlagsfreier Zeit nach voller Wassersättigung.

Die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist die Differenz aus Feldkapazität und permanentem Welkepunkt:

$$nFK = FK - PWP$$

Für das pflanzenverfügbare Bodenwasser gilt somit:

$$W_{Pfl} = nFK * D \text{ (D...Wurzeltiefe)}$$

Mit Hilfe der empirischen Formeln von BAUMER (1989) können Feldkapazität, Welkepunkt und nutzbare Feldkapazität abgeschätzt werden (Tabelle 6). Als Eingangsdaten wurden die Kornverteilungen aus Tabelle 4 und Tabelle 5 genommen.

Tabelle 6: Feldkapazität, Permanenter Welkepunkt und nutzbare Feldkapazität nach BAUMER (1989).

Standort	Bodenart	FK	PWP	nFK
		mm/m	mm/m	mm/m
Luss	lehmiger Sand	175	78	97
Kapitel Spitz	Sand	163	99	65

3 Bewässerung

3.1 Bewässerung im Weinbau

Die Weinrebe stellt in Hinblick auf ihre Ansprüche an die Wasserversorgung eine Besonderheit dar. Einerseits ist sie eine trockenverträgliche Pflanze, sie bildet ein weitverzweigtes Wurzelsystem aus, das mehrere Meter tief in den Boden eindringen und so bis zu Kapillarsaum des Grundwassers vordringen kann, andererseits kann es schon zu Qualitätsminderung und Ertragseinbußen kommen lange bevor Stresssymptome äußerlich sichtbar werden (REDL et al., 1996).

Im Weinbau dient die Bewässerung hauptsächlich zur Überbrückung von Trockenphasen, wobei nicht die Menge, sondern die Verfügbarkeit entscheidend ist. Eine ständige Überversorgung fördert das vegetative Wachstum, und anhaltend starkes Wachstum nach Erreichen des obersten Drahtes ist letztendlich eine Verschwendung von Energie. Aus Sicht des Winzers bedeutet dies einen unwirtschaftlichen Mehraufwand an Laubarbeiten und eine unerwünschten Verdichtung der Laubwand. Auch die Steigerung der Ertragsleistung auf Kosten der Qualität ist nicht wünschenswert (GRUBER et al., 2006).

Darüber hinaus kann zu viel Wasser die Auswaschung von Nährstoffen aus dem Wurzelraum und deren Eintrag ins Grundwasser bedeuten (CEPUDER, 2004).

Das Ziel der Bewässerung von Wein ist es, die trockenverträgliche Rebe im Bereich moderaten Stresses zu halten, um möglichst viel Energie in eine optimale Inhaltsstoffbildung zu lenken (GRUBER et al., 2006).

Dieses Ziel kann mit einem gut angepassten Bewässerungssystem und präziser Steuerung erreicht werden.

Für den Weinbau haben sich in den letzten Jahrzehnten sowohl ober- als auch unterirdisch verlegte Tropfbewässerungssysteme als sehr effektiv erwiesen.

GRUBER et al. (2006) stellten fest, dass mit einer Tropfbewässerung schon mit kleinen Mengen eine Erholung erreicht werden kann, weil das Wasser tief eindringt und wegen dem weniger negativen Wasserpotential in der Tropfzwiebel leicht verfügbar ist.

WUNDERER et al. (1990) untersuchten die Auswirkungen von Minimalwassergaben auf die trockenheitsempfindliche Sorte Trollinger auf einem extremen

Trockenstandort. Dabei bewirkte eine einzige Wassergabe mit einer Tropfbewässerung eine Ertragszunahme von 70 %, bei der Unterflurtropfbewässerung waren es 130 %, wobei die Mostzuckergehalte keine nennenswerten Unterschiede zeigten.

GRUBER et al. (2006) und PRIOR (2006) führen an, dass die positiven Konsequenzen eines optimierten Wasserangebots mit einer Tropfbewässerung höhere Mostgewichte bei gleichbleibendem Ertrag sind. ZOLDOSKE et al. (1998) stellten bei Unterflurtropfbewässerung ein höheres Mostgewicht im Vergleich zur Tropfbewässerung fest.

3.2 Tropfbewässerung TB (Drip Irrigation DI)

3.2.1 Entwicklung der TB

Charles Lee erhielt 1920 in Kalifornien ein U.S. Patent für ein Rohr mit kleinen Öffnungen, dass zu Bewässerungszwecken unterirdisch verlegt werden und den umgebenden Boden befeuchten soll. Neben anderen Veröffentlichungen (HOUSE, 1920) war das wahrscheinlich eine der ersten Formen einer unterirdischen Tropfbewässerung. Die verwendeten Materialien (Metall, Keramik) waren damals jedoch zu teuer und zu sehr der Korrosion ausgesetzt. Eine Weiterentwicklung der Tropfbewässerung setzte erst mit der Verfügbarkeit von Kunststoffen (PE, PVC) nach dem Zweiten Weltkrieg ein. Ausgehend von Großbritannien setzte sich die Entwicklung in anderen Ländern, später auch in Israel und den USA fort. In den 1960er Jahren wurden die Löcher in die Schläuche gestanzt oder geschnitten, da es noch keine industriell gefertigte Tropfschläuche gab. Die ersten im Handel erhältlichen Systeme wurden ab 1970 in der Praxis getestet (CAMP et al., 1998).

In Österreich wurde die erste TB 1973 in Oeynhausen installiert. In Langzeitversuchen wurde ihre Brauchbarkeit untersucht und Kriterien hinsichtlich des optimalen Einsatzes in den Weinbaugebieten Österreichs ausgearbeitet (KLIK, 1988).

Im Burgenland werden TB-Systeme (Tropferleitung, Pumpe und Zuleitung) seit dem Jahr 2000 bis zu 3 ha bewässerte Fläche zu 75% gefördert, über diese Fläche hinaus erhält der Winzer ein Drittel Förderung für seine Investitionen. Fördervoraussetzung ist eine gültige wasserrechtliche Bewilligung für das

Weingartengrundstück und für den verwendeten Feldbrunnen. Im Bezirk Neusiedl am See wurden bis 2006 rund 2.500 ha Tropfbewässerungsgrundstücke wasserrechtlich bewilligt. Wie viele davon tatsächlich ausgebaut und gefördert wurden ist nicht genau bekannt (BERTA, 2006).

Bezogen auf die gesamte Weingartenfläche in des Weinbaugebiet Neusiedlersee (8900 ha) liegt der Ausbaugrad somit bei höchstens 28%.

3.2.2 Vor- und Nachteile der TB

WITHERS et al. (1978) nennt als Vorteile einer TB:

- Steigerung des Wirkungsgrades des Wassereinsatzes, gemessen an der Stoffproduktion
- Kein Verschlämmen und Verkrusten der Oberfläche und damit Vermeiden der daraus resultierenden Schäden
- Möglichkeit zur Düngenden Bewässerung
- Eingeschränkter Unkrautwuchs zwischen den Reihen

Als Nachteile werden angeführt:

- Hohe Anlagenkosten
- Schwierige Steuerung, da die Wasserzufuhr möglichst genau dem Wasserbedarf angepasst werden sollte

3.2.3 Systemkomponenten der TB

Eine Tropfbewässerungsanlage besteht aus der Kopfeinheit mit Absperrventil, Druckreduzierung, Manometer, eventuell Wasserzähler, Düngebehälter und Filter sowie aus Haupt-, Verteiler- und Tropfleitung. Die Kopfeinheit reduziert den in der Zuleitung anstehenden Druck, regelt die Durchflussmenge und reinigt das Wasser von Stoffen, die zum Verstopfen der Tropfelemente führen können. Über die Verteilerleitung gelangt das Wasser in die Tropfleitung. Die Tropfer sind aufgesetzt oder eingebaut bzw. integriert (WITHERS et al., 1978).

Eine ausführlichere Beschreibung der Eigenschaften und Komponenten von Tropfbewässerungssystemen wird in Zusammenhang mit Unterflurtropfbewässerung in Kap. 3.3 gegeben.

3.3 Unterflurtropfbewässerung UTB (Subsurface Drip Irrigation SDI)

Die UTB wird nach ASAE (1999) definiert als „Aufbringung von Wasser unter der Bodenoberfläche durch Tropfer mit gleichen Durchflussraten wie bei der TB“ (CAMP, 1998).

Mit dieser Definition soll eine Abgrenzung zu anderen unterirdischen Bewässerungsverfahren erfolgen, die etwa Wasserspiegel-Management, also künstliche Aufhöhung des Grundwasserspiegels zu Bewässerungszwecken betreffen (vgl. „Unterflurbewässerung“ nach WITHERS et al., 1978).

3.3.1 Entwicklung der UTB

Die Entwicklungen der TB und der UTB verliefen anfangs parallel. In der Anwendung hinkte die UTB der TB jedoch lange hinterher, was vor allem auf zwei Probleme zurückzuführen ist. Zum einen kam es oft zur Verstopfung der Tropfer durch Verunreinigungen im Bewässerungswasser, zum anderen konnten feine Wurzeln in die Tropfer eindringen und so das System schädigen. Das Interesse an UTB stieg während der 1980er Jahre, als viele Versuchsergebnisse veröffentlicht wurden und verschiedene zufriedenstellende Produkte auf den Markt kamen (CAMP, 1998).

Das Interesse an der Anwendung und Weiterentwicklung effizienter Bewässerungssysteme ist bis heute ungebrochen. Nicht zuletzt wegen der eingeschränkten Verfügbarkeit von Wasser zu Bewässerungszwecken kommen moderne Methoden in immer mehr Gebieten der Erde zum Einsatz. Zahlreiche Untersuchungen beschäftigen sich mit der Adaption verschiedener Systeme für die jeweilige Region.

3.3.2 Vor- und Nachteile der UTB

In der Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen über die Eigenschaften und Funktions- und Wirkungsweisen von Tropfbewässerungssystemen. Dabei werden die TB und die UTB sowohl untereinander als auch mit anderen Bewässerungsmethoden verglichen (CAMP et al., 2003; LAMM, 2002; PHENE et al., 1992; SOLOMON et al., 1994).

Zu den Vorteilen einer UTB zählen:

- Effizienter Einsatz von Wasser

Gut betriebene Systeme garantieren eine gleichmäßige Befeuchtung der Wurzelzone während die Bodenoberfläche trocken bleibt. Das reduziert die Verluste durch Evaporation, wodurch der Wirkungsgrad erhöht wird. Mit

Wirkungsgrad (Water Application Efficiency) ist das Verhältnis der von der Pflanze aufgenommenen und genutzten Wassermenge zur gesamten auf dem Feld aufgebrauchte Wassermenge gemeint. Mit einem Wirkungsgrad von über 90% ist die UTB die effizienteste Bewässerungsmethode, vorausgesetzt die Bewässerungsmengen sind optimal auf den Pflanzenwasserbedarf abgestimmt. Im Vergleich mit anderen Bewässerungssystemen sind bei der UTB die Erträge größer oder gleich und der Wasserbedarf gleich oder etwas geringer, woraus eine Wasserersparnis bis 40% resultieren kann.

- Verringerter Oberflächenabfluss

Ohne Verschlämmen und Verkrusten der Oberfläche können Niederschläge leicht versickern, wodurch Oberflächenabfluss und Erosion stark eingeschränkt werden.

- Gleichförmigkeit der Aufbringung

Die Wasserzufuhr kann in vielen kleinen Gaben erfolgen und an den aktuellen Wasserbedarf der Reben angepasst werden.

- Keine Randeffekte

Es gibt keine Randeffekte wie sie bei flächenhaften Beregnungssystemen entstehen, die das Wasser kreisförmig ausbringen.

- Verwendung von salzhaltigem Bewässerungswasser

Im ständig feuchten Boden bleibt das Matrixpotential konstant niedrig, wodurch sich die Verwendung von salzhaltigem Bewässerungswasser weniger ungünstig auswirkt.

- Verminderter Krankheitsdruck

Die Blätter der Kulturpflanzen werden bei der Bewässerung nicht mehr benetzt, die oberste Bodenschicht bleibt trocken, es entsteht ein Kleinklima, dass die Infektionsgefahr durch Krankheitserreger herabsetzt.

- Verbesserter Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln

Bei entsprechender Ausrüstung (Düngeinjektor) können Dünger mit der Bewässerung in den Boden eingebracht werden, wodurch die Effektivität der Düngemittel gesteigert wird.

In Österreich ist das Ausbringen von Pestiziden über die Bewässerung grundsätzlich verboten. Für die Tropfbewässerung im Weinbau könnten möglicherweise Bodenpestizide gegen Nagetiere, Fadenwürmer oder Wurzelschädlinge in Frage kommen, wenn sie speziell zugelassen werden (BERTA, 2006).

- Weniger Unkrautwuchs

Zwischen den Reihen wird Unkrautwuchs eingeschränkt, weil weniger Wasser vorhanden ist.

- Erleichterung von Bewirtschaftungsmaßnahmen, trockenere Bodenoberfläche

Wenn die Tropfleitungen in ausreichender Tiefe verlegt sind, ist die Wechselwirkung mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen gering, so dass eine größere Flexibilität bei der Durchführung von Pflege- oder Erntemaßnahmen besteht. Die Fahrspur bleibt auch während der Bewässerung befahrbar.

- Einfache Automatisierung der Bewässerungssteuerung

Eine UTB eignet sich aufgrund von Aufbau, Funktion und niedrigem Betriebsdruck besonders für eine Automatisierung der Bewässerungssteuerung. Dadurch können Wasser und Nährstoffe sehr flexibel zugegeben werden, zum Beispiel kontinuierlich oder pulsierend in täglichen oder längeren Turnussen.

- Verringerter Energiebedarf

Für die Tropfbewässerung wird ein weitaus geringerer Betriebsdruck benötigt als für flächenhafte Bewässerungssysteme. Dadurch kommt es zu erheblichen Energieeinsparungen.

- Hohe Flexibilität bei der Planung und Ausführung

Eine UTB kann gut an die Feldgröße und -form angepasst werden und sie ist bei geringer Kapazität der Wassernachlieferung gut regulierbar.

Die Nachteile einer UTB sind unter anderem:

- Anwendung ist abhängig von der Bodenart

Die Anwendung in grobkörnigen Böden ist problematisch, da durch die schlechte kapillare Leitfähigkeit die Verteilung des Wasser im Boden eingeschränkt ist und nur ein unzureichender Wurzelraum durchfeuchtet wird.

- Tropfleitungen sind nicht sichtbar

Die Funktion der Tropfleitungen kann nicht unmittelbar kontrolliert werden. Um Probleme rechtzeitig zu erkennen müssen Druck und Durchflussrate regelmäßig kontrolliert werden. Die Gleichförmigkeit und Leistung einzelner Tropfer kann nur durch Ausgraben der Leitung überprüft werden. Lecks und verstopfte Tropfer sind schwer zu finden, Wartung, Reparaturen und Austausch von Tropfschläuchen sind arbeitsintensiv und teuer.

- Verstopfen der Tropfer und Eindringen von Wurzeln

Durch verunreinigtes oder kalkreiches Wasser sowie durch Mikroorganismen kann es zum Verstopfen einzelner Tropfer kommen. Außerdem können Wurzeln in die Tropfleitung eindringen. Die Probleme sind regelmäßiges Spülen mit Säure oder Chlor in den Griff zu bekommen, was aber mit erhöhtem finanziellem und materiellem Aufwand verbunden ist. Neuere Tropfbauarten verhindern das Eindringen von Wurzeln.

- Druckverluste und Beschädigungen durch schwere Maschinen.

Schwere Maschinen können flexible Schläuche beschädigen oder zumindest eine bleibende Änderung des Querschnitts bewirken, was Druckverluste zur Folge hat.

- Einschränkung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen

Im Weinbau ist vor allem die Tiefenlockerung nur eingeschränkt möglich und mit dem Risiko verbunden, die Tropfleitung zu beschädigen.

- Hohe Systemkosten

Bei der UTB sind einige kostenintensive Systemkomponenten unerlässlich. Dazu zählen unter anderem Filtersysteme, Druckreduzierungen und Wasserzähler.

3.3.3 Systemkomponenten der UTB

Die Komponenten eines Tropfbewässerungssystems sind aus hydraulischer Sicht grundsätzlich gleich, egal ob die Leitungen oberirdisch oder unterirdisch verlegt werden. Um die Vorteile, die eine optimal betriebene UTB bietet, auch ausnutzen zu können, ist schon bei der Planung und Ausführung besondere Sorgfalt geboten (CAMP, 2003; LAMM, 2003; DUKES et al., 2005).

Einige besonders sensible Bereiche der UTB wurden bereits unter 3.3.2 erwähnt.

Zu den Systemkomponenten einer UTB (Abbildung 6) zählen:

- Pumpstation oder andere Wasserversorgung
- Druckregulierung

TB-Systeme werden mit relativ niedrigen Drücken im Bereich von 0,5 bis 4,0 bar betrieben. Im Vergleich mit anderen Bewässerungssystemen ist der Energieaufwand für Dimensionierung und Betrieb deshalb geringer. Eine UTB bringt noch mehr Einsparung, da der Betriebsdruck im Bereich von 0,1 bis 1,5 bar liegt. Da die Wasserzuleitung in der Regel mit höheren Drücken erfolgt, ist eine Druckregulierung unbedingt erforderlich.

- Wasserzähler

- Manometer

Regelmäßige Kontrolle von Durchfluss und Druck sind bei einer UTB besonders wichtig um rechtzeitig auf Probleme reagieren zu können. Zu den Problemen gehören unter anderem verstopfte Tropfer, Beschädigungen oder Querschnittverengungen der Tropfleitungen.

- Düngeinjektor

Ein Vorteil sowohl von Tropfbewässerungssystemen ist die Möglichkeit, mit geringem Aufwand Nährstoffe gemeinsam mit der Bewässerung aufzubringen. Menge und Anzahl der Applikationen können dabei auf einfache Art gesteuert werden. Außerdem wird die Effektivität der Düngemittel gesteigert (PHENE et al., 1988).

Zur Verhinderung von biologischer Aktivität im System können auch Chemikalien eingebracht werden. Säuren dienen sowohl zur Verhinderung von Ablagerungen an den Tropfern als auch zur Steuerung des pH-Wertes des Bewässerungswassers (CAMP, 1998).

- Filter

Wie schon erwähnt spielen die Filter vor allem bei der UTB eine wichtige Rolle, weil Verstopfungen schwer zu finden und zu beheben sind. Darüber hinaus kann ein gut funktionierendes Filtersystem die Systemleistung und Langlebigkeit positiv beeinflussen. Es gibt verschiedene Bauarten und Funktionsweisen von Filtersystemen. Abhängig von Betriebsart, Wasserqualität und Durchflussmenge können passende Filter ausgewählt und eingesetzt werden.

- Zuleitung

- Absperrventil

Absperrventile sind vor allem dann erforderlich, wenn mehrere Feldabschnitte getrennt bewässert werden.

- Verteilerleitung

- Belüftungsventile

Belüftungsventile sind eine Besonderheit der UTB. Sie sollen verhindern, dass beim Druckabfall Bodenteilchen angesaugt werden.

- Tropfleitung

Die Tropfleitung ist die Basis des Bewässerungssystems. Die Tropfer können integriert, angeschweißt oder aufgesetzt (nur bei oberirdischer Verlegung) sein. Druckkompensierende Tropfer garantieren in einem bestimmten Druckbereich

eine konstante Leistung. Tropfschläuche für den Einsatz unter der Erdoberfläche gibt es in verschiedenen Ausführungen.

Neben den verschiedenen Tropfer-Typen ist vor allem die Dicke der Tropfschlauchwand ein Auswahlkriterium. Flexible, dünnwandige (0,15 bis 0,30 mm) Schläuche werden häufig in geringeren Tiefen eingesetzt, ihre Lebensdauer ist in der Regel kürzer. Flexible, dickwandige (0,38 bis 0,50 mm) Ausführungen können über mehrere Jahre hinweg betrieben werden, vorausgesetzt ihre Verlegung erfolgt tief genug um durch schwere landwirtschaftliche Maschinen zu entgehen, und seicht genug um permanenter Deformation zu entgehen. Steife, dickwandige (>1,5 mm) Tropfleitungen werden in größeren Tiefen und für langfristige Einsätze (>10 Jahre) verwendet (CAMP et al., 2003).

- Spülleitung
- Spülventil

Sand-Partikel und andere Verunreinigungen im Wasser können das Bewässerungssystem stark beeinträchtigen und die Lebensdauer verringern. Spüleinrichtungen sind erforderlich, um Fremdkörper aus dem System zu befördern. Dafür sind in der Regel Fließgeschwindigkeit größer 0,3 m/s notwendig. Moderne Systeme werden beim Anfahren des Betriebsdrucks automatisch gespült.

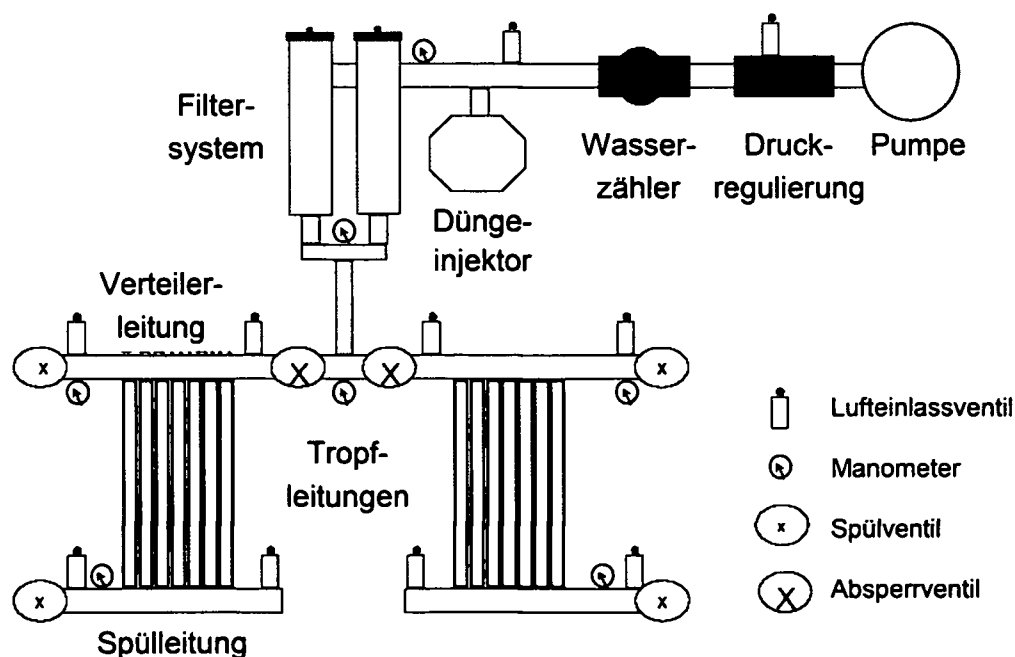


Abbildung 6: Schema einer UTB nach LAMM et al. (2003).

3.4 Bewässerungsmanagement

Die Effektivität eines Bewässerungssystems hängt außer von der Gestaltung und der Wartung auch noch vom Bewässerungsmanagement ab. Bewässerungsmanagement dient zur Entscheidung, zu welchem Zeitpunkt bewässert werden soll und wie viel Wasser aufgebracht werden soll, mit dem Ziel, den Pflanzenwasserbedarf während der gesamten Vegetationsperiode zu decken (SADLER et al., 2003).

Da der aktuelle Wasserbedarf einer Pflanze, gemessen an ihrer Verdunstung (Transpiration), nicht unmittelbar bestimmt werden kann, müssen andere Methoden herangezogen werden.

Eine einfache Möglichkeit ist die Beobachtung des Zustandes der Pflanze. Visuelle Anzeichen für Wassermangel sind eingerollte oder schlaff herabhängende Blätter. Da zu diesem Zeitpunkt bereits Qualitätseinbußen zu befürchten sind, wurden technische Lösungen entwickelt, die Indikatoren für Wasserstress frühzeitig erkennen. Eine Methode ist die Messung der Blattemperatur mittels *Infrarot-Sensoren* (SADLER et al., 2003).

Eine andere im Weinbau eingesetzte Methode ist die Messung des *Blatt-Wasserpotentials* (GRUBER et al., 2006).

Weitere indirekte Methoden zur Abschätzung der aktuellen Pflanzenverdunstung sind die Messung des Bodenwassergehalts bzw. der Wasserspannung im Boden.

Mit Hilfe von *Tensiometern* oder *Gipsblöcken* kann man feststellen, wann sich die Wasserspannung im Boden dem Permanenten Welkepunkt nähert und einen Punkt definieren, an dem die Bewässerung einsetzen soll (SADLER et al., 2003).

Die *Neutronensonde* gilt als eines der besten indirekten Messgeräte zur Erfassung des Bodenwasseranteils. Diese radioaktive Methode beruht auf der Wechselwirkung der Neutronenstrahlung mit der Bodenmaterie (EVETT et al., 1995).

Gesundheitliche Bedenken und neue Messtechniken haben jedoch auch weitere Messsysteme auf den Markt gebracht.

Time Domain Reflectrometry (TDR) basiert darauf, dass Wasser eine höhere Dielektrizitätskonstante hat als Boden und Luft. Bei dieser Methode wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit und Abschwächung einer elektromagnetischen Welle hoher Frequenz gemessen und über eine entsprechende Kalibrierung in den Wasseranteil umgerechnet (TOPP et al., 1998).

Im vorliegenden Projekt wurden FDR-Sensoren der Firma *Crop Systems International* eingesetzt:

Bei dieser ***Frequency Domain Reflectometry*** (FDR), auch „kapazitive“ Methode, wird die elektrische Kapazität, die von der Dielektrizitätskonstante von Boden, Luft und Wasser abhängt, zwischen zwei Elektroden gemessen (Abbildung 7). Die elektrische Kapazität, die sich um den Sensor einstellt, ist abhängig von der Zusammensetzung des Boden-Wasser-Luft-Kontinuums. Sie wird gemessen und über eine entsprechende Kalibrierung in den Wasseranteil umgerechnet (PALTINEANU et al., 1997; CAMPBELL, 1990).

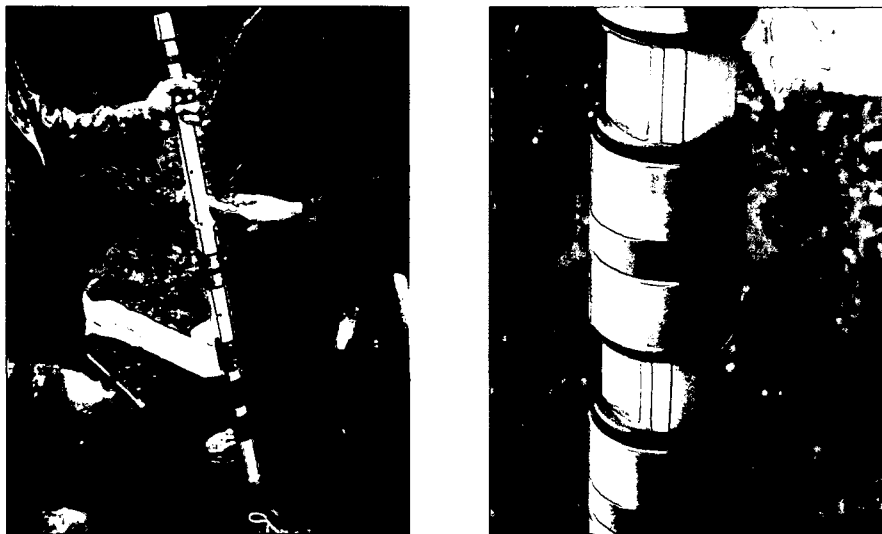


Abbildung 7: Die FDR-Sensoren messen den Wasseranteil im umgebenden Boden.

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, ist eine standortspezifische Kalibrierung notwendig. Dazu werden mittels Stechzylinder Bodenproben in verschiedenen Tiefen genommen und zur Bestimmung des Wassergehalts gewogen, anschließend getrocknet und wieder gewogen. Da das Volumen der Stechzylinder bekannt ist, kann der Wasseranteil für die entsprechende Tiefe berechnet werden. Dieser wird dann mit den Messergebnissen der Geräte in Verbindung gebracht (CEPUDER et al., 2003).

Die von den jeweiligen Firmen empfohlene Standardkalibrierung ist zwar zur Bestimmung des absoluten Wasseranteils nicht ausreichend, für die Steuerung von Bewässerungsmaßnahmen jedoch schon, weil dafür die relativen Änderungen des Wasseranteils von Bedeutung sind (CEPUDER et al., 2003).

Zur Frage, welche dieser Methode sich für die Bewässerungssteuerung im Weinbau am besten eignet, gibt es in der Literatur zum Teil gegensätzliche Aussagen (vgl. BUSS, 2000; GRUBER et al., 2006).

Zur Steuerung der Bewässerung in Kombination mit UTB gibt es zahlreiche Versuche, die jedoch keine einheitlichen Aussagen liefern, da sehr viele unterschiedliche Faktoren beachtet werden müssen (CAMP, 1998).

Nachfolgend wird gezeigt, wie Bewässerungsmanagement auf Basis der Erstellung einer Wasserbilanz durchgeführt werden kann.

3.5 Wasserbedarf

Alle aktiven Lebensvorgänge einer Pflanze setzen ausreichende Wasserversorgung voraus. Sinkt der Wassergehalt unter einen bestimmten Schwellenwert, den Welkepunkt, kommt es zu Störungen oder irreversiblen Schädigungen.

Durch die Transpiration entsteht ein Potentialgefälle zwischen dem Wasser im Boden und in der Pflanze. Die Pflanze nimmt also Wasser aus dem Boden auf und leitet es an die Atmosphäre weiter. Diese Aufnahme richtet sich vor allem nach der Höhe der potentiellen Evapotranspiration (= Evaporation⁵ + Transpiration) (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1998).

Unter potentieller Evapotranspiration ET_0 versteht man die Verdunstung von einer kurz geschnittenen Rasendecke unter den gegebenen klimatischen Bedingungen, wobei ausreichende Wasserversorgung vorausgesetzt wird. Sie kann mit Hilfe von Verdunstungsformeln berechnet werden. In Abbildung 8 sind die Verdunstungsmengen der Versuchsjahre in mm pro Tag dargestellt. Sie wurden mit der theoretische fundierten Verdunstungsformel nach FAO⁶-Penman-Monteith berechnet (FAO, 1977).

⁵ Evaporation ist die Verdunstung von einer freien Oberfläche.

⁶ Food and Agriculture Organization of the United Nations

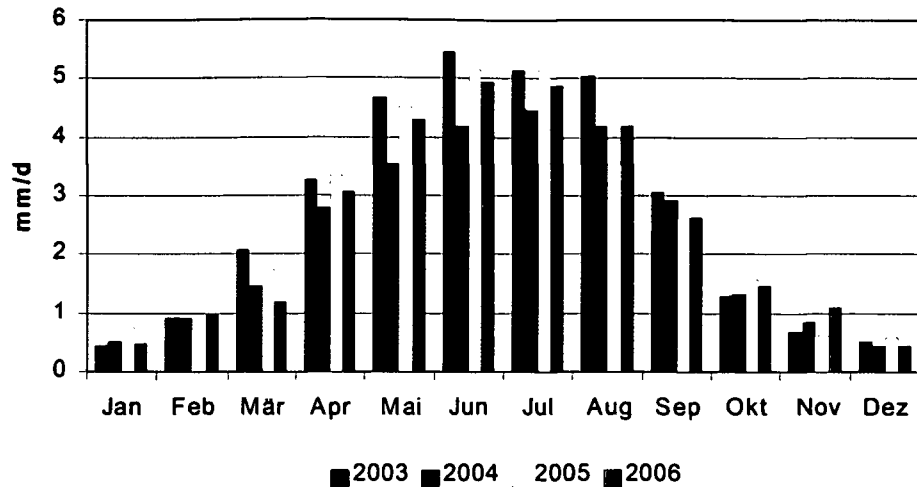


Abbildung 8: Verdunstungsberechnung nach FAO-Penman-Monteith: Verdunstungswerte der Projektjahre 2003 bis 2006 in mm pro Tag

Bei steigender Wasserspannung im Boden bleibt die Wasseraufnahme der Pflanze hinter der potentiellen Evapotranspiration zurück. Den nach Einschränkung der Transpiration verbleibenden geringeren Wert nennt man aktuelle Evapotranspiration ET_a (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1998).

Die spezifischen Pflanzenverdunstung ET_c erhält man durch Multiplikation von ET_0 mit einem Pflanzenkoeffizienten K_c :

$$ET_c = K_c * ET_0$$

Die K_c -Werte einer Pflanze ändern sich im Verlauf der Vegetationsperiode. Abbildung 9 zeigt den Verlauf, Tabelle 7 die Werte der Pflanzenkoeffizienten und die Länge der Wachstumsphasen in Tagen für Wein für mittlere Breiten (FAO, 1977).

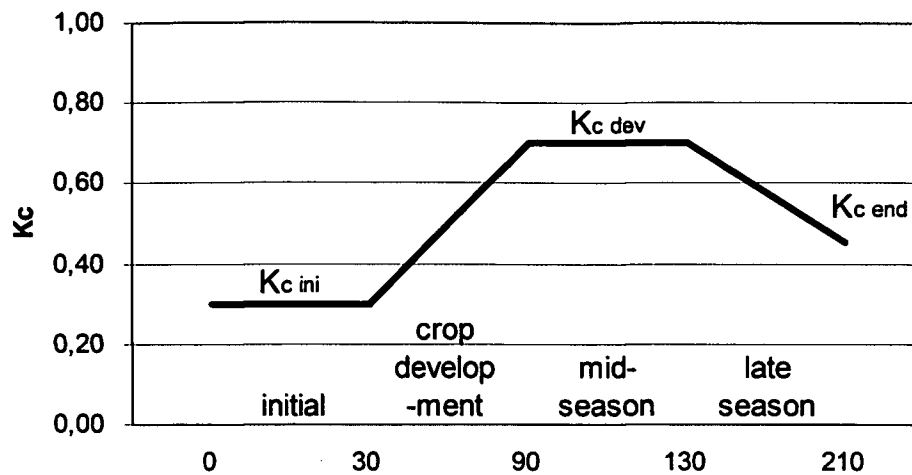


Abbildung 9: Wachstumsphasen (Tage) und Verlauf der Pflanzenkoeffizienten (Kc) nach FAO (1977).

Tabelle 7: Längen der Wachstumsphasen (Tage) und Pflanzenkoeffizienten für Wein und mittlere Breiten (FAO 1977).

	Init.	Dev.	Mid.	Late	End	Gesamt
Tage	30	60	40	80		210
Kc Werte	0,30		0,70		0,45	

Daraus können die Pflanzenkoeffizienten für die einzelnen Monate der Vegetationsperiode interpoliert werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Pflanzenkoeffizienten für die Monate April bis Oktober (Vegetationsperiode).

Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
0,30	0,43	0,57	0,70	0,64	0,62	0,53

3.6 Bewässerungsbedarf

Bewässerungsbedarf ist dann gegeben, wenn der natürliche Niederschlag über das ganze Jahr oder einen Teil des Jahres nicht ausreicht, um den Wasserbedarf der Pflanze zu decken (WITHERS et al., 1978).

In Gegenüberstellung des Pflanzenwasserbedarfs zum natürlichen Niederschlag lässt sich die klimatische Wasserbilanz ermitteln. In Abbildung 10 und Abbildung 11 ist die klimatische Wasserbilanz (KW) als Differenz aus Niederschlag (NS) und Verdunstung (ET_0) dargestellt.

In Abbildung 10 lässt sich für die letzten 10 Jahre ein Defizit in der klimatischen Wasserbilanz während der gesamten Vegetationsperiode ablesen.

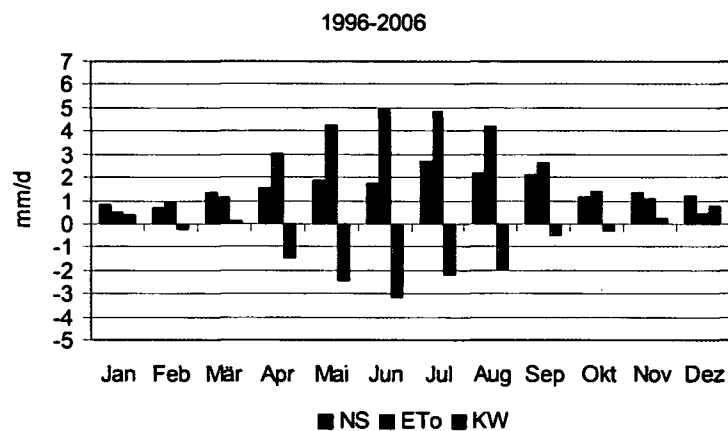


Abbildung 10: Gegenüberstellung der Klimatischen Wasserbilanzen (mm pro Tag) aus 10-jährigen Mittelwerten (1996-2006).

Abbildung 11 zeigt Niederschlag, Verdunstung und klimatische Wasserbilanz der Versuchsjahre. 2003 war ein sehr trockenes Jahr mit negativen Bilanzen von Februar bis September. Die Verdunstung von April bis September lag mit 810 mm über dem Durchschnitt der letzten Jahre (730 mm), während der Niederschlag von 250 mm unter dem Durchschnitt von 370 mm blieb. Im Jahr 2004 herrschte bis Juni eine relativ ausgeglichene Wasserbilanz, im Juli und August ist ein deutliches Defizit zu erkennen. Die Jahre 2005 und 2006 waren durch negative Bilanzen von März bis Juli gekennzeichnet.

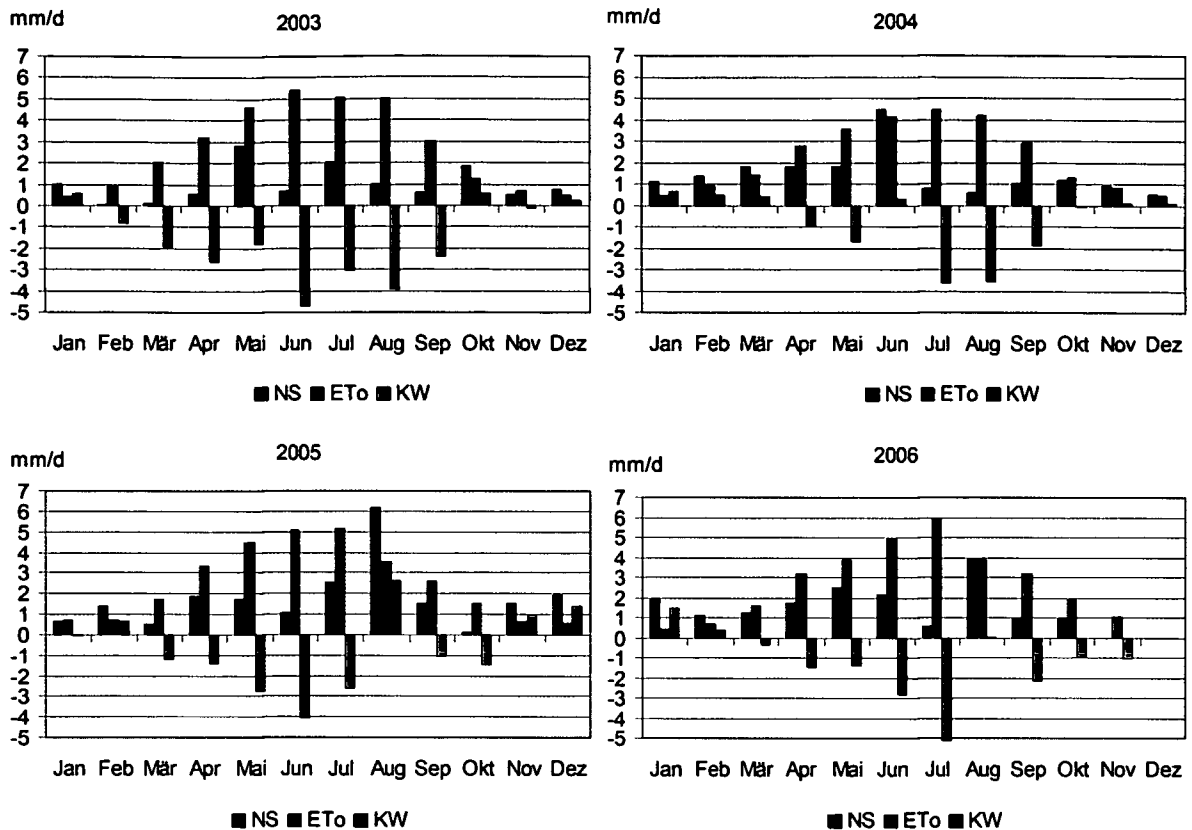


Abbildung 11: Gegenüberstellung der Klimatischen Wasserbilanzen (mm pro Tag) der Versuchsjahre.

In humiden Gebieten muss in der Regel auch bewässert werden, wenn die Niederschläge die Verdunstung ausgleichen. Grund dafür sind die regionale und zeitliche Variabilität der Niederschläge sowie das Speichervermögen des Bodens (DUKES, 2005).

Für die Planung von Bewässerungsmaßnahmen müssen neben der klimatischen Wasserbilanz auch noch die Bodeneigenschaften und die Pflanzenparameter berücksichtigt werden.

3.6.1 Berechnen des Bewässerungsbedarfs

CROPWAT⁷ ist ein durch die Land- und Wasser- Entwicklungsabteilung der FAO entwickeltes Computerprogramm zur Planung und Durchführung von Bewässerungsmaßnahmen.

Mithilfe dieses Programms wurden Referenzevapotranspiration, Pflanzenwasserbedarf und Bewässerungsbedarf für die einzelnen Projektjahre abgeschätzt.

Die Eingangsdaten für die Berechnung von ET_0 sind Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer und Wind (siehe Anhang). Für den Pflanzenwasserbedarf werden die Pflanzenkoeffizienten von Wein benötigt (Tabelle 8). Niederschlag (siehe Anhang) und Bodenform (Tabelle 6) bilden die Grundlage für die Berechnung des Bewässerungsbedarfs.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Für den sandigen Boden (*Kapitel*) wurden kürzere Bewässerungsintervalle und kleinere Wassergaben (rund 30 mm) berechnet. Bei einer Tropfbewässerung müssen die Turnusse eventuell nochmals aufgeteilt werden, was in trockenen Jahren (z.B. 2003) zu sehr kurzen Intervallen und quasi ständiger Bewässerung während der gesamten Vegetationsperiode führt. In den Jahren 2004 und 2006 konnte laut Berechnung mit der Bewässerung sparsamer umgegangen werden. Auf dem Boden mit besserer Speicherfähigkeit (*Luss*) wurden von CROPWAT 1 bis 2 Bewässerungsmaßnahmen vorgeschlagen, auf dem sandigen Untergrund waren es 2 bis 3. Im Durchschnitt der letzten 10 Jahre sind es noch weniger. Auffällig ist das Jahr 2005, für das es für *Luss* keinen Bewässerungsbedarf gibt.

⁷ <http://www.fao.org/ag/Agl/AGLW/cropwat.stm>

Tabelle 9: Mit CROPWAT berechnete Bewässerungsturnusse in mm (gerundete Werte).

		Juni	Juli			August			Sept	
		Ende	Anfang	Mitte	Ende	Anfang	Mitte	Ende	Anfang	Mitte
10 Jahre	Luss Kapitel		30			40 30				
2006	Luss Kapitel		40 30			30				
2005	Luss Kapitel		30							
2004	Luss Kapitel		30			40 30			40 30	
2003	Luss Kapitel	30	40 30	40 30		40 30			40 30	

Diese Daten können zur Dimensionierung eines Bewässerungssystems, zur Festlegung von Bewässerungsturnussen oder zur Evaluierung von Bewässerungsmaßnahmen herangezogen werden.

Hier sollen sie lediglich als Basis für die weitere Diskussion dienen.

3.7 Partial Rootzone Drying PRD

PRD ist ein Bewässerungsmanagementsystem, bei dem nur ein Teil der Wurzelzone bewässert wird, während der andere Teil austrocknet (Abbildung 12).

Es wurde Anfang 1990 für den Weinbau in Australien entwickelt und wird seither weltweit bei vielen Kulturen vor allem in ariden Gebieten angewendet (STAMP, 2003).

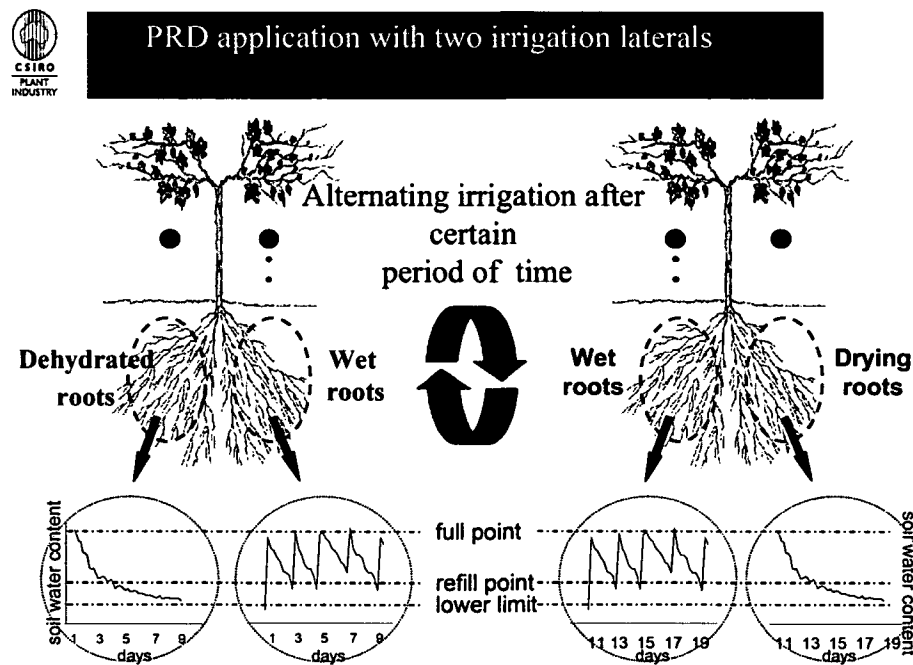


Abbildung 12: PRD - Eine Seite der Wurzelzone wird bewässert, während die andere austrocknet. Nach einer gewissen Zeit wird gewechselt. (Quelle: CSIRO⁸)

Das Prinzip von PRD ist die Erzeugung eines partiellen Trockenstresses. Das abnehmende Wasserpotential geht mit einem Anstieg des Phytohormons Abscisinsäure einher. Dadurch werden die Spaltöffnungen geschlossen und die stomatäre Transpiration, welche etwa 90-95% der gesamten Transpiration ausmacht, wird eingeschränkt. Gleichzeitig wird die Pflanze über eine Seite der Wurzelzone mit Wasser versorgt. Sie kann nun dieses Wasser, im Fall einer düngenden

⁸ <http://www.csiro.au>

Bewässerung auch die Nährstoffe, besser aufnehmen und effektiver umsetzen (DRY et al., 1999).

Zu den Vorteilen von PRD im Weinbau zählen (DRY et al., 1996; SOUZA et al., 2004):

- Effektivere Nutzung des Wassers (Water Use Efficiency, WUE)
Sie wird ausgedrückt in Ertragsmenge pro Wassermenge und ist bei PRD deutlich höher als bei anderen Bewässerungsmethoden.
- Reduziertes vegetatives Wachstum
Eine weniger dichte Laubwand reduziert die unproduktive Verdunstung, erleichtert die Arbeit und beschert den Trauben mehr Sonnenlicht.
- Verbesserte Traubenqualität
- Verbesserte Weinqualität

Die technische Umsetzung ist mit dem Einsatz einer TB oder UTB gekoppelt, da die Wassergaben gezielt in einem bestimmten Bereich der Wurzel aufgebracht werden sollen und der Rest der Wurzelzone trocken bleiben muss.

PRD konnte im Projektzeitraum nicht angewendet werden. Zum einen waren die klimatischen Verhältnisse nicht so trocken wie angenommen und die Perioden zwischen zwei Niederschlagsereignissen zu kurz und unregelmäßig um einen längerfristigen Bewässerungsplan zu erstellen. Zum anderen waren Bodenwassermessung und Bewässerungssteuerung zu wenig ausgereift um PRD zufriedenstellend zu betreiben.

4 Rebernährung

Bedarfsgerechte Düngung im Einklang mit der Bodenfruchtbarkeit, Ertragsoptimierung und Qualitätsverbesserung sind die Hauptziele einer modernen Rebernährung. Eine optimale Versorgung der Weinrebe ist nur gewährleistet, wenn die essentiellen Nährstoffe mengenmäßig ausreichend vorhanden sind, in gelöster Form vorliegen, in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen und während der gesamten Vegetationsperiode verfügbar sind (FARDOSSI, 2001).

Die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Boden, Pflanze und Umwelt bildet die Grundlage jeder Düngeempfehlung. Eine Überversorgung mit Nährstoffen ist unwirtschaftlich und kann negative Auswirkungen auf die Pflanze und die Umwelt nach sich ziehen. Zu den negativen Folgen für die Umwelt zählen zum Beispiel die Auswaschung von Nährstoffen in das Grundwasser. Andererseits bedeutet eine Unterversorgung Ertrags- und Qualitätseinbußen (REDL et al., 1996).

Der Nährstoffentzug durch die Rebe ist vergleichsweise gering: Bei einem Ertrag von 9000 kg/ha beträgt er pro Hektar ca. 22 kg Stickstoff, ca. 7 kg Phosphor, ca. 36 kg Kalium und ca. 3-4 kg Magnesium (PETERNEL et al., 2004).

Ein Teil des Nährstoffbedarfs wird durch Mineralisation der organischen Substanz gedeckt. Nährstoffdefizite können mittels Bodenuntersuchungen aufgezeigt und durch geeignete Düngemaßnahmen ausgeglichen werden (BAUMGARTEN, 2004).

Eine Nichtbeachtung dieser Gesichtspunkte kann zum Auftreten von physiologischen Stoffwechselstörungen führen. Dazu zählen die Chlorose, die Stiellähme und die Traubenwelke sowie Wachstumsdepressionen und Qualitätsminderung (FARDOSSI, 2001).

4.1 Nährstoffe

In der Pflanzenernährung wird neben den Massennährstoffen Kohlenstoff [C], Wasserstoff [H] und Sauerstoff [O], welche den Hauptbestandteil der Biomasse bilden, auch noch zwischen Hauptnährstoffen und Spurenelementen unterschieden. Die Aufnahme der Nährstoffe durch die Rebe kann sowohl über die Wurzel als auch über das Blatt erfolgen (BMLFUW, 2003).

4.1.1 Hauptnährstoffe (Makronährstoffe)

Zu den Hauptnährstoffen zählen Stickstoff [N], Phosphor [P], Kalium [K], Calcium [Ca], Magnesium [Mg] und Schwefel [S]. Sie werden von den Pflanzen in größeren Mengen aus der Bodenlösung aufgenommen.

Stickstoff [N] ist für die Zellentwicklung und das vegetative Wachstum ausschlaggebend und hat daher den stärksten Effekt auf das Rebenwachstum. Eine zu hohe Stickstoffversorgung führt zu übermäßig starkem Wachstum, zu Reifeverzögerung und stärkerem Pilzbefall (Botrytis) sowie zur Auslösung von physiologisch bedingten Störungen (Stiellähme, Verrieselung). Stickstoffmangel führt unter anderem zu einem reduzierten vegetativen Wachstum. Sichtbare Anzeichen für einen vorliegenden Stickstoffmangel sind zum Beispiel hellgrüne Blätter, schwacher Wuchs und kleine Trauben.

Phosphor [P] wird bei verschiedenen Stoffwechselvorgängen benötigt. Phosphormangel zeigt sich durch dunkelgrüne bis rötliche Färbung der Blätter, Überschuss kann zum Beispiel zu verringertem Wuchs und Ertragseinbußen führen und Chlorose begünstigen.

Kalium [K] spielt in der Rebernährung eine wichtige Rolle. Es regelt unter anderem das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen ist deshalb besonders wichtig für die Wasseraufnahme und den Wasserhaushalt. Kaliummangel kann zu erhöhtem Wasserbedarf der Rebe und zu Welkeerscheinungen führen. Weitere Mangelsymptome können Randnekrosen (Blätter zeigen gelben bis braunen, nach oben gewölbten Rand) und rötliche bis violette Färbungen der Blattspreite sein. Die durch Kaliummangel verursachte erhöhte Krankheitsanfälligkeit begünstigt auch das Auftreten der Traubenwelke.

Magnesium [Mg] ist ein wichtiger Baustein des Chlorophylls (Blattgrün). Gemeinsam mit Kalium steuert es den Wasserhaushalt der Rebe. Mangelercheinungen sind Ausrieseln der Blüten, was zu Ertragseinbußen führt, sowie erhöhte Krankheitsanfälligkeit – vor allem Stiellähme. Überschuss kann zur Entstehung von Bitterstoffen im Wein führen.

Kalzium [Ca] ist unter anderem für Wasserhaushalt und Wachstum verantwortlich. Der Kalkgehalt hat einen entscheidenden Einfluss auf den pH-Wert des Bodens und somit indirekt auch auf die Nährstoffverfügbarkeit. Kalziummangel tritt im Weinbau selten auf, ein Überschuss begünstigt Chlorose.

Schwefel [S] kann sowohl über die Wurzel als auch über das Blatt aufgenommen werden. Es ist für den Aufbau verschiedener Pflanzenstoffe essentiell. Durch die

Anwendung schwefelhaltiger Dünger besteht derzeit weder Mangel noch Überschuss.

4.1.2 Spurenelemente (Mikronährstoffe)

Spurenelemente werden im Gegensatz zu den Hauptnährstoffen nur in geringen Mengen benötigt, ihr Wirkungsgrad ist aber sehr hoch. Im Weinbau sind vor allem Bor [B], Eisen [Fe], Zink [Zn], Mangan [Mn], Kupfer [Cu] und Molybdän [Mo] von Bedeutung.

Wichtig sind auch das Nährstoffverhältnis sowie die Wechselwirkungen der einzelnen Elemente untereinander. Dies muss bei der Interpretation der Analysen beachtet werden.

4.2 Überblick über Reberkrankungen

- Botrytis cinerea: Pilzbefall. Die Edelfäule ist notwendig für die Süßweinproduktion, werden unreife Beeren befallen spricht man von einer Krankheit (Graufäule, Grünfäule,...).
- Peronospora (falscher Mehltau): ist eine Pilzerkrankung, die sich an der Blattunterseite zeigt.
- Oidium (echter Mehltau): ist eine Pilzerkrankung, die sich unter anderem an den Blättern zeigt.
- Traubenwelke (auch Zweigeltkrankheit): Stoffwechselstörung, die bei Rotweinsorten auftritt; Trauben schrumpfen und schmecken sauer.
- Chlorose: Nährstoffmangelkrankheit, die durch Gelbfärbung der Blätter in Erscheinung tritt.
- Stiellähme: Stoffwechselstörung, bei der die Trauben schrumpfen und sauer bleiben. Kennzeichen sind Flecken auf dem Traubengerüst oder auf den Beerenstielen.

5 Methoden

5.1 Installation der Unterflurtropfbewässerung

Eine besondere Herausforderung bei einer UTB stellt die Wahl der Tiefe der Installation der Tropfschläuche und ihr seitlicher Abstand zu den Pflanzenreihen dar. Außerdem muss der Abstand der Tropfer und die Durchflussrate entsprechend gewählt werden. Kriterium dafür sind spezifische Boden- und Pflanzeigenschaften. Grundsätzlich soll sich das Wasser gleichmäßig in der Wurzelzone verteilen ohne dass die Feuchtfrent die Oberfläche erreicht. Darüber hinaus kann die Bodenbearbeitung für die Platzierung der Tropfleitungen ausschlaggebend sein. Um ein Lebensdauer von mehreren Jahren zu gewährleisten sollten die Tropfschläuche in einer Tiefe verlegt werden, wo sie nicht mehr von den Maschinen bei der Bodenbearbeitung beeinflusst werden (CAMP, 2003).

Zu den Auswirkungen auf den Ertrag in Abhängigkeit von unterschiedlich tief verlegten Tropfleitungen gibt es keine konkreten Untersuchungen. In der Literatur werden abhängig von Boden- und Kulturart Tiefen von 0,02 m bis 0,70 m genannt. Der seitliche Abstand kann von 0,25 m bei Kulturen mit engen Reihenabständen bis zu 5 m bei Obstplantagen und Wein variieren (CAMP, 1998).

Die Tropferabstände längs der Leitung werden im Allgemeinen nach den hydraulischen Randbedingungen, in erster Linie der Feldlänge, gewählt. Bei Wein werden die Tropfer in der Regel direkt beim Stock montiert, weil eine Überlappung der feuchten Zonen nicht unbedingt notwendig ist.

Bei UTB ist eine geschlossene feuchte Zone entlang der Tropfleitung wünschenswert. Deshalb wurde für das Projekt ein Tropferabstand von 30 cm gewählt (GEORGE, 2005).

Auf allen Versuchsflächen kommen Tropfleitungen der Firma *T-Tape*, mit der Bezeichnung *TSX 515*, zum Einsatz. Die Spezifikationen sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Spezifikationen der Tropfleitung TSX 515 (T-Tape)⁹.

TSX 515		
Wandstärke	15 mil	0,4 mm
Durchmesser	5/8 inch	1,6 cm
Druckbereich	4-5 psi	0,2-1,0 bar

Abbildung 13 zeigt den Aufbau und den Querschnitt der Tropfleitung. Im drucklosen Zustand ist der Tropfschlauch flach und die Tropfer bzw. Tropf-Schlitze (Slit Outlet) sind geschlossen.

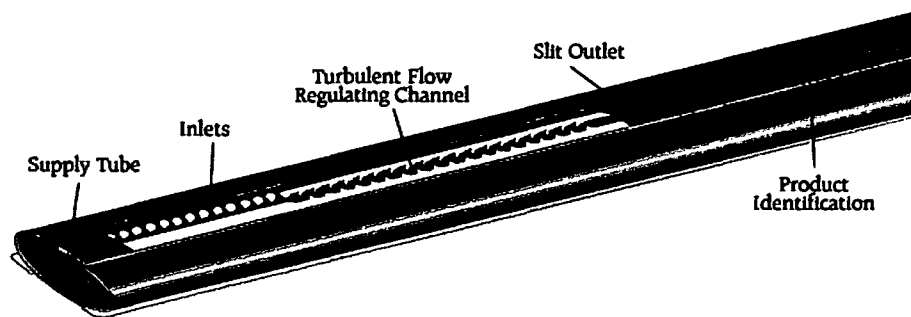


Abbildung 13: Aufbau und Querschnitt der Tropfleitung.

Die Installation der Tropfschläuche sowie der Zu- und Verteilerleitung wurden von der Firma PARGA, Aderklaa mit Unterstützung der jeweiligen Winzer ausgeführt.

Das Gerät zur Installation der Tropfleitung ist an einem Traktor befestigt. Die wesentlichen Teile sind eine Halterung für die Tropfschlauch-Rolle, eine Walze zur Tiefenregelung, eine schmale Pflugschar zur Bodenlockerung und ein Führungsrohr für die Tropfleitung (Abbildung 14).

⁹ <http://www.t-tape.com>

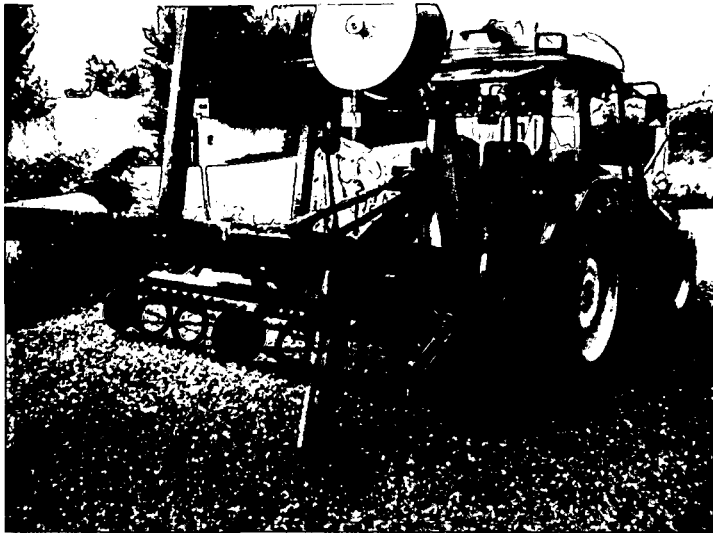


Abbildung 14: Vorbereitung zur Installation der Tropfleitungen

Abbildung 15 zeigt die fachgerechte Verlegung der Tropfleitungen. Dabei steuert eine Person die Zugmaschine, während die andere das einwandfreie Abwickeln der Schlauchrolle kontrolliert, um ein Dehnen, Abknicken oder Verknoten der Tropfleitung zu verhindern. Hilfreich ist auch eine dritte Person, die am Anfang jeder Reihe das Schlauchende festhält, damit dieses nicht mitgezogen wird.

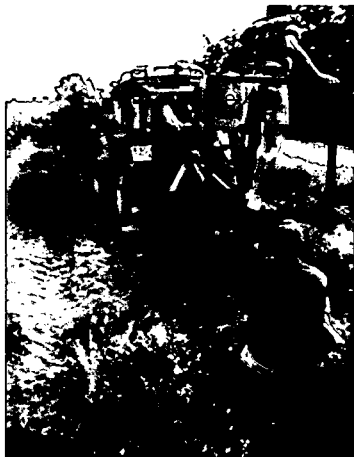


Abbildung 15: Verlegung der Tropfleitungen.

Durch die Pflugschar wird der Boden gelockert, aber auch die Wurzeln durchtrennt. Abgerissene Wurzeln werden laufend durch Regeneration erneuert, unabhängig von Alter und Wachstumsphase des Rebstockes (REDL et al., 1996).

Trotzdem ist zu bemerken, dass es bei einem ungünstig gewählten Zeitpunkt für die Installation zu Störungen der Wasseraufnahme kommen kann.

Wasser und Nährstoffe werden nur von den feinsten Wurzelfasern aufgenommen. Die Hauptmasse des fein verzweigten Wurzelsystems der Rebe findet man in einer Tiefe bis 60 cm, wo auch Humus und Nährstoffe zu erwarten sind (REDL et al., 1996).

Auf den Versuchsflächen erfolgte die Verlegung der Tropfschläuche in einem Abstand von 40 bis 45 cm beiderseits der Reihen und einer Tiefe von 40 cm. Diese Werte wurden auf Grund von Erfahrungswerten bei Wein aus anderen Ländern festgelegt (GEORGE, 2005).

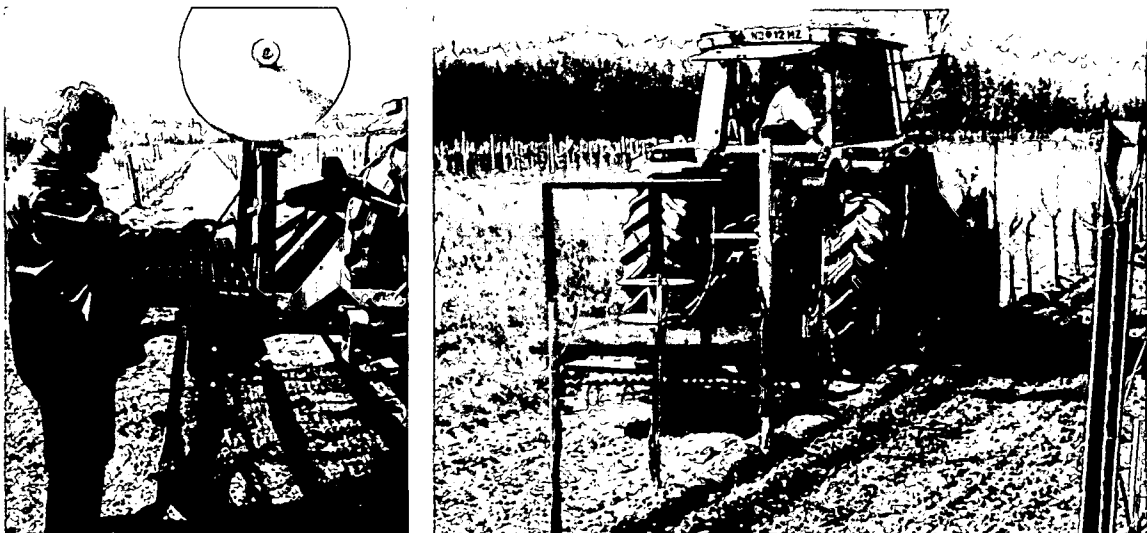


Abbildung 16: Verlegung der Tropfleitungen neben den Reihen.

Nach der Verlegung der Tropfschläuche wurden diese an einigen Stellen wieder freigelegt, um ihre Lage zu überprüfen (Abbildung 17).

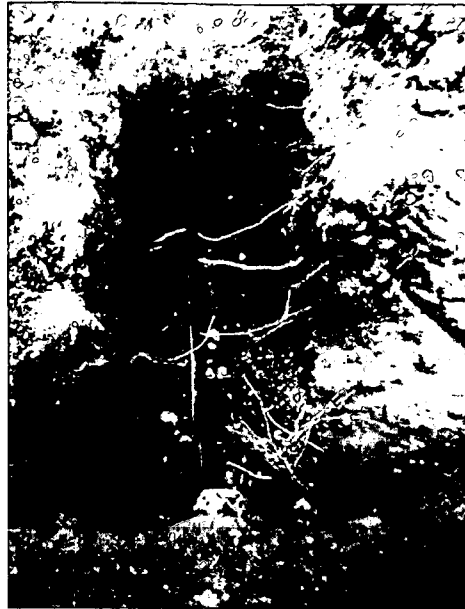


Abbildung 17: Kontrolle der Tropfleitung nach der Verlegung.

Die Tropfleitungen kommen im Untergrund mit den Schlitzöffnungen an der Oberseite zu liegen, wodurch einer Verstopfung vorgebeugt werden soll. Die Tropfer öffnen sich erst unter Druck, wodurch ein Eindringen von Wurzeln verhindert wird. Diese Methode wird bei der Installation einer UTB sehr häufig angewandt (CAMP et al., 2003).

Die **Zuleitung** einer UTB erfolgt wie bei der TB. Die Zuleitung wird in einem Graben von der Pumpstation bis zur Anschlussstelle geführt (Abbildung 18).



Abbildung 18: Verlegung der Zuleitung.

Die einzelnen Tropfleitungen werden mittels Anbohrschelle mit der Verteilerleitung verbunden. Damit die beiden Seiten getrennt bewässert werden können, muss ein zusätzliches Schlauchstück am Reihenanfang aus dem Untergrund ins Freie geführt werden, damit die einzelnen Absperrventile erreichbar sind, und dann wieder zurück zum unterirdischen Anschluss an die Tropfleitung (Abbildung 19).

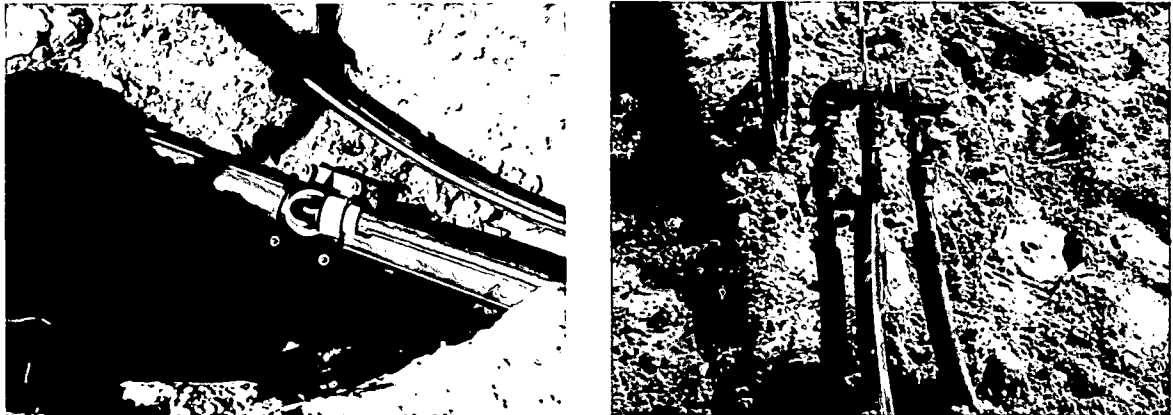


Abbildung 19: Anschluss der Tropfleitungen an die Verteilerleitung.

5.2 Installation der Sensoren zur Bewässerungssteuerung

FDR-Sensoren sind eine effektive Methode zur Messung des Bodenwasseranteils. Zur Bewässerungssteuerung wurden Sonden eingebaut, die mit jeweils fünf Sensoren den Wasseranteil in 10, 20, 30, 50 und 90 cm Tiefe messen (Abbildung 20).

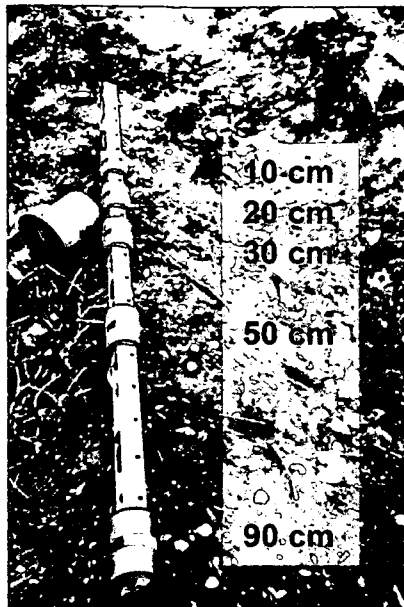


Abbildung 20: Sonde mit FDR-Sensoren in verschiedenen Tiefen.

Die Sonden werden innerhalb eines Kunststoffrohres im Boden versenkt, wofür ein Loch mit passendem Durchmesser gebohrt wird. Der Bohrvorgang und der Einbau des Kunststoffrohres sind besonders vorsichtig auszuführen, da Zwischenräume zwischen Boden und Rohr die Messungen beeinflussen. Die folgenden Abbildungen zeigen den gesamten Vorgang.



Abbildung 21: Ausführen des Bohrloches.



Abbildung 22: Einbau des Kunststoffrohres.

Abschließend wird die Sonde ins Rohr eingelassen, die Kabel werden angeschlossen und das System wird mit einer Verschlusskappe wasserdicht verschlossen (Abbildung 23).

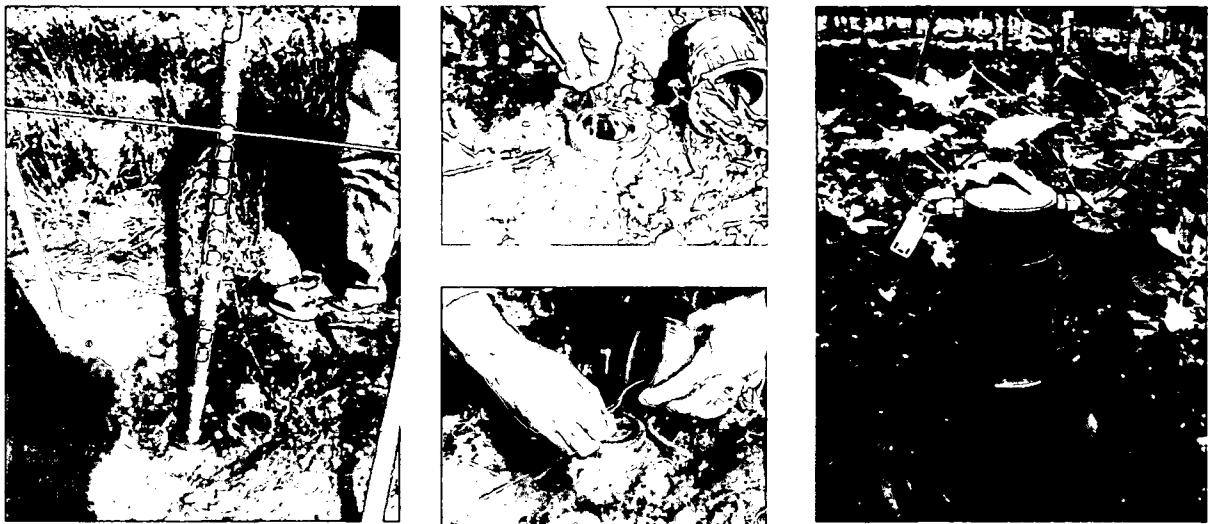


Abbildung 23: Einbau, Anschluss und Verschließen des Systems.

Die Daten werden von den Nebenstationen über Funk an die Hauptstation übertragen. Die Hauptstation ist mit einem Datenlogger ausgestattet, welcher die Bodenwasseranteile kontinuierlich aufzeichnet und speichert. Über ein Modem werden die Daten regelmäßig abgerufen und mit eventuellen Bewässerungsempfehlungen an den Winzer weitergeleitet. Für die Auswertung und Interpretation

der Daten stehen außerdem Software-Pakete (u.a. *CropSense* von *T-Systems International, Inc.*) zur Verfügung.

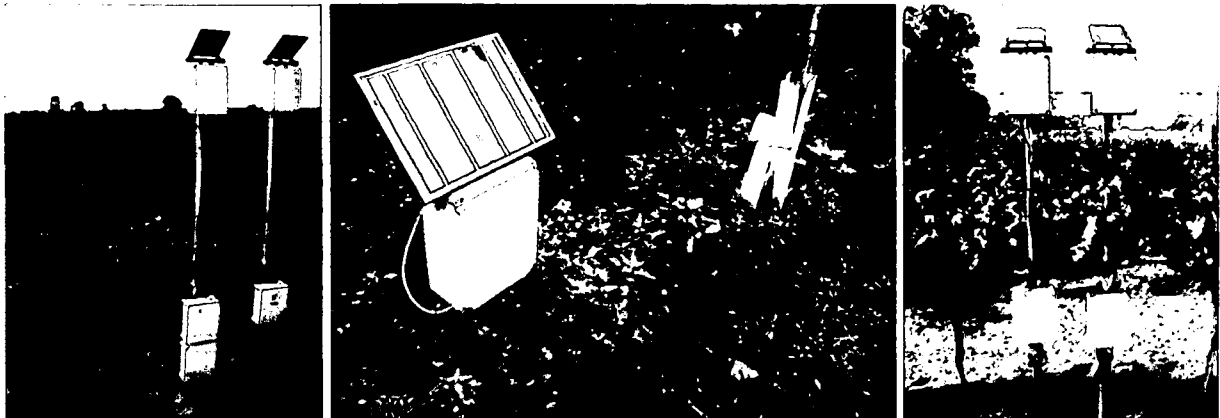


Abbildung 24: Die Nebenstationen senden die Daten über Funk an die Hauptstation.

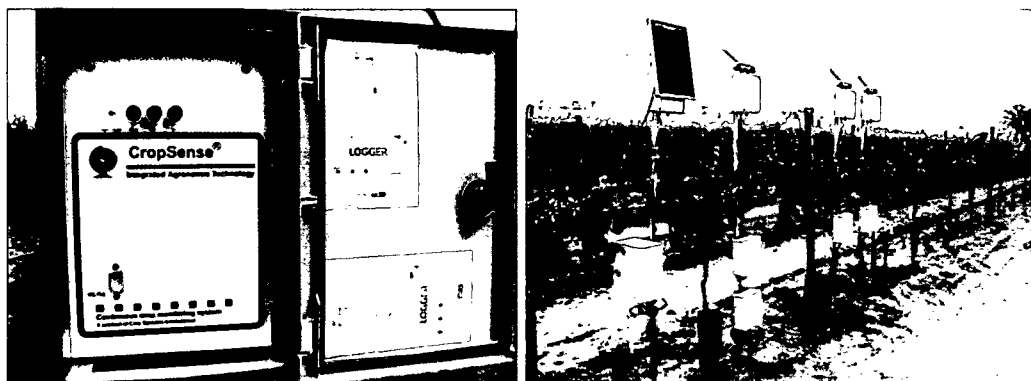


Abbildung 25: Die Hauptstation ist mit einem Datenlogger ausgestattet, der online-Zugriff über ein Modem erlaubt.

Aufgrund von Fehlfunktionen in den Jahren 2003 und 2004 wurde das gesamte System mehrmals überprüft und nachgebessert. Die ersten beiden Jahre müssen deshalb als Anlaufphase betrachtet werden. Kontinuierliche Daten gibt es erst ab 2005.

5.3 Integriertes Monitoring

Die landwirtschaftliche Beratungstätigkeit in Bezug auf Bewässerung und Nährstoffversorgung wird oft getrennt betrieben. *Crop Systems International* hat versucht diese beiden Bereiche zusammenzuführen und eine ganzheitliche Betrachtung der Versorgung der Pflanze mit Wasser und Nährstoffen anzustreben. Grundlage dieses „Integrated Monitoring“ bilden die kontinuierliche Messung des Bodenwasseranteils, sowie die regelmäßigen Analysen von Boden- und Blattproben. *T-Systems International* hat gemeinsam mit *CSI* dieses Echtzeit-Monitoring-System weiterentwickelt um die Anwendungsmöglichkeiten von UTB-Systemen zu erweitern (GEORGE, 2004).

5.3.1 Bodenanalysen

Der Zweck der Bodenanalyse ist die Optimierung der Düngeempfehlung, die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Schonung der Umwelt (FARDOSSI, 2001).

QuickSoil simuliert die Elektrische Leitfähigkeit (EC), den pH-Wert und die Verfügbarkeit von Nitrat (NO_3) und den wichtigen Kationen Ca, Mg, K, Na, Cl und Zn in der Bodenlösung. In Kombination mit dem Bodenwasseranteil können daraus präzise Bewässerungs- und Düngemaßnahmen geplant werden.

Die Probennahme erfolgt mehrmals in der Vegetationsperiode zu empfohlenen Zeitpunkten (Blüte, Fruchtansatz, Traubenschluss, Reife und nach der Lese). Dabei werden mit einem Bodenbohrer Proben aus dem Oberboden bis ca. 30 cm Tiefe gezogen. Die Probennahme erfolgt innerhalb eines repräsentativen Bereiches an mindestens 7-10 Stellen. Am Ende werden die Proben gut gemischt und davon etwa 250 g Boden in einen sauberen Beutel gefüllt und gut verschlossen (Abbildung 26).



Abbildung 26: Probennahme für die QuickSoil Analyse.

5.3.2 Blattanalysen

Die Nährstoffversorgung und das Wachstum der Rebe müssen nicht immer mit der Menge an verfügbaren Nährstoffen im Boden korrelieren. Nachteilige Faktoren wie Bodenverdichtung, Staunässe oder trockener Boden können die Nährstoffaufnahme beeinträchtigen. Die Blattanalyse zeigt, in welchem Ausmaß die vorhandenen Nährstoffe tatsächlich von der Rebe aufgenommen werden (FARDOSSI, 2002b).

Petiole SAP analysiert die dynamischen Änderungen der Nährstoffe im Pflanzensaft in Abhängigkeit von den Wachstumsphasen der Weinrebe. Die Analyse enthält alle essentiellen Makro- und Mikronährstoffe: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, B und S.

Die Blattproben werden gleichzeitig mit den Bodenproben genommen. Bei der Probennahme wird das erste voll entwickelte Blatt, in der Regel das vierte oder fünfte Blatt am Trieb, entnommen. Es wird das ganze Blatt genommen, da für die Analyse der Blattstiel verwendet wird (Abbildung 27).



Abbildung 27: Probennahme für die SAP Analyse.

Die Proben werden gemeinsam mit den Bodenproben zur Analyse in ein Labor nach Großbritannien verschickt. Die kombinierten Analysedaten werden anhand einer umfangreichen Datenbasis interpretiert und daraus Empfehlungen an den Winzer weitergeleitet (GEORGE, 2004).

Abbildung 28 zeigt das Ergebnis der kombinierten Boden- und Blattanalyse mit entsprechender Düngeempfehlung. Die Analysenwerte werden in Abhängigkeit von der Entwicklungsphase der Weinrebe durch Indizes angegeben. Der optimale Bereich liegt zwischen 500 und 700.



T SYSTEMS INTERNATIONAL INC

Combined SAP and Quicksoil test results

Experimental Farm, North Street,
Faversham, Kent, ME13 0LN

Telephone: 07 4155 6344
Facsimile: +44 (0)1795 532422
E-mail: croptech@croptech.com.au
Web site: www.fastltd.co.uk

Contact for sample enquiries:

Alois Kracher
Apetlonerstr 37
ILLMITZ 7142

please advise if details are incorrect

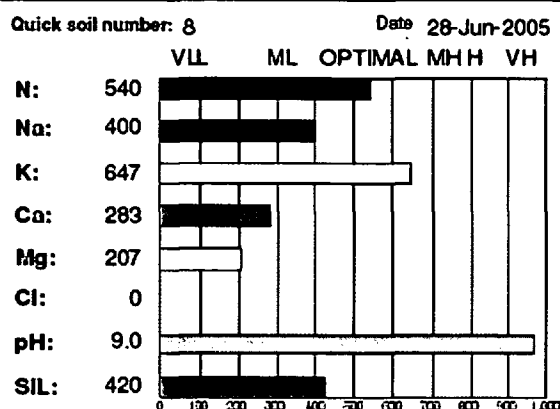
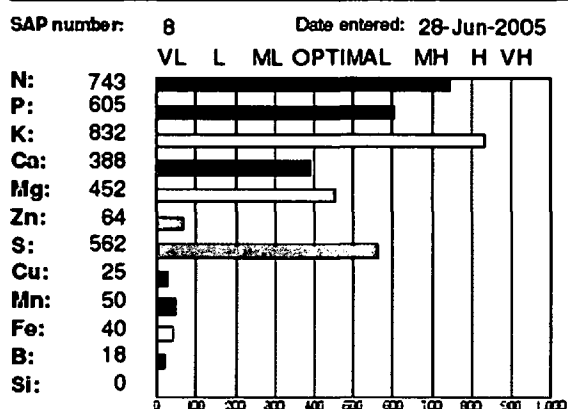
Grower: Alois Kracher

Block: Kapitel Spitz

Recommendation for: Grape - wine

Order no.: sp311

Variety:	Welschreising	Plant vigour:		Water stress:	No
Crop stage:	FruitSet	Irrigation type:	Trickle	Water stress type:	
Age:	6y	Soil type:		Preferred application:	
Fruit set:	Average	Soil colour:		Sample notes:	
Still setting fruit:		Soil drainage:			



Notes:

Try to find a foliar spray with a blend of micros complementary to recommendations and field requirements

Fertigate drip

Calcium Nitrate	20.00kg/ha	2-Jul-05
Magnesium Sulfate	10.00kg/ha	2-Jul-05

Foliar

Zinc Chelate	150.00g/100L	2-Jul-05
Copper Chelate	50.00g/100L	2-Jul-05
Manganese Sulfate	100.00g/100L	2-Jul-05
Iron Chelate	100.00g/100L	2-Jul-05
Solubor	150.00g/100L	2-Jul-05

DISCLAIMER:

Results are based on analysis of the sample as received. Because of the variability of sampling procedures, environmental and managerial the Company does not accept liability for lack of performance based on these recommendations. Recommendations are made in good faith based on the sample and information received.

Integrator
1.01.27

TSI001
TSI

07:12pm 01-Jul-05
Page 1 of 2

Abbildung 28: Ergebnis der kombinierten Boden- und Blattanalyse mit Düngeempfehlung.

5.3.3 Traubenanalysen

Ziel der erwähnten Maßnahmen ist wie bereits erwähnt die Sicherstellung von Traubenqualität und Ertrag. Zu den Qualitätskriterien zählen laut BMLFUW (2003) unter anderem Mostgewicht, Säuregehalt, Extrakt, Farbintensität, Aromastoffe und Phenole. Diese Parameter sind sowohl untereinander als auch mit dem Ertrag verknüpft. Die Zusammenhänge stellen sich oft als sehr komplex dar und sind Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen und Diskussionen.

Im vorliegenden Projekt war die Traubenanalyse ein Bestandteil des *Integrierten Monitoring*. Die Traubenproben wurden wenige Wochen bis Tage vor der Lese genommen und analog zur Boden- und Blattanalyse im Labor untersucht. Die analysierten Parameter sind Mostgewicht in *BRIX*, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium.

Das **Mostgewicht** beschreibt das spezifische Gewicht (Dichte) von Traubenmost, also das Gewicht des Mostes im Verhältnis zu seinem Volumen. Es ist ein Indikator für den Alkoholgehalt des Weines bei vollständiger Vergärung des Zuckers dar und wird deshalb auch als Gradation bezeichnet.

In Österreich ist die Angabe des Mostgewichtes in °*KMW* oder °*Oe* gebräuchlich.

Die Klosterneuburger Mostwaage (°*KMW*) gibt den Zuckergehalt in Gewichtsprozenten an, d.h. 1 °*KMW* entspricht 1% Zucker (g/100g).

Oechsle-Grade (°*Oe*) geben an, wie viel Gramm ein Liter Most mehr wiegt als ein Liter Wasser, d.h. 70 °*Oe* haben ein spezifisches Gewicht von 1,070 kg/l.

International wird das Mostgewicht unter anderem in *Brix* angegeben.

Eine Flüssigkeit hat ein Grad Brix (=1 % Brix), wenn sie dieselbe Dichte hat wie eine Lösung von 1 g Saccharose in 100 ml Wasser.

Wegen der unterschiedlichen Definitionen ist eine genaue Umrechnung sehr schwierig. Für die Praxis sind jedoch einfache Umrechnungsfaktoren ausreichend:

$$1 \text{ } ^\circ\text{KMW} \approx 5 \text{ } ^\circ\text{Oe}$$

$$1 \text{ } ^\circ\text{Brix} \approx 4 \text{ } ^\circ\text{Oe}$$

Abbildung 29 zeigt das Ergebnis der Traubenanalyse ein Monat bzw. eine Woche vor der Lese in Pamhagen 2005. Das Optimum der Index-Werte liegt zwischen 500 und 700.

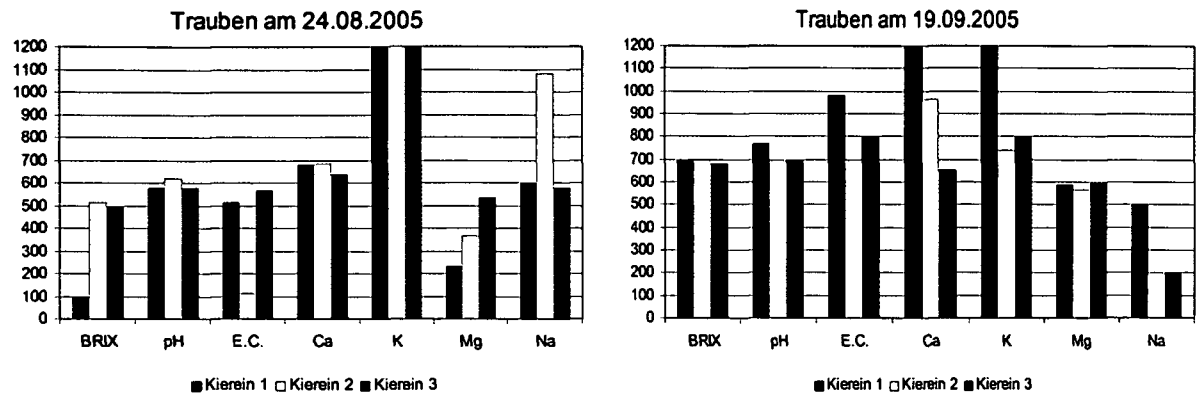


Abbildung 29: Ergebnis der Traubenanalyse in Pamhagen 2005.

6 Ergebnisse

6.1 Erfahrungen mit der UTB

Der Arbeitsaufwand bei der **Installation** der UTB ist mit der TB gleichzusetzen. Die unterirdische Verlegung der Tropfleitungen geht mit den entsprechenden Geräten rasch voran und stellt bei geeigneten Bodenverhältnissen kein Problem dar. Bei Böden mit höherem Grobanteil, vor allem Steine im Oberboden, ist sowohl die Installation als auch der Betrieb mit Schwierigkeiten verbunden. In diesem Fall sollte die Anwendung grundsätzlich überdacht werden. Auf den gewählten Versuchsstandorten waren die Böden für die Anwendung einer UTB grundsätzlich geeignet. Allerdings muss angeführt werden, dass die Böden, mit Ausnahme der Sandböden der Versuchsfelder *Kapitel*, sehr inhomogen sind. Dadurch wird die Entscheidung bezüglich der Einbautiefe erschwert. Außerdem konnten in einigen Bereichen Verdichtungshorizonte festgestellt werden, was die Ausbreitung der Feuchtfrent behindert.

Die **Installationskosten** sind ähnlich wie bei einer oberirdisch verlegten TB. Dabei muss natürlich die Wahl der Tropfleitungen berücksichtigt werden, sowie deren Anzahl, je nachdem ob die unterirdischen Schläuche beidseitig der Weinreben verlegt werden oder nicht.

Für die **Bodenbearbeitung**, vor allem die Tiefenlockerung, stellte die UTB für die Winzer eine maßgebliche Behinderung dar.

Einrichtungen zur **Kontrolle** der Funktionstüchtigkeit der UTB (Wasserzähler, Manometer an mehreren Stellen des Systems) waren nur beschränkt vorhanden. Die regelmäßige Kontrolle gestaltete sich deshalb als besonders arbeitsaufwendig.

6.2 Bewässerungssteuerung

Die Messstellen für die Bodenwasseranteilmessung wurden an repräsentativen Stellen innerhalb der Versuchsflächen platziert. Da die Versuche jeweils nur auf einige Reihen innerhalb eines Feldes beschränkt waren, wurde die Bewässerung manuell gesteuert. Das führte vor allem durch die Verkürzung der Bewässerungsintervalle zu einem Mehraufwand an Arbeit, der schwer zu rechtfertigen ist. Eine Automatisierung der Steuerung ist auf jeden Fall sehr zu empfehlen.

Mit der Computer Anwendung *CropSense* (Crop Systems Int.) können die gemessenen Daten ausgewertet werden. Für den Verlauf der Bodenwasseranteile gibt es drei Darstellungsformen.

Der **Common Graph** zeigt alle Sensoren einer Messsonde. Daraus kann abgelesen werden in welcher Tiefe die Wasseraufnahme durch die Pflanze stattfindet, bzw. in welcher Tiefe ein Anstieg des Wasseranteils durch Bewässerung oder Regen zu verzeichnen ist (Abbildung 30).

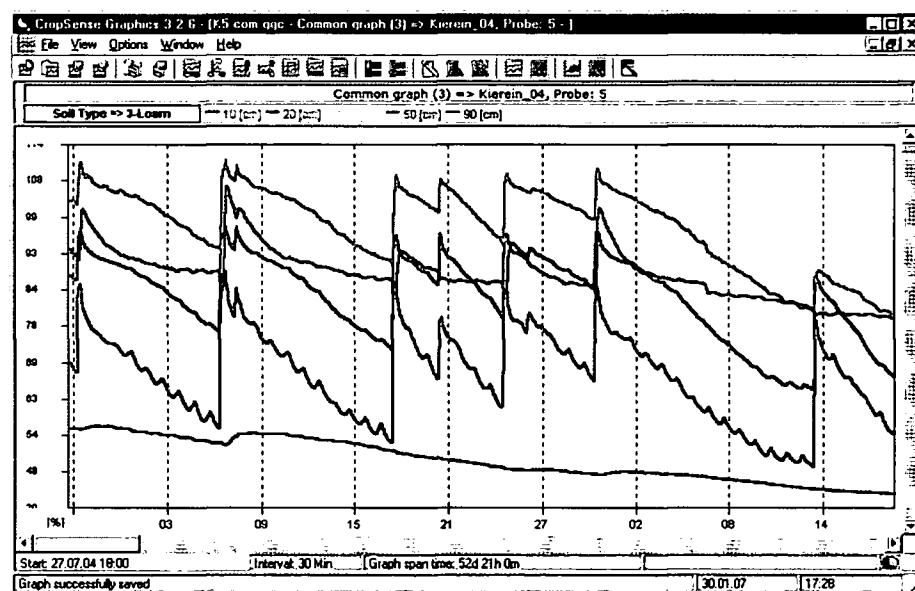


Abbildung 30: Common Graph, Kierein 5, 27.7.-19.9.2004

Der **Stacked Graph** enthält dieselbe Information wie der Common Graph, jedoch können die Linien verschoben und so nach ihrer Tiefe geordnet dargestellt werden (Abbildung 31). Die Schwingungen des Sensors in 10 cm (braun) sind eventuell auf Temperatureinflüsse zurückzuführen, während die Ausschläge nach unten vor jedem Anstieg, vor allem in 50 cm (grün), sehr problematisch sind. Aus diesem Grund sind auch die Summenkurven mit Vorsicht zu interpretieren.

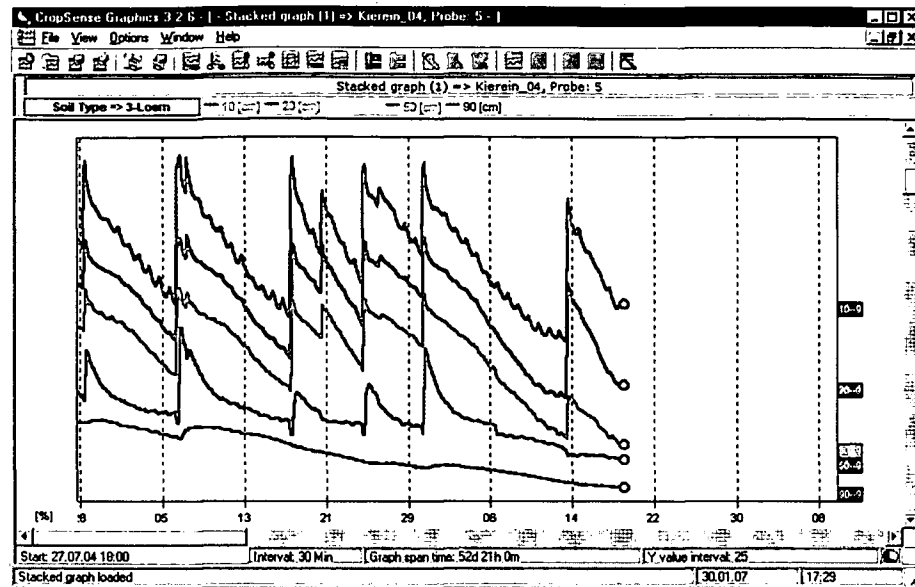


Abbildung 31: Stacked Graph, Kierein 5, 27.7.-19.9.2004

Der **Total Graph** zeigt eine über die gesamte Tiefe interpolierte Summenkurve. Hier kann eine obere Grenze für die Feldkapazität (FK) und untere Grenze für Wassermangel festgelegt werden, innerhalb derer die Bewässerung gesteuert wird. Abbildung 32 zeigt eine Summenkurve mit 5 Bewässerungsturnussen (vertikale Linien mit Datum) und den Bereich optimaler Wasserversorgung (grün).

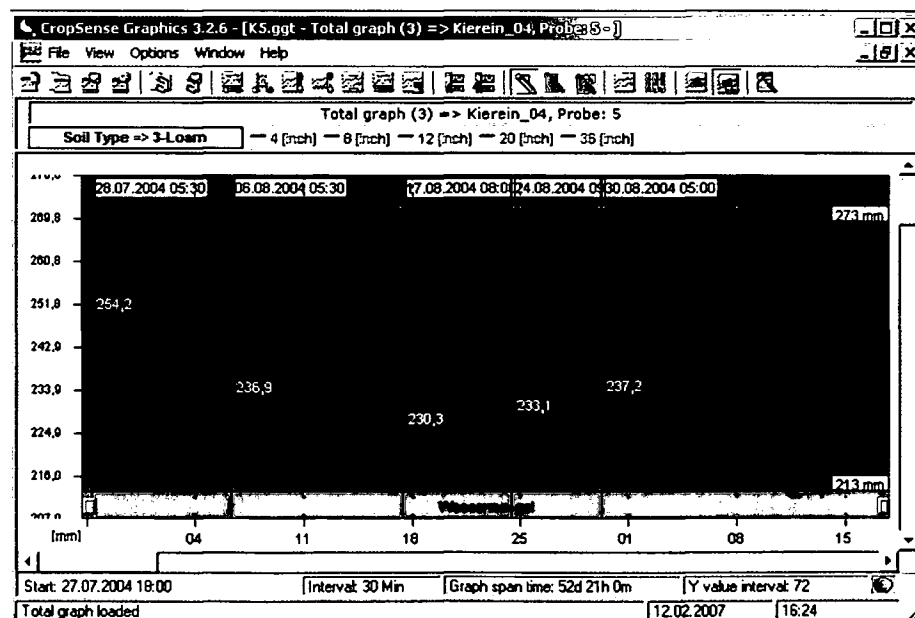


Abbildung 32: Total Graph, Kierein 5, 27.7.-19.9.2004

FDR-Sensoren müssen grundsätzlich normalisiert werden, damit sie bei gleichen Wasseranteilen auch gleiche Messwerte anzeigen. Dazu werden Messungen in Luft und in Wasser vorgenommen und den Messwerten die entsprechenden Werte 0 (Luft) und 1 (Wasser) zugeordnet.

Die vorliegenden Daten sind nicht normalisiert, weshalb die Messwerte der einzelnen Sensoren nicht direkt miteinander verglichen werden können.

6.3 Bewässerung und Düngung Pamhagen 2004

Nachfolgend sind die Summengraphen und Bewässerungstermine für die Versuchsflächen in Pamhagen vom 27.7.2004 bis 19.9.2004 dargestellt. In Tabelle 11 sind die Bezeichnungen der Versuchsflächen zusammengefasst.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Versuchsflächen in Pamhagen.

Standort	Fläche	Bereich	Bezeichnung	#	Bew
Pamhagen	Kierein	Kierein 1	K1 Nord	3	UTB
	(Tschernosem, sandiger Lehm)	Kierein 2	K1 Süd	4	UTB
			K2 Nord	1	UTB
			K2 Süd	2	UTB
		Kierein 3	K3	5	TB

Die UTB wurde beiderseits der Reihen verlegt (Nord, Süd), um PRD anzuwenden. Obwohl dieses Verfahren nicht entsprechend umgesetzt werden konnte, wurden beide Tropfleitungen zum Teil abwechselnd betrieben (Abbildung 33 und Abbildung 34). Die Bewässerungsmaßnahmen dienten in erster Linie zur Aufbringung der Düngemittel Kalisulfat (K & S) und Bittersalz (Magnesiumsulfat). Die Auswirkungen der Niederschläge (07.08., 20.08., 21.08., 25.08., 26.08., 31.08., 12.09., 13.09., 15.09., 16.09.) auf die angezeigten Werte können zum Teil nicht plausibel erklärt werden. Die Bereiche *Kierein 1* (Abbildung 33) und *Kierein 2* (Abbildung 34) unterscheiden sich durch die Sorte (*St. Laurent* bzw. *Zweigelt*), Bewässerung, Düngung und Bodenverhältnisse sind gleich.

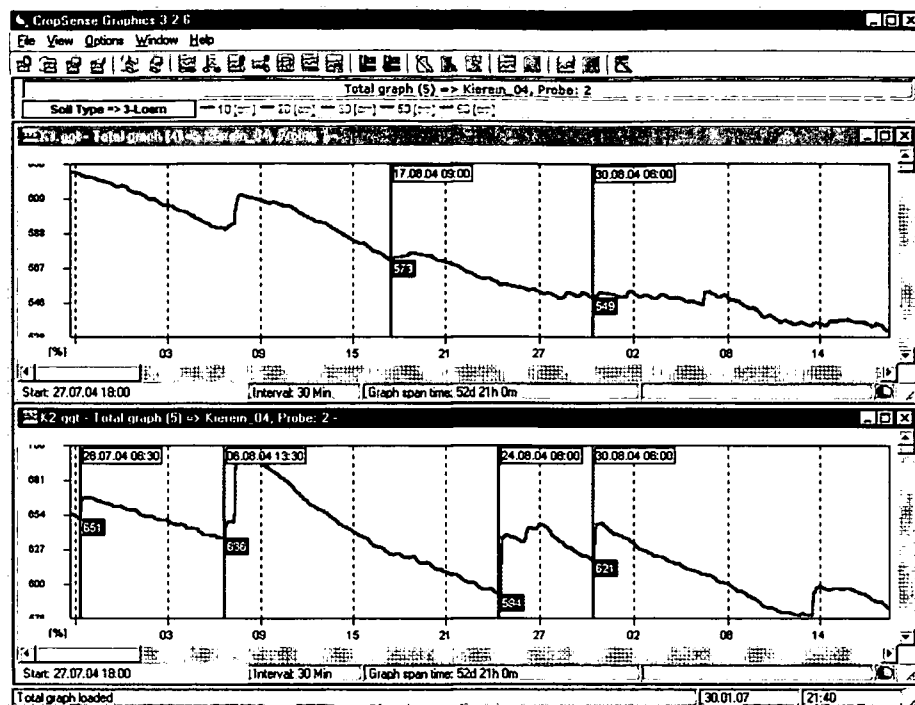


Abbildung 33: K1 Nord (oben) und K1 Süd (unten).

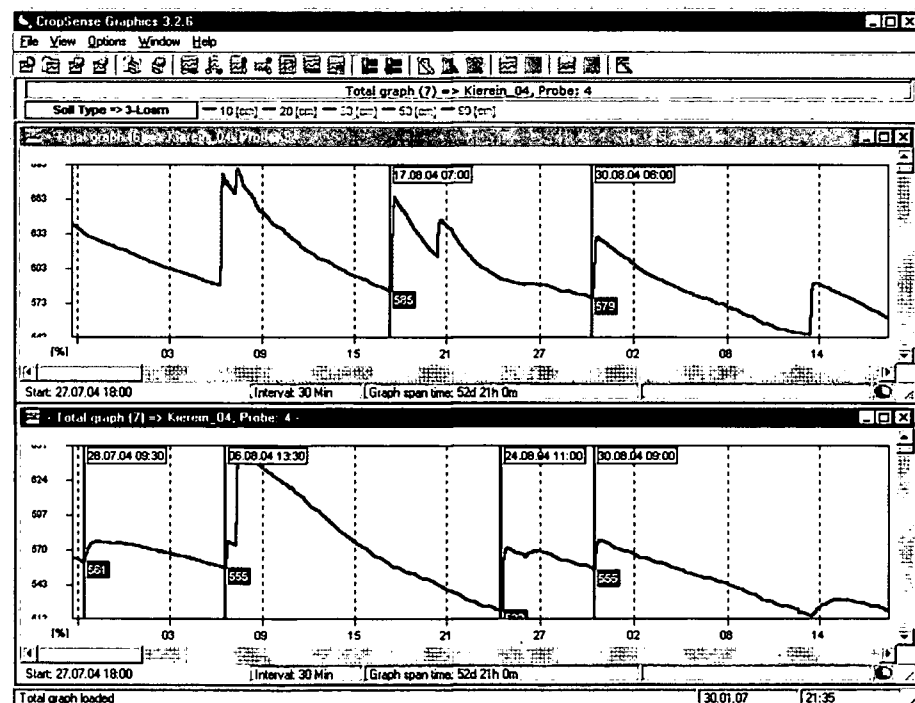


Abbildung 34: K2 Nord (oben) und K2 Süd (unten).

Abbildung 35 zeigt die Ergebnisse der Analysen, welche Grundlage für die Düngeempfehlung sind. Demnach herrscht Kaliummangel in der Pflanze, nicht aber im Boden. Der Magnesiummangel konnte trotz Düngung bis zur Probennahme Ende August weder im Boden noch in der Pflanze ausgeglichen werden. Für einen späteren Zeitpunkt liegen keine Daten vor. Es ist anzumerken, dass die düngende Bewässerung unmittelbar neben den Tropfleitungen wirkt und deshalb unter Umständen bei der Bodenprobennahme nicht ausreichend erfasst wird.

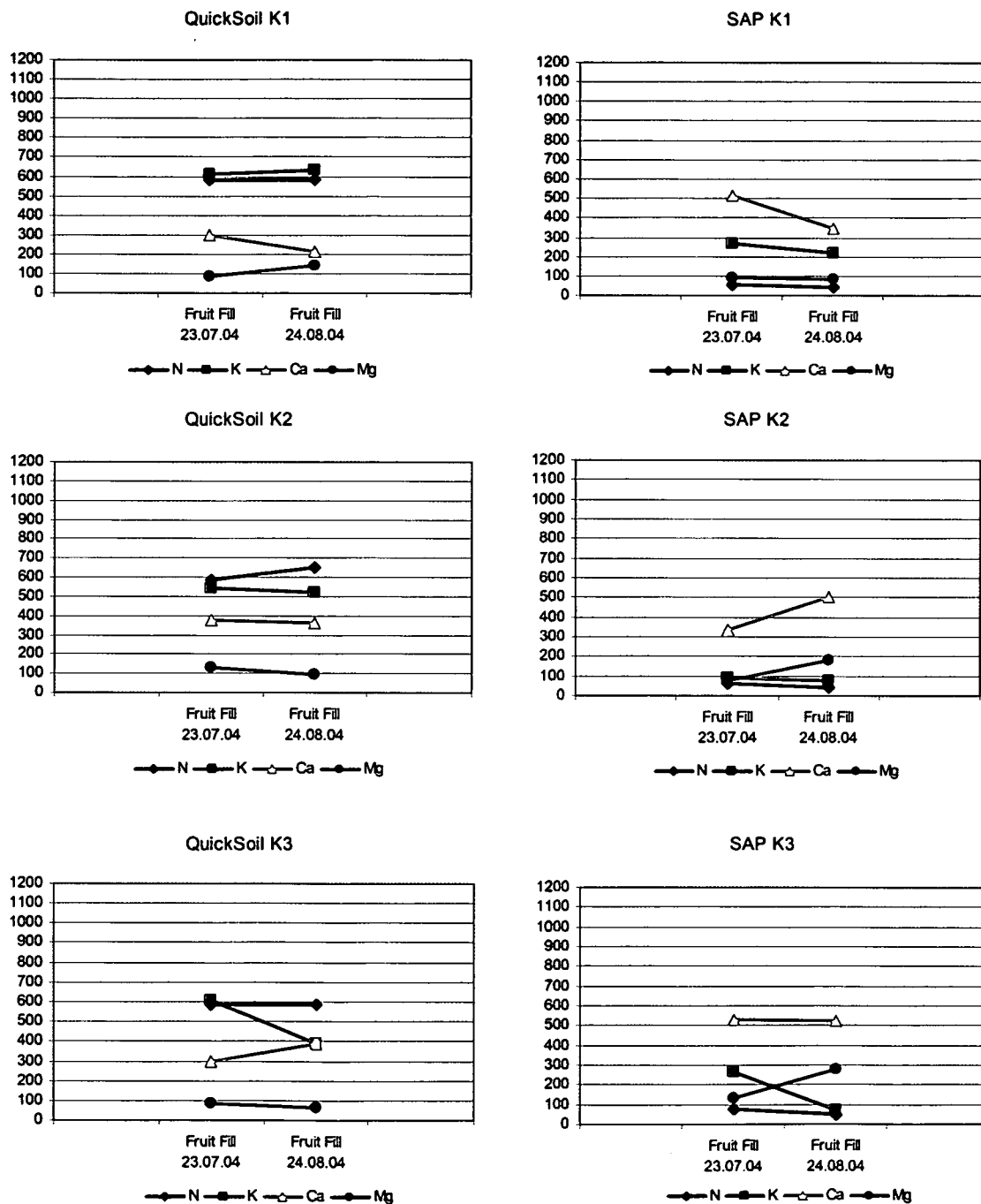


Abbildung 35: Boden- und Blattanalysen für Pamhagen 2004.

6.4 Bewässerung und Düngung Illmitz 2005

In Illmitz wurden die Messstellen bereits 2003 installiert. Brauchbare Messdaten sind nur vom Jahr 2005 verfügbar. Zwei Versuchsflächen mit jeweils drei Messstellen müssen hier unterschieden werden:

Die Versuchsfläche *Luss* ist aufgrund der Bodenverhältnisse (Tschernosem) sowie der ausgesetzten Sorte (Zweigelt) mit dem Standort Pamhagen vergleichbar. Hier wurde eine UTB mit der bestehenden TB verglichen. Die TB sollte eigentlich auf zwei Arten gesteuert werden, nämlich vom Winzer selbst (*Eigen*) bzw. gleichzeitig mit der Bewässerungsgenossenschaft (*Genossen*). Es wurde jedoch keine getrennte Steuerung durchgeführt, weshalb die Bereiche *Eigen* und *Genossen* immer gleich bewässert wurden.

Die Versuchsflächen *Kapitel* (*Kapitel*, *Kapitel Spitz* und *Zuteilung*) dienen zur Produktion von Süßweinen. Die sandigen Böden stellen eine besondere Herausforderung an die Bewässerung dar.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Versuchsflächen *Luss* in Illmitz.

Standort	Fläche	Bereich	Bezeichnung	#	Bew
Illmitz	Luss (Tschernosem, sandiger Lehm)	Unterflur	Luss Nord	1	UTB
			Luss Süd	2	UTB
		Genossen	Luss Genossen	4	TB
		Eigen	Luss Eigen	5	TB

Tabelle 13: Feldkapazität, Welkepunkt und nutzbare Kapazität nach BAUMER für sandigen Lehm auf dem Standort *Luss*.

Tiefe (cm)	25	50	70	100
FK (vol-%)	25,8	17,8	8,8	16,1
PW (vol-%)	11,9	8,8	4,5	5,8
nK (vol-%)	13,9	9,1	4,3	10,3

Die Sensoren in Luss Nord (Abbildung 36, oben) zeigen keine Reaktion auf die Bewässerung am 15.5. (Dauer: 10h) und am 21.6. (Dauer: 5h). Der Ausschlag am 18.5. ist auf Niederschlag (25 mm) zurückzuführen. Die Bewässerung am 24.6.

(Dauer: 8h) zeigt im Vergleich mit den vorigen Bewässerungen einen überdimensional großen Anstieg.

Die Südseite wurde zusätzlich am 7.6. und am 1.7. bewässert, worauf man auf Basis der gemessenen Wasseranteile verzichten hätte können. Die Zeitpunkte für die Bewässerungen am 21.6. und 24.6. waren in Ordnung, jedoch ist ein Anstieg des Bodenwasseranteils zuerst in 90 cm Tiefe und erst später ein leichter Anstieg in 50 cm Tiefe zu erkennen. Das lässt den Schluss zu, dass die Tropfleitungen hier etwas tiefer als 40 cm liegen und der kapillare Aufstieg des Wassers nicht optimal ist.

Wegen technischer Probleme sind die Aufzeichnungen im Mai, Juni, Juli und August für jeweils mehrere Tage unterbrochen.

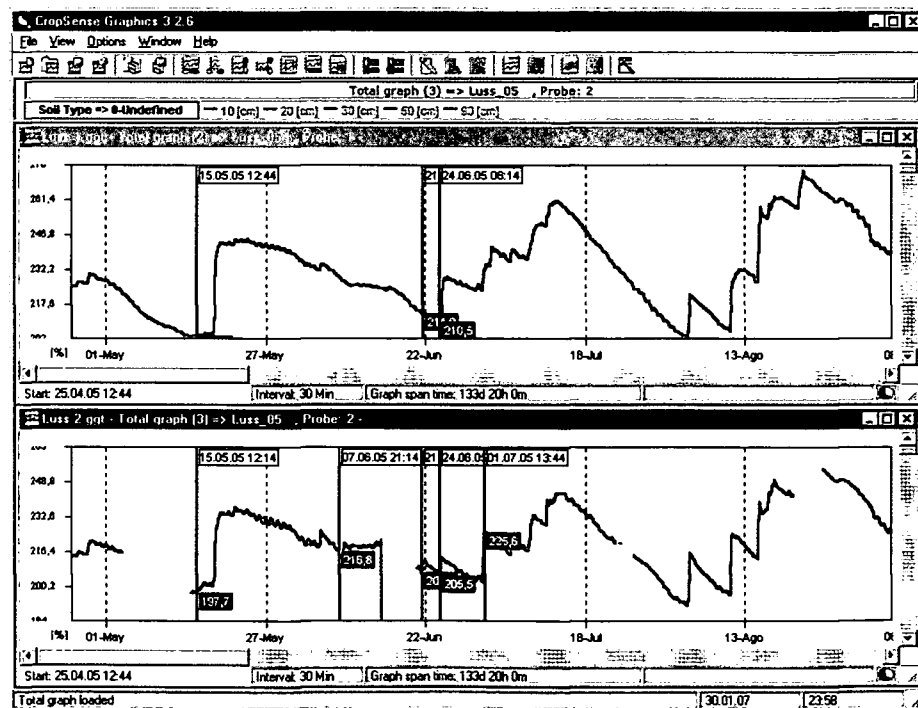
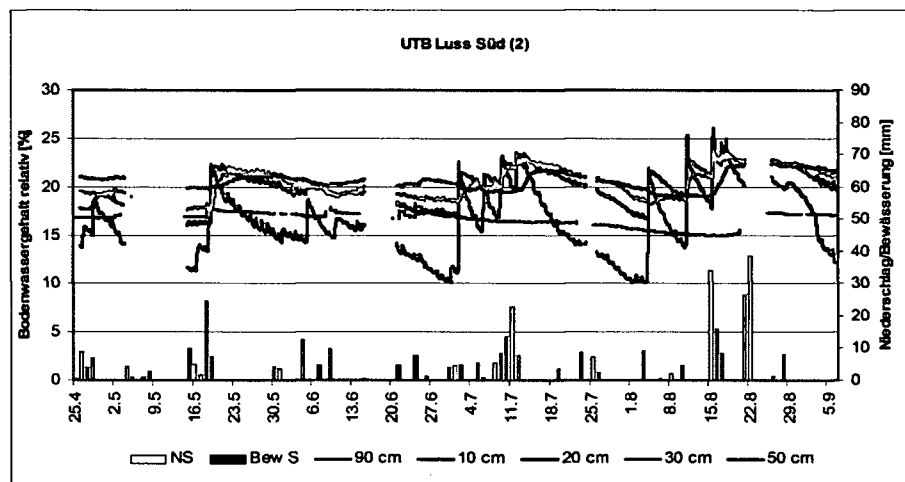
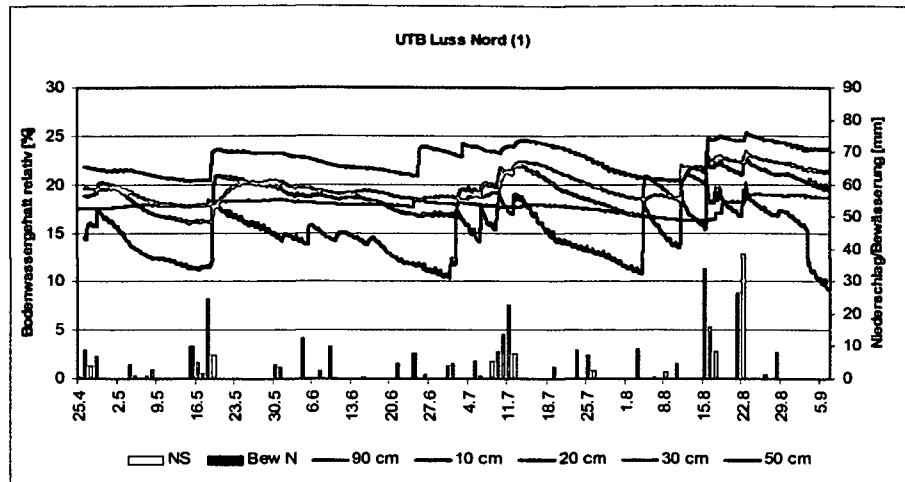


Abbildung 36: UTB Luss Nord und Luss Süd

Die genossenschaftliche Tropfbewässerung auf dem Versuchsfeld *Luss* wird zu festgelegten Zeitpunkten betrieben. Im Jahr 2005 waren es vier Turnusse mit jeweils 24 Stunden Dauer (dunkelblaue Balken in Abbildung 37). Da der Niederschlag vom 4.6. keine ausreichende Wirkung zeigt, war die erste Bewässerung am 7.6. etwas zu spät angesetzt. Die Bewässerungsdauer von 24 Stunden hätte reduziert oder die Intervalle verkürzt werden können, da der Bodenwasseranteil im Juni ausreichend hoch war. Die letzte Bewässerung am 2.7. hätte man aufgrund der Niederschläge nicht durchführen müssen. Hier ist ein leichter Anstieg des Wasseranteils in 90 cm Tiefe zu verzeichnen, was eine Durchsickerung ins Grundwasser vermuten lässt.

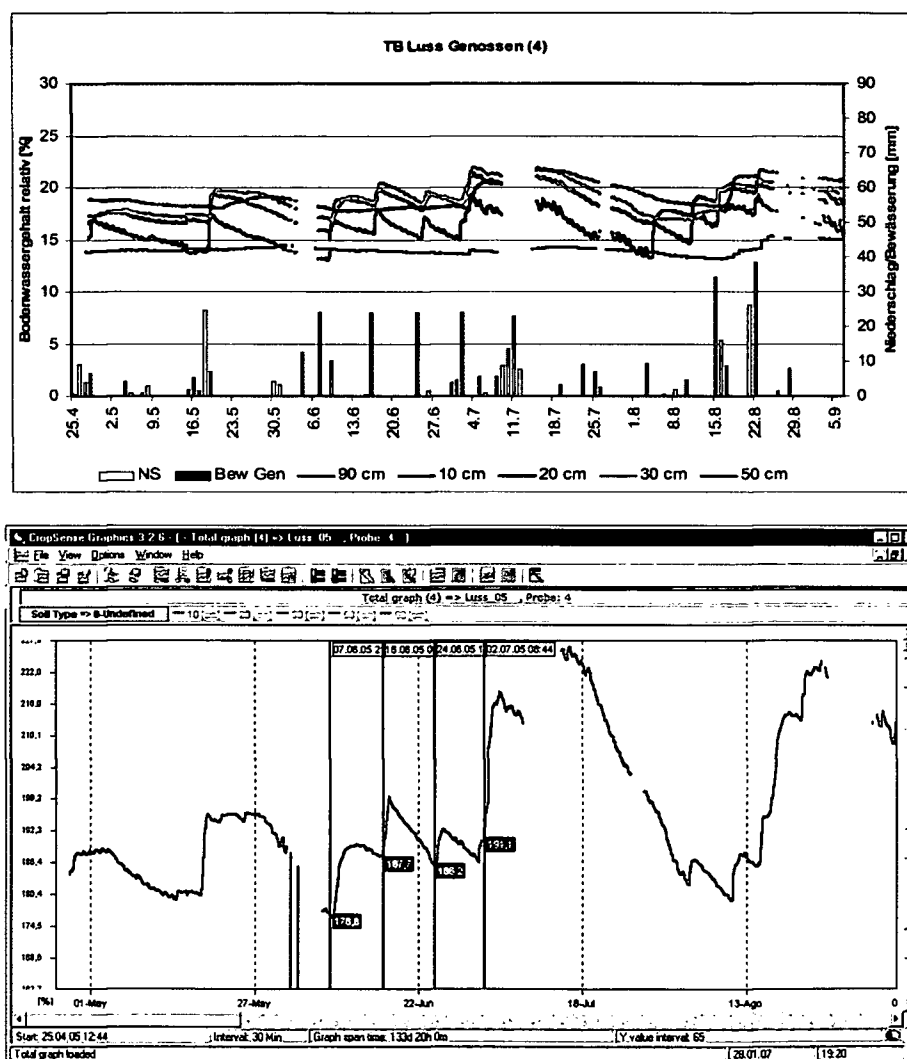


Abbildung 37: TB Luss Genossen.

Luss Eigen wurde analog zu *Luss Genossen* bewässert und bewirtschaftet, die Graphen der Bodenwassermessungen sollten gleich sein (Abbildung 38). Die Unterschiede in den absoluten Werten ergeben sich in erster Linie durch die fehlende Normalisierung der Sensoren.

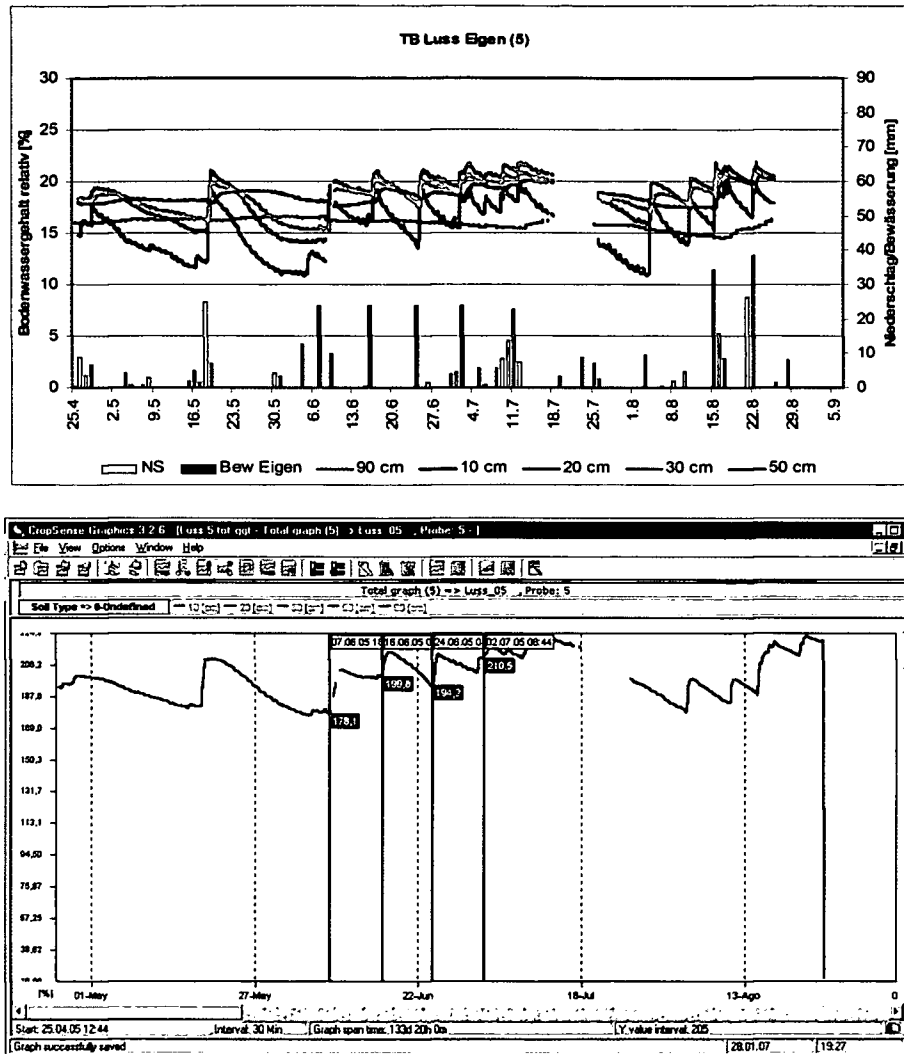


Abbildung 38: TB *Luss Eigen*.

Auf den Versuchsflächen **Kapitel** herrscht aufgrund der Bodenart (Sand) eine vollkommen andere Situation. Sand kann nur wenig Wasser speichern, der kapillare Aufstieg des Bodenwassers ist aufgrund der Porengröße gering. Hier muss die Bewässerung präzise gesteuert werden um eine gute Verteilung des Wassers im Boden zu garantieren.

Damit die Sonden bei der Bewirtschaftung nicht im Weg sind, wurden sie hier nicht vertikal sondern schräg im Boden eingebaut (Abbildung 39). Das ist bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen. In Tabelle 14 sind die verschiedenen Messstellen zusammengestellt.

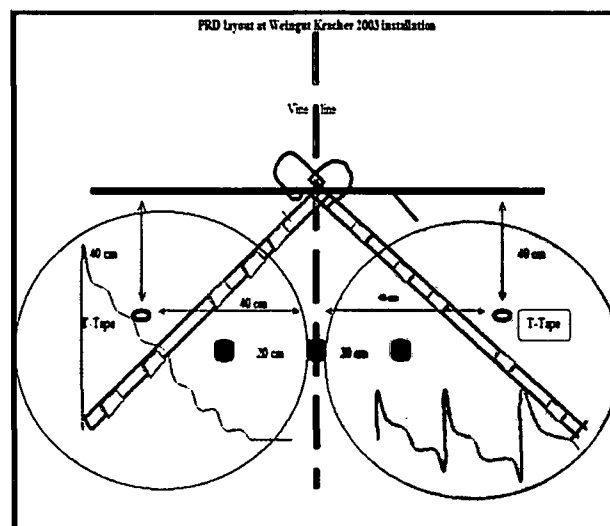


Abbildung 39: Schräg eingebaute Sonden (**Kapitel** und **Kapitel Spitz**).

Auf den Versuchsflächen **Kapitel** wurde ausschließlich mit neu installierten UTB-Systemen bewässert. Tabelle 14 fasst die Bezeichnungen zusammen.

Tabelle 14: Zusammenfassung der Versuchsflächen **Kapitel** in Illmitz.

Standort	Fläche	Bereich	Bezeichnung	#	Bew
Illmitz	Kapitel (Gley, Sand)	Kapitel Spitz	Spitz Süd	7	UTB
			Spitz Nord	8	UTB
		Kapitel	Kap Süd	5	UTB
			Kap Nord	2	UTB
		Zuteilung	Zut West	1	UTB
			Zut Ost	6	UTB

**Tabelle 15: Feldkapazität, Welkepunkt und nutzbare Kapazität nach BAUMER für Sand
(Kapitel Spitz).**

Tiefe (cm)	20	45	65	75	95	100
FK (vol-%)	4,6	5,0	8,6	17,3	43,0	42,3
PW (vol-%)	2,2	2,9	5,1	11,5	25,8	27,7
nK (vol-%)	2,4	2,1	3,6	5,8	17,2	14,6

Aus Tabelle 15 ist ersichtlich, dass im Oberboden wegen des hohen Sandgehalts nur wenig Wasser gespeichert werden kann, während sich die Verhältnisse in der Tiefe ändern. Das kann auch in Abbildung 40 am Sensor in 90 cm (blau) abgelesen werden. Dieser ist direkt vom anstehenden Grundwasser beeinflusst. Schwieriger ist die Interpretation der Sensoren in 50 und 90 cm in Abbildung 41 (*Kapitel*), da diese relativ konstante Werte um null anzeigen und der absolute Wasseranteil nicht bekannt ist.

Auf den Versuchsflächen *Kapitel* wurden die Bewässerungen in sehr kurzen Intervallen (2 Tage) durchgeführt. In Abbildung 40 ist ein deutlicher Anstieg des Wasseranteils in 30 cm Tiefe zu erkennen. Dieser ist eindeutig auf die UTB zurückzuführen. In Abbildung 41 sind diese Auswirkungen nicht unmittelbar zu erkennen. Hier zeigen die Bewässerungen um den 21.6. jedoch einen gleichmäßigen Anstieg der oberen Sensoren.

In Abbildung 42 zeigen die Werte einen starken Abfall von Mitte Juli bis Anfang August, gefolgt von einem Datenloch. Zuvor zeigen die Werte kaum Schwankungen. Dies könnte auf einen relativ hohen Wasseranteil in diesen Tiefen hindeuten. Die dafür notwendigen absoluten Bodenwasseranteile sind derzeit noch nicht verfügbar.

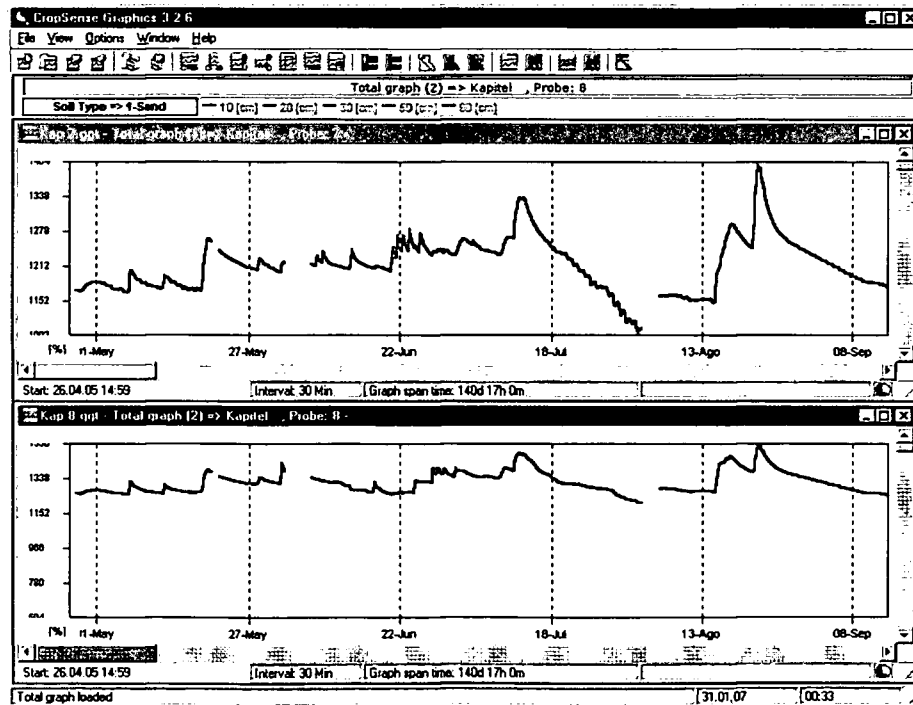
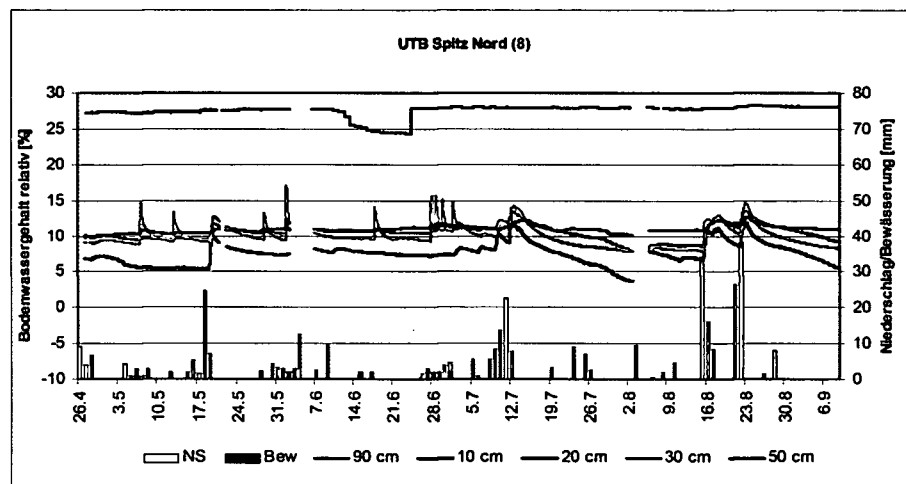
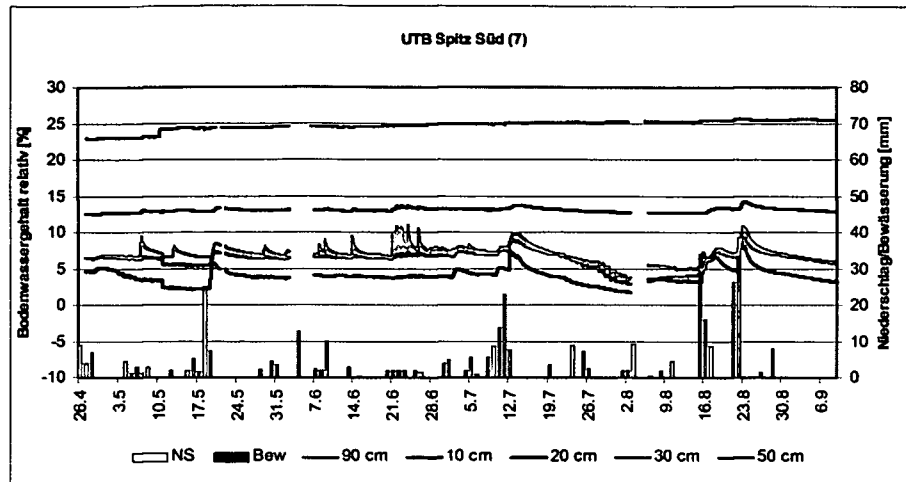


Abbildung 40: UTB Kapitel Spitz Süd (oben) und Nord (unten).

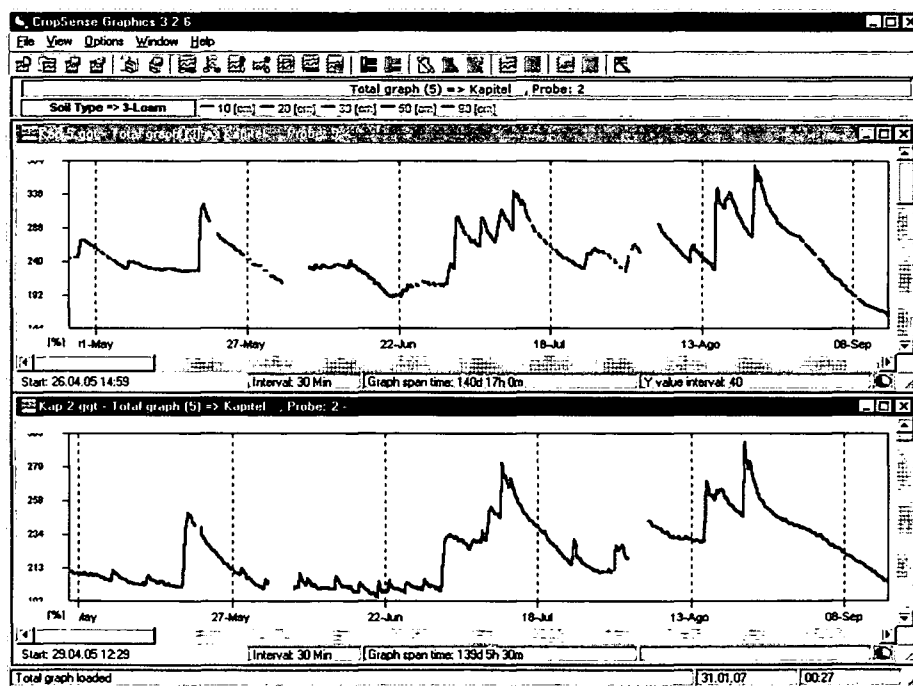
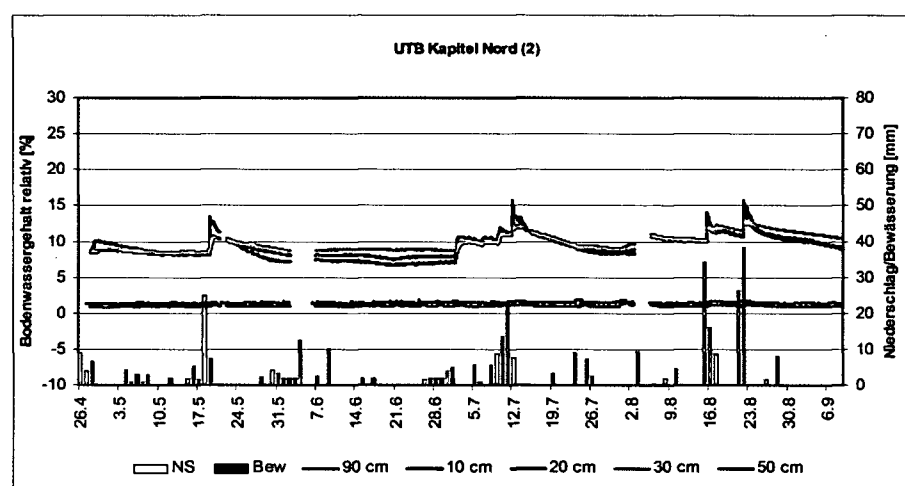
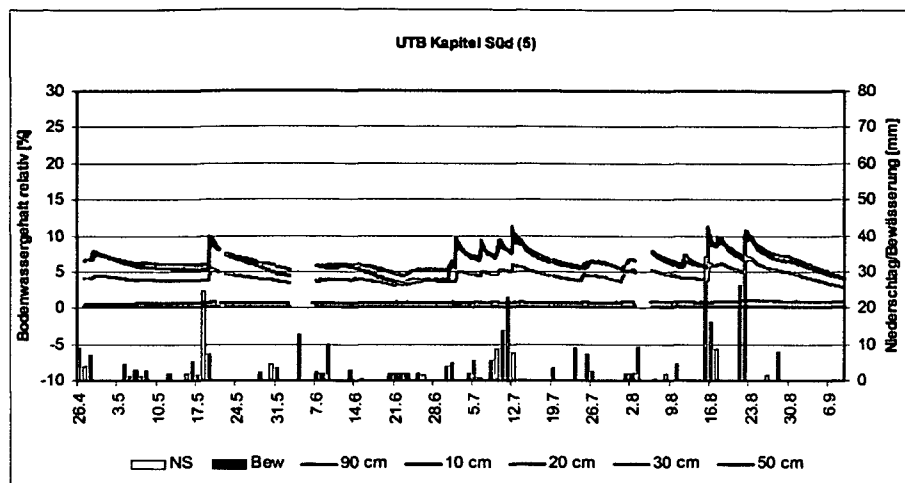


Abbildung 41: UTB Kapitel Süd (oben) und Nord (unten).

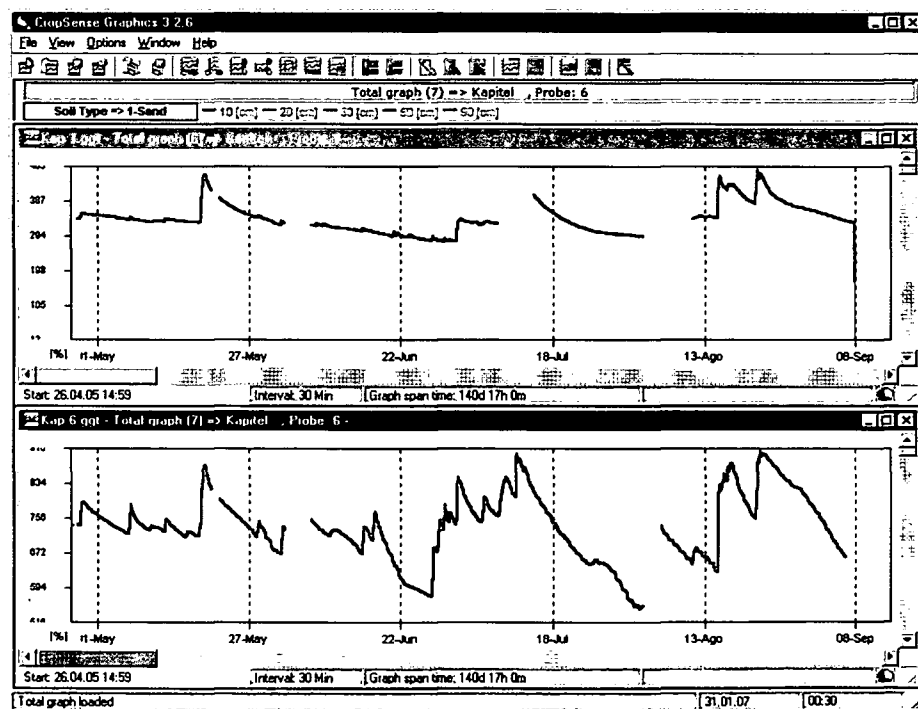
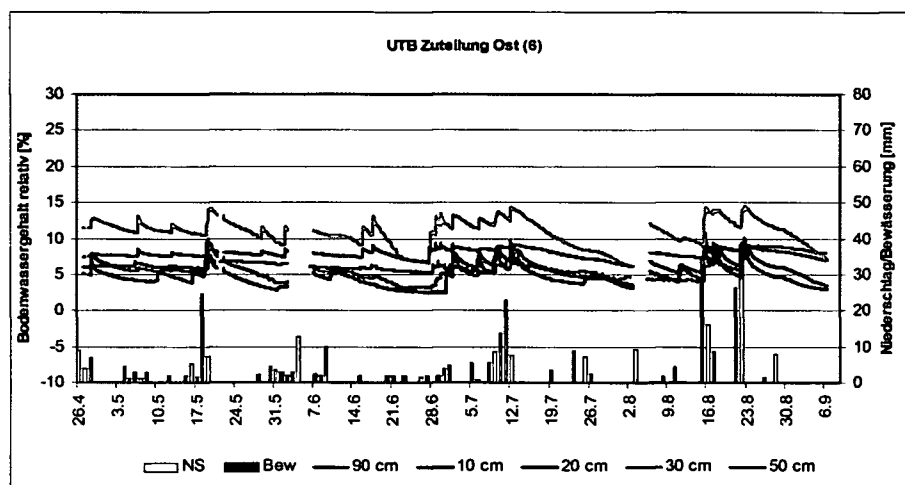
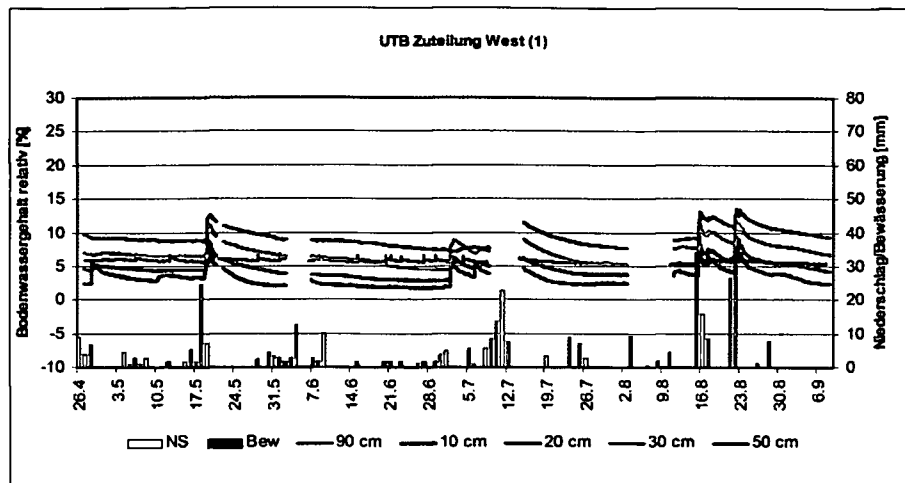


Abbildung 42: UTB Zuteilung West (oben) und Zuteilung Ost (unten).

Kalium und Magnesium sind im Boden (Abbildung 43, links) zu wenig verfügbar. Während die Werte der Blattanalyse (rechts) zur Zeit der Blüte noch im Optimum (500-700) liegen, zeigt sich gegen Ende der Vegetationsperiode ein unausgewogenes Verhältnis der Nährstoffe.

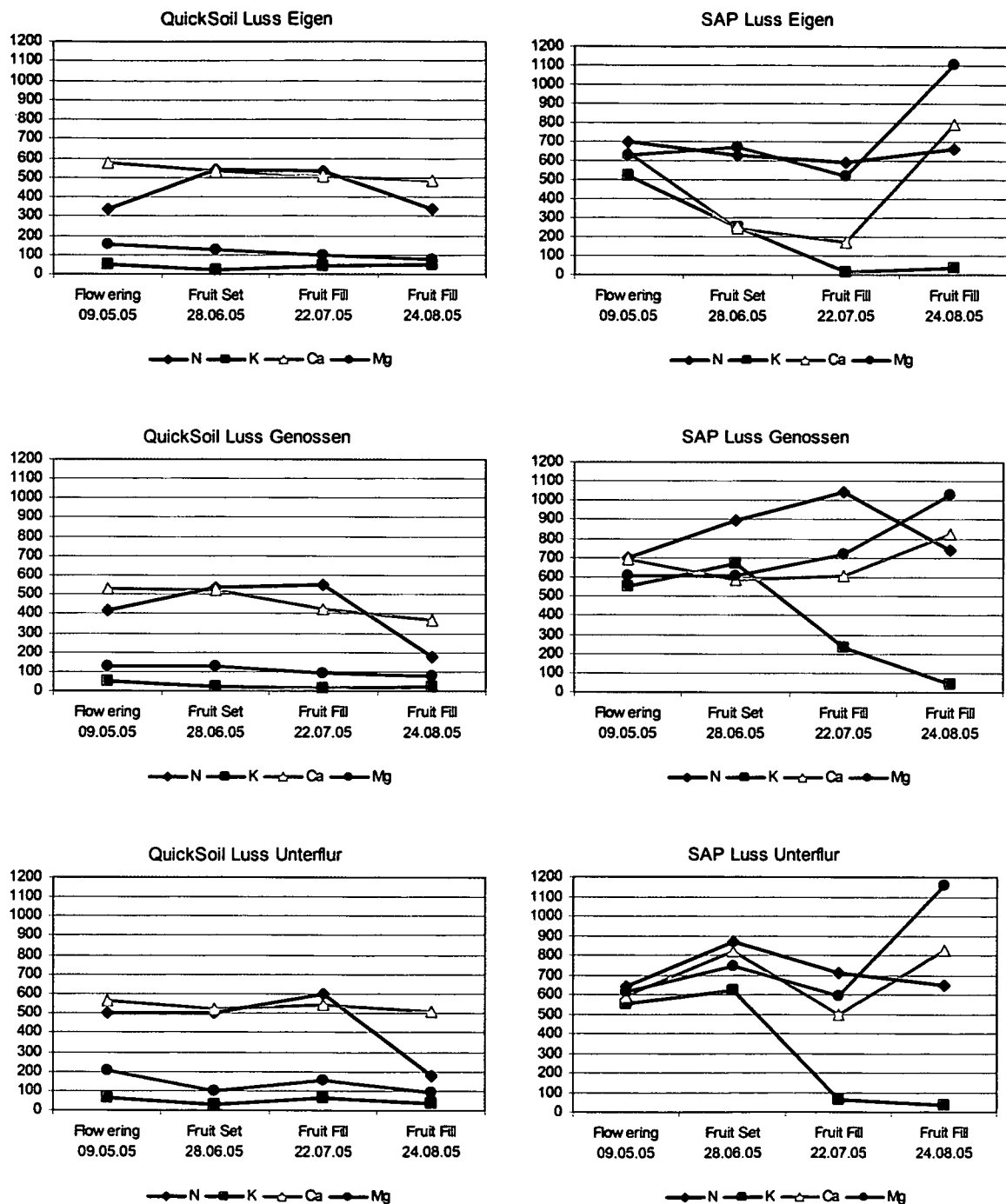


Abbildung 43: Ergebnisse der Boden- und Blattanalysen Luss.

Am Standort *Kapitel* ist die Nährstoffversorgung relativ ausgeglichen (Abbildung 44).

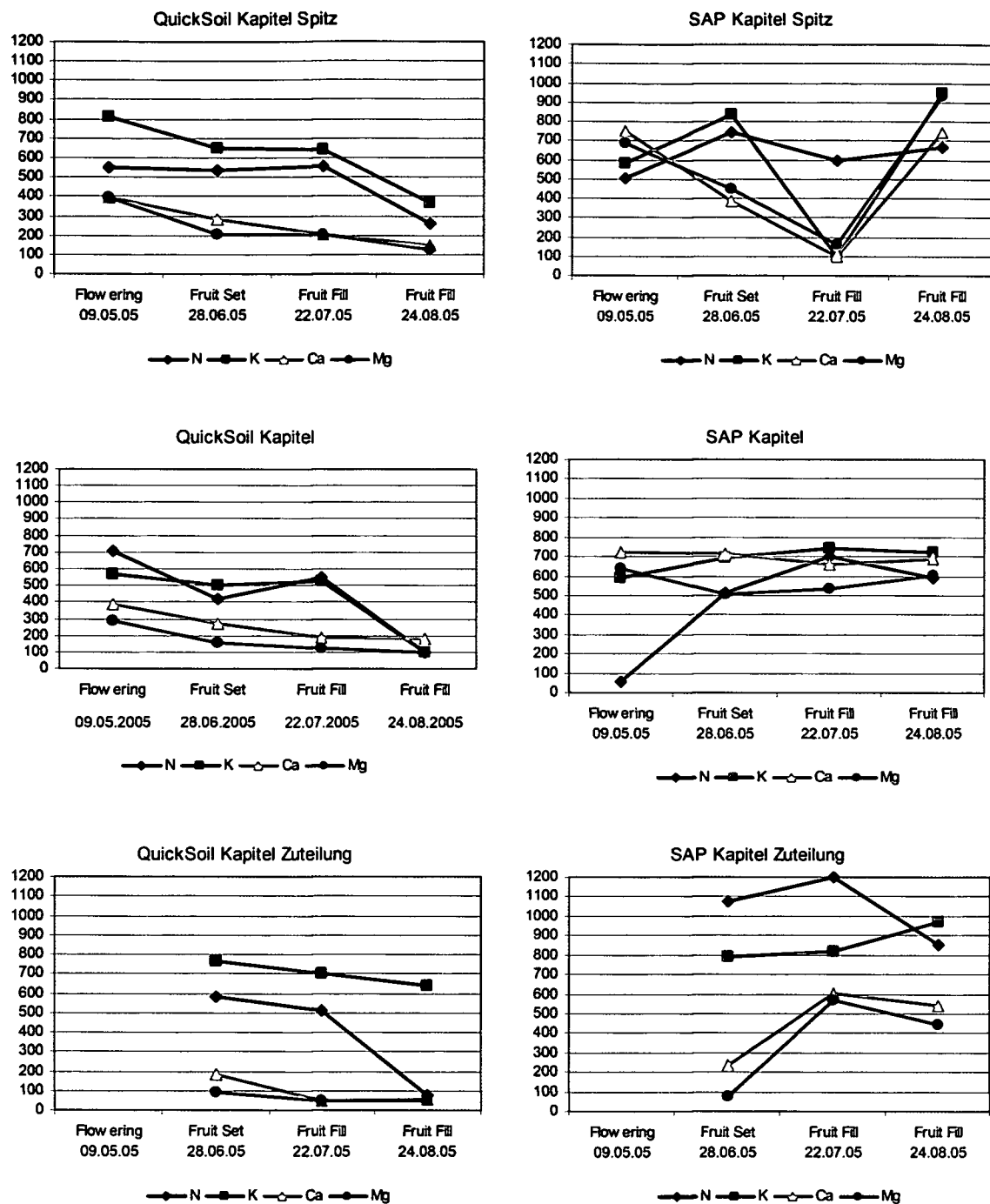


Abbildung 44: Ergebnisse der Boden- und Blattanalysen *Kapitel*.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die optimale Versorgung der Weinrebe mit Wasser und Nährstoffen ist Voraussetzung für die Produktion qualitativ hochwertiger Weine. Der Seewinkel bietet als traditionelles Weinbaugebiet mit trockenem Klima genügend Möglichkeiten zur Umsetzung neuer Methoden.

In dieser Arbeit wird ein Projekt dokumentiert, das von 2003 bis 2006 an zwei Standorten im Seewinkel (Illmitz und Pamhagen) durchgeführt wurde. Ziele waren der schonende Umgang mit Wasser durch Minimierung der Wasserverluste bei der Bewässerung, die Erhöhung der Einlagerung von qualitätsfördernden Inhaltsstoffen und die gezielte Steuerung von Düngemaßnahmen und Bewässerung.

Die Effektivität der Bewässerung sollte durch den Einsatz einer Unterflurtropfbewässerung gesteigert werden. Die Tropfschläuche wurden dabei in einer Tiefe von etwa 40 cm verlegt. Die Vorteile einer Unterflurtropfbewässerung sind unter anderem die Reduktion der unproduktiven Verdunstung und damit verringerter Wasserverbrauch. Das gilt natürlich nur unter der Voraussetzung einer optimalen Anpassung der Bewässerung an den Wasserbedarf der Rebe. Ein Nachteil ist, dass die einwandfreie Funktion einer Unterflurtropfbewässerung nur indirekt durch technische Hilfsmittel (Manometer, Wasserzähler) überprüft werden kann. In der praktischen Umsetzung ergaben sich durch die Unterflurtropfbewässerung geringe Einschränkungen bei der Bewirtschaftung, vor allem bei der Tiefenlockerung.

In Kombination mit der Unterflurtropfbewässerung sollte auch *Partial Rootzone Drying* (PRD) erstmalig in Österreich zum Einsatz kommen. Dieses in Australien entwickelte Bewässerungsverfahren soll durch induzierten Trockenstress die Effektivität der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen durch die Pflanze steigern. PRD konnte im vorliegenden Projekt leider nicht zufriedenstellend umgesetzt werden. Dafür waren in erster Linie zwei Gründe ausschlaggebend. Zum einen fielen die Niederschläge zu häufig und zu unregelmäßig, zum anderen war das Bewässerungsmanagement nicht zufriedenstellend.

Das Wetter war in den Jahren 2004 und 2006 durchschnittlich. 2003 kann als Trockenjahr bezeichnet werden, während 2005 überdurchschnittlich viel Niederschlag verzeichnet wurde. Eine Abschätzung des Bewässerungsbedarfs auf Basis der Klimadaten und der Bodenverhältnisse ergab einen Bewässerungsbedarf für die Jahre 2003, 2004 und 2006. Für 2005 konnte aufgrund der hohen Niederschläge bei Böden mit guter Speicherfähigkeit kein Bewässerungsbedarf festgestellt werden.

Zur Steuerung der Bewässerung wurden FDR-Sensoren eingesetzt. Diese messen den Bodenwasseranteil in verschiedenen Tiefen und zeigen die Wasseraufnahme durch die Pflanze. Die Messwerte werden über Funk an einen nahen Logger übermittelt, wo sie gespeichert werden und über ein Modem (GSM) abrufbar sind. Die Daten können grafisch dargestellt und daraus Bewässerungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Das System wurde aufgrund einiger Probleme während der Versuchsdauer mehrmals nachjustiert. Die Übertragung und Speicherung der Daten war zum Teil lückenhaft, die Verfügbarkeit nicht immer garantiert. Brauchbare Bodenwassermessungen liegen von Pamhagen nur aus dem Jahr 2004 und von Illmitz nur aus dem Jahr 2005 vor. Diese Messergebnisse waren aufgrund der fehlenden Normalisierung der Sensortechnik teilweise unbefriedigend.

Eine ausführliche Interpretation der Daten ist aus den genannten Gründen schwierig. Zur Optimierung der Bewässerung sind einige Verbesserungen des Systems vorzunehmen. Unter anderem wäre eine Automatisierung der Bewässerungssteuerung anzustreben, da sich die manuelle Steuerung in der Praxis als zu arbeitsintensiv herausgestellt hat.

Neben dem Bodenwasser wurden auch die Nährstoffe im Boden und in der Pflanze regelmäßig kontrolliert. Aus diesen Analysen wurden Düngeempfehlungen abgeleitet, um eine optimale Versorgung der Weinrebe zu garantieren.

Das Potenzial, das sich aus der Kombination neuer Bewässerungs- und Monitoringsysteme ergibt, konnte im vorliegenden Projekt nicht vollständig ausgenutzt werden. Eine verbesserte Sensortechnik, höhere Betriebssicherheit der Bewässerungs- und Managementsysteme sowie mehr Erfahrung im Umgang mit ebendiesen sind die Anforderungen, die über die zukünftige Anwendung solcher Systeme entscheiden werden.

8 Summary and Conclusions

The optimal supply of the grapevine with water and nutrients is a precondition for the production of high-quality wines. The Seewinkel region, characterized by its long-standing wine-growing tradition and dry climate, offers plenty of possibilities for implementing new methods.

This thesis provides documentation on a project that was carried out on two sites in Seewinkel (Illmitz and Pamhagen) from 2003 to 2006. The project's objectives were the sensible, economical use of water through the minimization of irrigation water losses, enhancing the incorporation and storage of ingredients that promote quality of the berries, and strategic management of fertilization measures and irrigation.

The efficiency of irrigation was to be increased by means of subsurface drip irrigation. The laterals were placed at a depth of about 40 cm. Among the advantages of subsurface drip irrigation is the reduction of non-productive evaporation, and thus a decrease in water use. This, of course, only applies if irrigation is optimally aligned with the water demand of the grapes. One of the disadvantages of this system is that its successful operation can only be assessed indirectly by means of technical instruments (e.g., manometers, flow meters). In its practical implementation subsurface drip irrigation caused minor limitations with regard to tillage operations, especially deep tillage.

Additionally, Partial Rootzone Drying (PRD) was to be applied for the first time in Austria in combination with subsurface drip irrigation. This irrigation method developed in Australia is designed to increase the efficiency of water and nutrient uptake by the plants through induced dry stress. Unfortunately, PRD could not be implemented satisfactorily in the project described here. There are two main reasons for that. For one, precipitation was too frequent and too irregular, and second, irrigation management was unsatisfactory.

Weather records of the years 2004 and 2006 reveal average values. 2003 may be referred to as a dry year, while 2005 showed above-average precipitation. Estimations on the basis of the climate data and the soil conditions showed an irrigation demand in the years 2003, 2004 and 2006. Due to sufficient precipitation in 2005, there was no need for irrigation of soils with a high water storage capacity.

For irrigation management FDR sensors were used. They measure the soil water content in different depths and record the water uptake by the plants. The measurement readings are radio-transmitted to a near logger station. There they are

stored and made available via a modem (GSM). The data may be represented graphically, and irrigation events derived from them.

Owing to various problems the system was readjusted several times in the course of the experiment. The transmission and storage of the data was partly incomplete, and their availability was not always guaranteed. Usable soil water measurement results were obtained for Pamhagen only in 2004, and for Illmitz only in 2005. These data were partly unsatisfactory due to the lack of normalization of the sensor technology.

A comprehensive interpretation of the data is difficult, for the above-mentioned reasons. The system has to be improved regarding the optimization of irrigation. For instance, an automation of the irrigation management is recommended, since manual control of the system has proven to be too labor-intensive in practice.

Apart from the soil water the nutrients contained in the soil and the plants were measured regularly. From these analyzes recommendations on fertilization were drawn to ensure the grapes' optimal treatment in this respect.

The potential resulting from the combination of new irrigation and monitoring systems could not be completely reached in the project in hand. Improved sensor technology, higher operational reliability of the irrigation and management systems as well as more experience in operating them are requirements that will determine the future employment of such systems.

9 Literaturverzeichnis

- Baumer O. W. 1989: Predicting Unsaturated Hydraulic Parameters. In van Genuchten M., Th. und F.J. Leij. Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils. Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, Riverside, California, October 11-13.
- Baumgarten A. 2004: Bodenanalytik für den Weinbau in Österreich. Der Winzer, 3/2004: S.6-9.
- BERTA 2003: Beilage B3 - Genaue Projektbeschreibung zum Förderungsantrag „Unterirdische Tropfbewässerung im Weinbau mit induziertem partiellem Trockenstress (PRD)“, Eisenstadt, 2003. unveröffentlicht.
- BERTA 2006: mündliche Mitteilung DI Gottfried Reisner.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1978: Österreichische Bodenkarte 1:25.000. Kartierungsbereich 139 „Neusiedl am See-Süd“. Bundesanstalt für Bodenkultur, Wien. Digitale Bodenkarte eBOD verfügbar unter: <http://geoinfo.lfrz.at/website/egisroot/services/ebod/viewer.htm> [Zugriff: 1.12.2006]
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1986: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000. Kartierungsbereich 139: Neusiedl am See-Süd. Bundesanstalt für Bodenkultur, Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Hrsg. 2003: Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Weinbau.
- Buss P. 2000: Measuring soil moisture to improve yields and wine quality. Orange, pp. 1-5.
- Camp C. R. 1998: Subsurface drip irrigation – A Review. Transactions of the ASAE, Vol.41(5):1353-1367.
- Camp C. R., Lamm F. R. 2003: Irrigation Systems, Subsurface Drip. Encyclopedia of water science, DOI:10.1081/E-EWS120010066.
- Campbell J. E. 1990: Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty Megahertz. SSSA, Vol. 54.
- Cepuder P., Hauer G. 2003: Rohrsonden zur Wasseranteilsbestimmung. BAL, 10. Gumpensteiner Lysimetertagung, April 2003.
- Cepuder P. 2004: Soil Water Content Monitoring for Irrigation. In: Jandl R., Hager H., Loiskandl W., Gerzabek M., Mauser H., Moog O., Richter H., Forstliche

Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur Wien, 18, 45; Österr. Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumborschung, Wien; ISBN
ISBN: 3-900865-17-5.

- Dry P.R., Loveys B.R., Botting B., Duering H. 1996: Effects of PRD on grapevine vigour, yield, composition of fruit and use of water. Proceedings of the 9th Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, South Australia, 16-19 July 1995.
- Dry P.R., Loveys B.R. 1999: Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of root system is dried. *Vitis* 38(4), 151-156, 1999.
- Dry P.R., Loveys B.R., McCarthy M., Stoll M. 2001: Strategic irrigation management in Australian vineyards. Adelaide University, 2001. Unveröffentlicht.
- Dukes M.D., Haman D.Z., Lamm F.R., Buchanan J.R., Camp C.R. 2005: Site Selection for Subsurface Drip Irrigation Systems in the Humid Region. Florida Agricultural Experiment Station, Journal Series No. N-02636. Verfügbar unter: <http://www.ascelibrary.org> [Zugriff: 26.10.2005]
- Evelt S.R., Steiner J.L. 1995: Precision of Neutron Scattering and Capacitance Type Soil Water Content Gauges from field Calibration. *Soil Sci. Soc. of America Journal*, Vol. 59: 961-968, 1995.
- FAO 1977: Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper no. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1977. Aktuell verfügbar unter: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm#Contents> [Zugriff: 15.1.2007]
- Fardossi A. 2001: Aspekte der Rebernährung in Praxis, Beratung und Forschung. *Der Winzer*, 6/2001: S.6-14.
- Fardossi A. 2002a: Bodenanalysen im Weinbau. Bedeutung und Interpretation. *Der Winzer* 4/2002, S.10-15.
- Fardossi A. 2002b: Blattanalysen im Weinbau. Bedeutung und Interpretation. *Der Winzer* 5/2002, S.6-12.
- George R. 2004: Integrated irrigation & nutrition strategies for sustainable yield and quality production. New AG International Conference, March 2004.
- George R. 2005: mündliche Mitteilung
- Glocknitzer C. 2004: Unterirdische Tropfbewässerung im Weinbau mit induziertem partiellen Trockenstress. Diplomarbeit; Universität für Bodenkultur, Wien.
- Gruber B.R., Schultz H.R., Rupp D. 2006: Unverdünnte Qualität mit Tropfbewässerung? *Der deutsche Weinbau*, 11/2006: S.18-21.

- House E.B. 1920: Irrigation by means of under ground porous pipes. Colorado Experiment Station Bulletin. 14pp. (zitiert in CAMP, 1998)
- Hydrographischer Dienst, Hrsg. 1994: Die Häufigkeiten der Niederschläge, Schneehöhen, Lufttemperaturen und Trockenperioden in Österreich (1981-1990). Beiträge zur Hydrographie Österreichs, Heft Nr.53, Wien 1994.
- Hydrographischer Dienst, Hrsg. 2006: Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 2003. 111.Band, Wien 2006. Zusätzlich verfügbar:
<http://geoinfo.lfrz.at/website/egisroot/services/ehyd/viewer.htm> [Zugriff: 20.12.2006]
- Klik A. 1988: Erfahrungen mit Tropfbewässerung im Weinbau. In: Österreichische Wasserwirtschaft, 40(3/4), S.52-56.
- Krautstoffl A., Thurner M. 2006: Dokumentation Österreichischer Wein 2006. Österreichische Weinmarketing Ges.m.b.H, Sept. 2006. Verfügbar unter:
<http://www.weinausoesterreich.at/daten/doku2006.html> [Zugriff: 3.1.2007]
- Lamm F.R. 2002: Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation. International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands, December 2-5, 2002.
- Lamm F.R., Rogers D.H., Spurgeon W.E. 2003: Design and management considerations for subsurface drip irrigation systems. Central Plains Irrigation Shortcourse and Equipment Exposition, Kearney, Nebraska, Feb 7-8, 1994. Revision 2003. Verfügbar unter: <http://oznet.ksu.edu/sdi> [Zugriff: 13.11.2006]
- Lamm F.R. 2007: Water Use Efficiency Discussion. Verfügbar unter:
<http://www.microirrigationforum.com/new/archives/wue.html> [Zugriff: 22.1.2007]
- Neureiter, M. 2003: Unterflurtropfbewässerung bei Feldgemüse im Marchfeld. Diplomarbeit; Universität für Bodenkultur, Wien.
- ÖWM 2007: Österreichische Weinmarketinggesellschaft. Verfügbar unter:
<http://www.weinausoesterreich.at/php/galerie/bildergalerie.php?kategorie=31> [Zugriff: 17.1.2007]
- Paltineanu C.C., Starr J.L. 1997: Realtime Soil Water Dynamics Using Multisensor Capacitance Probes: Laboratory Calibration. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 61, 1997: 1576-1585.
- Peternel M., Schwab A.: Nährstoffverluste aus Weinbergsböden. Der Winzer, 3/2004: S.10.
- Phene C. J., Hutmacher R. B., Ayars J. E., Davis K. R., Mead R. M., Schonemann R. A. 1992: Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation. Int.

- Summer Meeting of the American Society of Agricultural Engineers. Paper No.922090, St. Joseph, MI.
- Prior B. 2006: Was bringt eine Tropfbewässerung? Der deutsche Weinbau, 5/2006: S.14-17.
- Redl H., Ruckenbauer W., Traxler H. 1996: Weinbau Heute - Handbuch für Beratung, Schulung und Praxis. 3. Aufl., Leopold Stocker Verlag, Graz – Stuttgart.
- Redl H. 2003: Qualitätsoffensive im österreichischen Weinbau durch Zunahme der Traubenkrankheit in Gefahr? Vortrag anlässlich der 14. Int. Weinbautagung Großriedenthal 2003. (zit. in Stockhammer, 2005)
- Sadler E.J., Camp C.R. 2003: Irrigation Management in Humid Regions. Encyclopedia of water science, DOI:10.1081/E-EWS120010033. pp.478-482.
- Scheffer F., Schachtschabel P., Blume H.-P., Brümmer G., Hartge K.-H., Schwertmann U. 1998: Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1998.
- Scheiblhofer K. 2003: Bedeutung der Wasserversorgung, Traubenansatzregulierung und Rebunterlage für das Auftreten der Beerenfäule und Traubenwelke. Diplomarbeit; Universität für Bodenkultur, Wien.
- Solomon K.H., Jorgensen G. 1994: Subsurface Drip Irrigation. CATI Pub. #941003. Oct. 1994.
- Souza C.R., Maroco J.P., Chaves M.M., Santos T., Rodrigues A.S., Lopes C., Rodrigues M.L., Pereira J.S. 2004: Effects of PRD on the Physiology and Production of Grapevines. Proc. IS on Irrigation, Ed: R.C.Vallone. Acta Hort 646, ISHS 2004.
- Stockhammer P.P. 2005: Einfluss ausgewählter weinbaulicher Pflegemaßnahmen auf das Auftreten der Traubenwelke, den Ertrag und die Qualität bei verschiedenen Rotweinsorten im Nordburgenland. Diplomarbeit; Universität für Bodenkultur, Wien.
- Topp G.C., Ferre P. A. 1998: Measuring Water Content in Soil using TDR: A State-of-the-Art. In: 1998, Consultants' meeting on "The comparison of three soil water assessment methods", Joint FAO/IAEA Division, Nov. 1998 Vienna.
- Withers B., Vipond S., Lechner K. 1978: Bewässerung, Verlag Paul Parey, 1978.
- Wunderer W., Schmuckenschlager J. 1990: Mehrjährige Ergebnisse von Unterflur- und Tropfbewässerung im Weinbau. Mitt. Klosterneuburg 40 (1990), S. 105-108.
- Wunderer W. 2002: Qualitätsbestimmende Maßnahmen im Weingarten. Der Winzer 51, 6/2002: S12.

ZAMG 2006: Klima Jahrbuch und Klima-Monatsübersicht 2003, 2004, 2005 und 2006. Verfügbar unter: <http://www.zamg.ac.at> [Zugriff 12.1.2007]

Zoldoske D., Striegler R.K., Berg G.T., Jorgenson G., Lake C.B., Graves S.G., Burnett D.M. 1998: Evaluation of Trellis System and Subsurface Drip Irrigation for Wine Grape Production: A Progress Report. CATI Pub. #980401. 6 pp.

<http://www.rebschutzdienst.at>

<http://www.t-tape.com>

<http://www.tsystems-europe.com>

<http://www.croptech.com.au>

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Temperatur und Niederschlag in der Versuchsperiode.....	12
Tabelle 2: Anzahl der Trockenperioden pro Jahr und während der Vegetationsperioden (HYDROGRAPHISCHER DIENST 1994).	13
Tabelle 3: Vergleich der Daten der verschiedenen Klimastationen	15
Tabelle 4: Kornverteilung, Humusanteil, Kalk und pH-Wert in verschiedenen Tiefen für <i>Luss</i> - Tschernosem aus feinem, sandigem Lockermaterial.....	16
Tabelle 5: Kornverteilung, Humusanteil, Kalk und pH-Wert in verschiedenen Tiefen für <i>Kapitel Spitz</i> : sandiger Gley.....	17
Tabelle 6: Feldkapazität, Permanenter Welkepunkt und nutzbare Feldkapazität nach BAUMER (1989).	19
Tabelle 7: Längen der Wachstumsphasen (Tage) und Pflanzenkoeffizienten für Wein und mittlere Breiten (FAO 1977).	33
Tabelle 8: Pflanzenkoeffizienten für die Monate April bis Oktober (Vegetationsperiode).	33
Tabelle 9: Mit CROPWAT berechnete Bewässerungsturnusse in mm (gerundete Werte).....	37
Tabelle 10: Spezifikationen der Tropfleitung TSX 515 (T-Tape).....	44
Tabelle 11: Zusammenfassung der Versuchsflächen in Pamhagen.....	61
Tabelle 12: Zusammenfassung der Versuchsflächen <i>Luss</i> in Illmitz.	64
Tabelle 13: Feldkapazität, Welkepunkt und nutzbare Kapazität nach BAUMER für sandigen Lehm auf dem Standort <i>Luss</i>	64
Tabelle 14: Zusammenfassung der Versuchsflächen <i>Kapitel</i> in Illmitz.....	69
Tabelle 15: Feldkapazität, Welkepunkt und nutzbare Kapazität nach BAUMER für Sand (<i>Kapitel Spitz</i>).	70

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektgebiet im Seewinkel (©GIS Burgenland).....	4
Abbildung 2: Weinbaugebiet Neusiedlersee (© ÖWM, 2007)	6
Abbildung 3: Klimadiagramm Andau 1996-2006	13
Abbildung 4: Klimatogramme für die Projektjahre 2003 bis 2006 der Klimastation Andau.	14
Abbildung 5: Wasserspannungs-Wassergehaltsbeziehung (pF-Kurve) für verschiedene Bodenarten (Sand, Schluff, Ton) nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1998).	18
Abbildung 6: Schema einer UTB nach LAMM et al. (2003).	28
Abbildung 7: Die FDR-Sensoren messen den Wasseranteil im umgebenden Boden.	30
Abbildung 8: Verdunstungsberechnung nach FAO-Penman-Monteith: Verdunstungswerte der Projektjahre 2003 bis 2006 in mm pro Tag	32
Abbildung 9: Wachstumsphasen (Tage) und Verlauf der Pflanzenkoeffizienten (Kc) nach FAO (1977).	33
Abbildung 10: Gegenüberstellung der Klimatischen Wasserbilanzen (mm pro Tag) aus 10-jährigen Mittelwerten (1996-2006).	34
Abbildung 11: Gegenüberstellung der Klimatischen Wasserbilanzen (mm pro Tag) der Versuchsjahre.....	35
Abbildung 12: PRD - Eine Seite der Wurzelzone wird bewässert, während die andere austrocknet. Nach einer gewissen Zeit wird gewechselt. (Quelle: CSIRO).....	38
Abbildung 13: Aufbau und Querschnitt der Tropfleitung.....	44
Abbildung 14: Vorbereitung zur Installation der Tropfleitungen.....	45
Abbildung 15: Verlegung der Tropfleitungen.	45
Abbildung 16: Verlegung der Tropfleitungen neben den Reihen.....	46
Abbildung 17: Kontrolle der Tropfleitung nach der Verlegung.	47
Abbildung 18: Verlegung der Zuleitung.	47
Abbildung 19: Anschluss der Tropfleitungen an die Verteilerleitung.....	48
Abbildung 20: Sonde mit FDR-Sensoren in verschiedenen Tiefen.....	49
Abbildung 21: Ausführen des Bohrloches.	49

Abbildung 22: Einbau des Kunststoffrohres.....	50
Abbildung 23: Einbau, Anschluss und Verschließen des Systems.....	50
Abbildung 24: Die Nebenstationen senden die Daten über Funk an die Hauptstation.	51
Abbildung 25: Die Hauptstation ist mit einem Datenlogger ausgestattet, der online- Zugriff über ein Modem erlaubt.....	51
Abbildung 26: Probennahme für die QuickSoil Analyse.	53
Abbildung 27: Probennahme für die SAP Analyse.	54
Abbildung 28: Ergebnis der kombinierten Boden- und Blattanalyse mit Düngeempfehlung.	55
Abbildung 29: Ergebnis der Traubenanalyse in Pamhagen 2005.....	57
Abbildung 30: Common Graph, <i>Kierein 5</i> , 27.7.-19.9.2004.....	59
Abbildung 31: Stacked Graph, <i>Kierein 5</i> , 27.7.-19.9.2004	60
Abbildung 32: Total Graph, <i>Kierein 5</i> , 27.7.-19.9.2004	60
Abbildung 33: K1 Nord (oben) und K1 Süd (unten).....	62
Abbildung 34: K2 Nord (oben) und K2 Süd (unten).....	62
Abbildung 35: Boden- und Blattanalysen für Pamhagen 2004.....	63
Abbildung 36: UTB <i>Luss Nord</i> und <i>Luss Süd</i>	66
Abbildung 37: TB <i>Luss Genossen</i>	67
Abbildung 38: TB <i>Luss Eigen</i>	68
Abbildung 39: Schräg eingebaute Sonden (<i>Kapitel</i> und <i>Kapitel Spitz</i>).....	69
Abbildung 40: UTB <i>Kapitel Spitz Süd</i> (oben) und <i>Nord</i> (unten).....	71
Abbildung 41: UTB <i>Kapitel Süd</i> (oben) und <i>Nord</i> (unten).....	72
Abbildung 42: UTB <i>Zuteilung West</i> (oben) und <i>Zuteilung Ost</i> (unten).....	73
Abbildung 43: Ergebnisse der Boden- und Blattanalysen <i>Luss</i>	74
Abbildung 44: Ergebnisse der Boden- und Blattanalysen <i>Kapitel</i>	75

12 Anhang

23.01.2007

CropWat 4 Windows Ver 4.3

Climate and ETo (grass) Data

Data Source: F:\DIPLOM~2\CROPWAT\AND_10_J.PEM

Country : Österreich

Station : Andau

Altitude: 122 meter(s) above M.S.L.

Latitude: 47,00 Deg. (North)

Longitude: 17,03 Deg. (East)

Month	MaxTemp (deg.C)	MiniTemp (deg.C)	Humidity (%)	Wind Spd. (Km/d)	SunShine (Hours)	Solar Rad. (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
January	2,1	-3,3	84,0	221,0	2,1	4,0	0,49
February	6,0	-1,6	77,0	242,0	4,1	7,3	0,99
March	9,0	2,8	84,0	226,0	2,2	8,2	1,19
April	16,8	6,4	68,0	262,0	6,7	16,3	3,06
May	22,6	11,3	67,0	242,0	8,1	20,4	4,29
June	25,7	14,3	67,0	239,0	8,5	21,8	4,93
July	27,2	15,8	68,0	242,0	7,7	20,3	4,89
August	26,9	15,5	71,0	205,0	7,9	18,6	4,20
September	21,3	11,4	77,0	208,0	6,1	13,4	2,64
October	16,4	7,4	81,0	189,0	4,1	8,2	1,45
November	10,6	1,5	74,0	241,0	4,8	6,2	1,10
December	2,8	-2,0	85,0	218,0	1,6	3,2	0,44

Average	15,6	6,6	75,3	227,9	5,3	12,3	2,47
---------	------	-----	------	-------	-----	------	------

Pen-Mon equation was used in ETo calculations with the following values
for Angstrom's Coefficients:

a = 0,25 b = 0,5

01.02.2007

CropWat 4 Windows Ver 4.3

ETo and Rainfall Data

Data Source: F:\DIPLOM~2\CROPWAT\AND_10_J.CRM

Month	ETo (mm/d)	Total Rainfall (mm/month)	Effective Rain (mm/month)
January	0,00	26,0	24,9
February	0,00	21,0	20,3
March	0,00	41,0	38,3
April	0,00	47,0	43,5
May	0,00	57,0	51,8
June	0,00	52,0	47,7
July	0,00	84,0	72,7
August	0,00	69,0	61,4
September	0,00	64,0	57,4
October	0,00	35,0	33,0
November	0,00	41,0	38,3
December	0,00	37,0	34,8
Total (mm/Year)	0,00	574,0	524,1

N.B. Effective rainfall calculated using the USSCS formulas:

Effective R. = $(125 - 0.2 * \text{Total R.}) * \text{Total R.} / 125 \dots$

$\dots (\text{Total R.} < 250 \text{ mm/month}),$

Effective R. = $0.1 * \text{Total R.} - 125 \dots (\text{Total R.} > 250 \text{ mm/month}).$

2 Projektgebiet

Die Versuchsflächen liegen in den Gemeindegebieten von Illmitz und Pamhagen. Diese Gemeinden gehören zum politischen Bezirk Neusiedl am See im nördlichen Burgenland. „Seewinkel“ ist die Bezeichnung für die flache Ebene am Ostufer des Neusiedlersees. Mit einer Seehöhe zwischen 115 und 125 m ist dies der am tiefsten gelegene Teil Österreichs. Geografisch befinden wir uns am Nordwestrand der Kleinen Ungarischen Tiefebene.

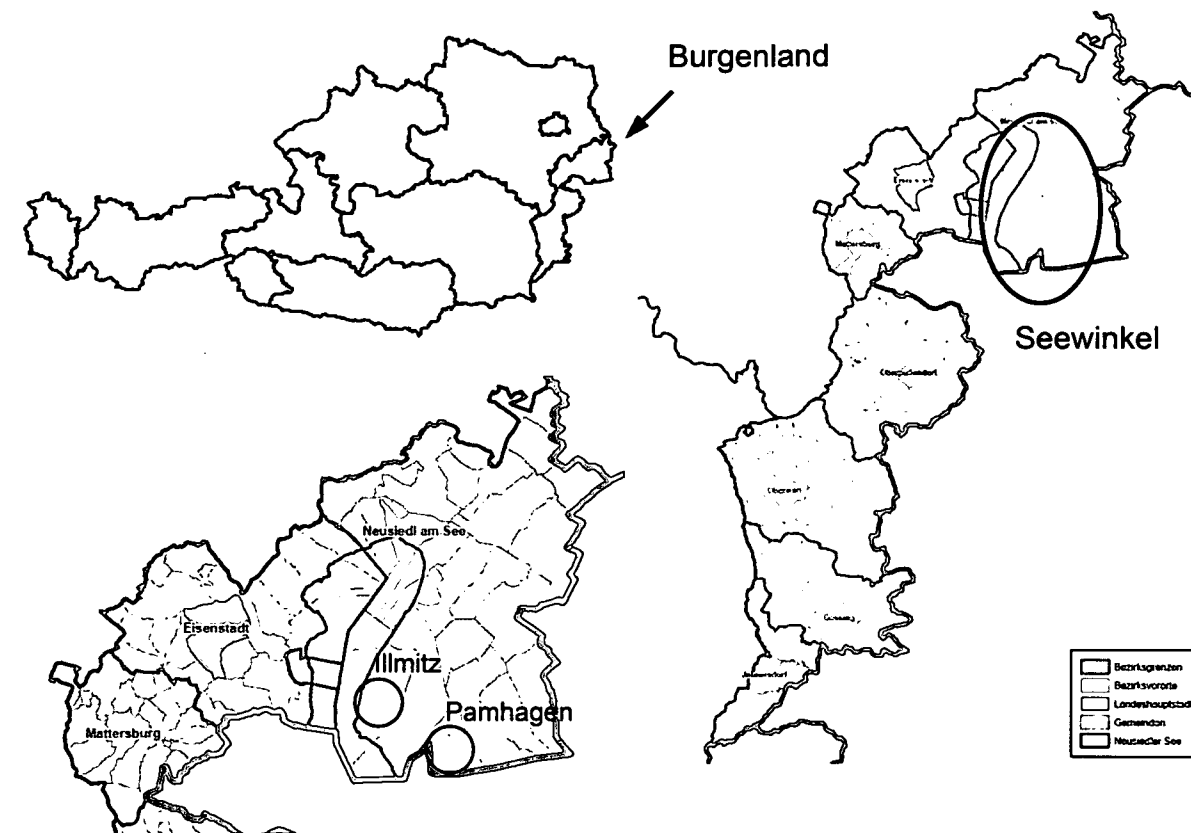


Abbildung 1: Projektgebiet im Seewinkel (©GIS Burgenland²).

2.1 Allgemein

Kennzeichnend für den Seewinkel sind die vielen Salzlacken und Seen, welche hauptsächlich von Oberflächengewässern (Kanälen) und Niederschlägen gespeist werden. Ihr Wasserstand unterliegt deshalb mehr oder weniger starken

² <http://gis.bgld.gv.at/>