

## PROJEKT LIENNE - RASPILLE UNTERPROJEKT IRRISALGESCH

# BEWERTUNG DES WASSERSPARPOTENTIALS BEI DER BEWÄSSERUNG EINES WEINBERGS IN DER GEMEINDE SALGESCH UNTER VERWENDUNG DER AQUA4D®-TECHNOLOGIE

Harald Glenz Leiter Wasserversorgung Salgesch

Gemeinde Salgesch,

Kirchstrasse 6, 3970 Salgesch

<https://www.salgesch-gemeinde.ch>

Christian Glenz Geschäftsführer, Dr. Biologie

Elisabeth Klaus Biologin

FUAG – Forum Umwelt AG

Bäretstrasse 4, 3930 Visp

<https://www.fuag.ch>

Walter Thut Co-Founder – Senior Project Manager

Charles-Henri Faure Technischer Direktor

AQUA4D® by Planet Horizons Technologies SA

Ecoparc de Daval A 9, 3960 Sierre

Schweiz

[www.aqua4d.com](http://www.aqua4d.com)

**Version vom 01.12.2022, CHF, WT, CG**

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Projekthintergrund.....	4
2	Zusammenfassung des IRRISALGESCH-Projekts .....	6
3	Glossar .....	7
4	Material und Methoden - Experimentelles Design.....	8
4.1	Merkmale der Parzellen .....	8
4.2	Installationen Bewässerungsnetz .....	9
4.3	Installation System AQUA4D® .....	10
4.4	Agronomische Überwachung .....	11
4.4.1	Bodenfeuchte .....	11
4.4.2	Überwachung des Wasserstatus.....	11
4.4.3	Entwicklung von NDVI, NDRE, Volumen und Kronendach mit Drohnenbildern.....	12
4.4.4	Detaillierte Beobachtungen der phänologischen Entwicklung der Reben in jedem Sektor	13
4.5	Meteorologie .....	14
4.6	Arbeiten auf dem Weinberg .....	14
4.7	Bewässerungszyklen.....	14
4.8	Ernte .....	14
5	Resultate - Diskussion.....	15
5.1	Gestaltung des Versuchsfeldes .....	15
5.2	Durchgeführte Bewässerungen .....	15
5.3	Agronomische Überwachung .....	17
5.3.1	Bodenfeuchte .....	17
5.3.2	Überwachung von Wasserstress mit einer Druckkammer .....	18
5.3.3	Überwachung von Wasserstress mit Sensoren von Vegetal Signals .....	19
5.3.4	Bewässerung, Bodenfeuchte und Wasserstress in einer Grafik kondensiert .....	20
5.3.5	Entwicklung von NDVI, NDRE, Volumen und Kronendach mit Drohnenbildern.....	22
5.3.6	Ergebnisse der phänologischen Entwicklung der Reben in jedem Sektor .....	26
5.3.7	Ernteergebnis .....	31
6	Allgemeine Schlussfolgerungen.....	32
7	Literaturhinweise .....	34
8	Anhänge.....	35
	Anhang 1 – Bericht FUAG - Feldversuch Rebentwicklung mit AQUA4D, Projekt IRRISALGESCH, Standbericht Versuchsbegleitung (Fokus Phänologie), Visp, November 2022 (separates Dokument).....	35
	Anhang 2 – Wasserverbrauch Rebbewässerung.....	36
	Anhang 3 – Aerobotics - Auswahl der Versuchsfelder.....	37

### Danksagungen

- [Burggemeinde Salgesch](#)
- [ALPIQ](#)
- [Netafim](#)
- [Aerobotics](#)
- [AquaSpy](#)
- [Vegetal Signals](#)
- [FUAG](#)

## 1 Projekthintergrund

---

Die Schweiz mag zwar das «Wasserschloss» Europas sein, doch die Auswirkungen der globalen Erwärmung und der Unberechenbarkeit des Klimas sind auch hier zu spüren. In der Gemeinde Salgesch (Wallis) besteht bereits die akute Gefahr eines Wassermangels, der die lokale landwirtschaftliche Produktion in den kommenden Jahren bedroht. Auch die anderen Gemeinden in der Region leiden unter dem Wassermangel. Das Projekt «Lienne-Raspille», an dem acht Gemeinden der Region (Ayent, Icogne, Lens, Crans-Montana, Noble-Contrée, Sierre, Salgesch und Varen) beteiligt sind, zielt darauf ab, mehr Wasser im bereits bestehenden Tseuzier-Staudamm zu speichern und über ein noch zu vervollständigendes gemeindeübergreifendes Netz zur Verfügung zu stellen. Alle Nachforschungen bestätigen, dass wir in Zukunft zwar immer noch gleich viel Niederschlag über das Jahr verteilt haben werden, aber weniger im Sommer, mehr im Winter und weniger in Form von Schnee. Diese Tatsache ist das Problem. Die Schneeschmelze endet früher, und der Wasserabfluss im Juli -August-September wird stark reduziert, wenn man das Wasser nicht speichert und zu dem Zeitpunkt zur Verfügung stellt, an dem es am meisten gebraucht wird.

Das Lienne-Raspille-Projekt wurde zur Genehmigung eingereicht und wird derzeit von einer NGO angefochten, die fordert, dass es eine Komponente zum Wassersparen enthalten soll.

Teilweise aufgrund dieser Opposition führt die Gemeinde Salgesch derzeit das Projekt «Neue Bewässerung von Salgesch» durch, welches die Versorgung mit Wasser für die Bewässerung von Anbauflächen sicherstellen soll.

Dieses neue System zur Versorgung mit Bewässerungswasser entnimmt das Wasser mit Hilfe von Pumpen aus der Ebene. Sobald die Gemeinde mit dem Wasser aus dem Lienne-Raspille-Projekt versorgt wird, können diese Pumpen als Turbinen eingesetzt werden und so zur Stromerzeugung beitragen.

Es ist offensichtlich, dass die von der Opposition gegen das Lienne-Raspille-Projekt geforderten Wassereinsparungen nur von den Nutzern des Wassers erzielt werden können. Dies sind in erster Linie die Gemeinden und Bewässerungsgenossenschaften. Die größten Wasserverbraucher sind die Wasserkraftwerke, die derzeit zwischen 90 und 120 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr zur Verfügung haben. Der Bedarf an Trinkwasser liegt bei durchschnittlich 4 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr und ist damit sogar höher als der Bedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung (2,5 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr). In trockenen Jahren hingegen benötigt die Landwirtschaft mehr Wasser (7 Mio. m<sup>3</sup>). Es wird geschätzt, dass dieser Bedarf um 2050 auf über 10 Mio. m<sup>3</sup> Wasser ansteigen wird. Wassereinsparungen bei der landwirtschaftlichen Bewässerung haben daher einen sehr wichtigen Effekt, da die Bedeutung dieser Einsparungen in trockenen Jahren am größten ist.

### Wie man in Zukunft mit Wasser in der Region Lienne-Raspille umgeht

Es gibt zahlreiche Forschungsprojekte zu diesem Projekt, darunter auch solche, die analysieren, wie das Wasser nach dem Verschwinden des Pleine-Morte-Gletschers fließen wird. Das Nationale Forschungsprojekt 61 über nachhaltiges Wassermanagement (NFP 61) hat Forschungen zu verschiedenen Aspekten dieses Themas durchgeführt. Zusammenfassend sagt Prof. em. Dr. Rolf Weingartner, ehemaliger wissenschaftlicher Berater für Hydrologie des Bundesrates, dazu: «Wenn nichts unternommen wird, steuern wir auf eine Wasserknappheit zu».

Dieser bevorstehende Wassermangel stellt eine erhebliche wirtschaftliche Bedrohung für die Gemeinden von Salgesch und Umgebung dar, da die Einnahmen dieser Gemeinden größtenteils auf der Landwirtschaft, dem Weinbau und dem damit verbundenen Tourismus beruhen. Ein Wassermangel würde zu großen sozioökonomischen Problemen führen.

## Pilotprojekt zur Demonstration der erzielbaren Wassereinsparungen im Projektperimeter Lienne-Raspille

---

Die Gemeinde Salgesch und das Ingenieurbüro Cordonier & Rey SA (das die beiden Projekte «Lienne-Raspille» und «Neue Bewässerung von Salgesch» betreut) haben beschlossen, ein Pilotprojekt auf einer Rebparzelle der Burgergemeinde Salgesch durchzuführen. Dieses Pilotprojekt soll zeigen, dass Wassereinsparungen bei der Bewässerung von Weinbergen im Wallis möglich sind und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um diese Wassereinsparungen zu erzielen. Das Projekt ermöglicht es, zu demonstrieren, wie die Landwirtschaft durch die Integration der neuesten bewährten Verfahren und Technologien erhebliche Wassereinsparungen erzielen kann. Somit wird auch aufgezeigt, wie das Projekt Lienne-Raspille über die Abnehmer des Wassers Wassereinsparungen erzielen kann.

Die Idee entstand in Gesprächen mit dem Walliser Unternehmen AQUA4D, das eine Wasseraufbereitungstechnologie anbietet, mit der Wasser für die Bewässerung gespart werden kann. Diese Firma bringt nicht nur ihre Wasseraufbereitungstechnologie ein, sondern auch ihr Know-how aus Projekten, die in anderen Ländern mit denselben Problemen, wie Kalifornien oder Chile, durchgeführt wurden, in Synergie mit anderen neuen Technologien. So entstand das Projekt IRRISALGESCH.

Mit diesem Projekt nahmen die drei Partner (Gemeinde Salgesch, Cordonier & Rey SA, AQUA4D) am ersten Prix Alpiq teil und wurden mit dem Gewinn des ersten Preises in Höhe von 40'000.- belohnt, mit dem ein grosser Teil dieses Pilotprojekts für das erste Versuchsjahr finanziert werden konnte. Dieses Projekt «IrriSalgesch» soll zeigen, dass es möglich ist, mit modernen Bewässerungstechnologien Wasser zu sparen. Bereits am Ende des ersten Versuchsjahres wurde das Interesse der anderen Gemeinden an diesem Projekt bestätigt. Derzeit gibt es im Bereich Lienne-Raspille vier laufende Projekte zur Erneuerung der Bewässerungsnetze: Salgesch, Noble contrée (Bewässerungssyndikat Venthône), Crans-Montana (Corin-Loc) und Lens.

Die Kombination der folgenden Bewässerungstechnologien:

- Moderne Überwachungsinstrumente für Bodenfeuchtigkeit und Wasserstress der Pflanzen in Kombination mit Magnetventilen und automatisierter Bewässerung,
- Bewässerung mit Tropfbewässerung der neuesten Generation.
- Wasseraufbereitung mit der AQUA4D®-Technologie, die in Sierre im Wallis hergestellt wird,

**könnte im Vergleich zu früheren Jahren mehr als 40 % des Wasserverbrauchs für die Bewässerung einsparen.**

### Integriertes Wassermanagement zugunsten der Verfügbarkeit von Wasser im Oberlauf

Mit diesem Projekt kann der jährliche Bedarf an Bewässerungswasser in Salgesch von 436'000 m<sup>3</sup> auf rund 262'000 m<sup>3</sup> gesenkt werden. Heute benötigen die 8 Gemeinden, die am Projekt «Lienne-Raspille» beteiligt sind, für ihre gesamten landwirtschaftlichen Anbauflächen in trockenen Jahren etwa 7 Millionen m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr. Mit Optimierungen für alle diese Gemeinden können also etwa 3 Millionen m<sup>3</sup> Wasser eingespart werden. Für das Jahr 2050 schätzen die Forscher den Bewässerungsbedarf auf etwa 10,5 Millionen m<sup>3</sup>, so dass eine Einsparung von 40% eine Gesamteinsparung von 4,2 Millionen m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr bis 2050 bedeutet.

Die Auswirkungen dieses Projekts könnten verblüffend sein: Ein erfolgreiches Projekt auf Gemeindeebene hat eine klare Signalwirkung. Auch andere benachbarte Gemeinden werden ihre Bewässerungsnetze optimieren wollen. Die Durchführung eines integralen Wassermanagementprojekts dieser Größe (Lienne-Raspille) ist von nationalem Interesse. Das größte nationale Forschungsprojekt in diesem Bereich, das NFS 61, belegt dies.

## Vorteile für das Ökosystem und die Umwelt

---

Wassersparmaßnahmen und ein geringerer Wasserbedarf kommen auch der Tier- und Pflanzenwelt in den Wasserläufen zugute, welche während der immer häufigeren Dürreperioden mehr Wasser zur Verfügung haben werden, da es Pläne gibt, die Bäche und Flüsse während dieser Perioden aufzufüllen.

Der ökologische Fußabdruck der Region wird ebenfalls verringert, da ein anhaltend starker Weinanbau dazu führen wird, dass weniger Wein aus anderen Regionen wie Australien oder Chile importiert werden muss.

**Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Projekts IrriSalgesch das Einsparungspotenzial von Bewässerungswasser durch die Wasseraufbereitungstechnologie AQUA4D® untersucht. Die Wassereinsparungen durch AQUA4D wurden durch den Vergleich von zwei Parzellen mit Tropfbewässerung ermittelt, eine mit normalem Wasser und eine mit AQUA4D-behandeltem Wasser, wobei die Wassermenge durch Überwachung auf den genauen Bedarf der Reben abgestimmt wurde.**

## 2 Zusammenfassung des IRRISALGESCH-Projekts

---

Ziel des Projekts ist es, das Einsparpotenzial von Bewässerungswasser durch die Wasseraufbereitungstechnologie AQUA4D® zu bewerten.

Dazu wird ein Vergleich zwischen zwei Parzellen desselben Weinbergs (identisch in Rebsorte, Alter, Umgebung, Boden) durchgeführt. Der Weinberg ist mit einem Tropfbewässerungssystem ausgestattet, das Bewässerungsmanagement ist mit modernen Überwachungsinstrumenten optimiert. Ziel ist es, die zusätzlichen Einsparungen zu demonstrieren, die mit AQUA4D® neben der Tröpfchenbewässerung erzielt werden können. Das Bewässerungsnetz ist zweigeteilt, um die Wasserzufuhr auf den beiden Parzellen, von denen eine mit dem AQUA4D®-System ausgestattet ist, individuell zu steuern. Drei Reihen von Reben zwischen den beiden Parzellen wurden während der gesamten Saison nicht bewässert und dienten als Kontrollefferenz. Die Parzellen werden als NT (Bewässerung mit normalem Wasser), TT (Bewässerung mit Wasser, das mit AQUA4D® behandelt wurde) und CT (unbewässerte Parzelle) bezeichnet.

Sensoren zur Echtzeitüberwachung wurden installiert, um die Bodenfeuchtigkeit und den Wasserstresszustand der Weinreben auf den Parzellen NT, TT und CT zu verfolgen. Die Bewässerung, Häufigkeit und Dauer, wird auf der Grundlage der von diesen Sensoren gelieferten Informationen gesteuert, was eine Optimierung der Bewässerung entsprechend dem Bedarf der Reben ermöglicht.

**Das Ziel der TT-Testfläche war es, zusätzlich zu den Einsparungen durch die Tropfbewässerung weitere 20 % Wasser einzusparen, ohne den Ertrag und die Qualität der Produktion zu beeinträchtigen.**

### 3 Glossar

---

- Projekt Lienne-Raspille: Projekt zur interkommunalen und integralen Wasserbewirtschaftung unter Beteiligung der Gemeinden Ayent, Icogne, Lens, Crans-Montana, Noble-Contrée, Sierre, Salgesch und Varen.
- Projekt Neue Bewässerung von Salgesch: Projekt der Gemeinde Salgesch. Erneuerung des gesamten Bewässerungssystems.
- Projekt IrriSalgesch: Demonstrationsprojekt zur Wasseroptimierung in einem Weinberg in Salgesch.

## 4 Material und Methoden - Projektkonzept

### 4.1 Merkmale der Parzellen

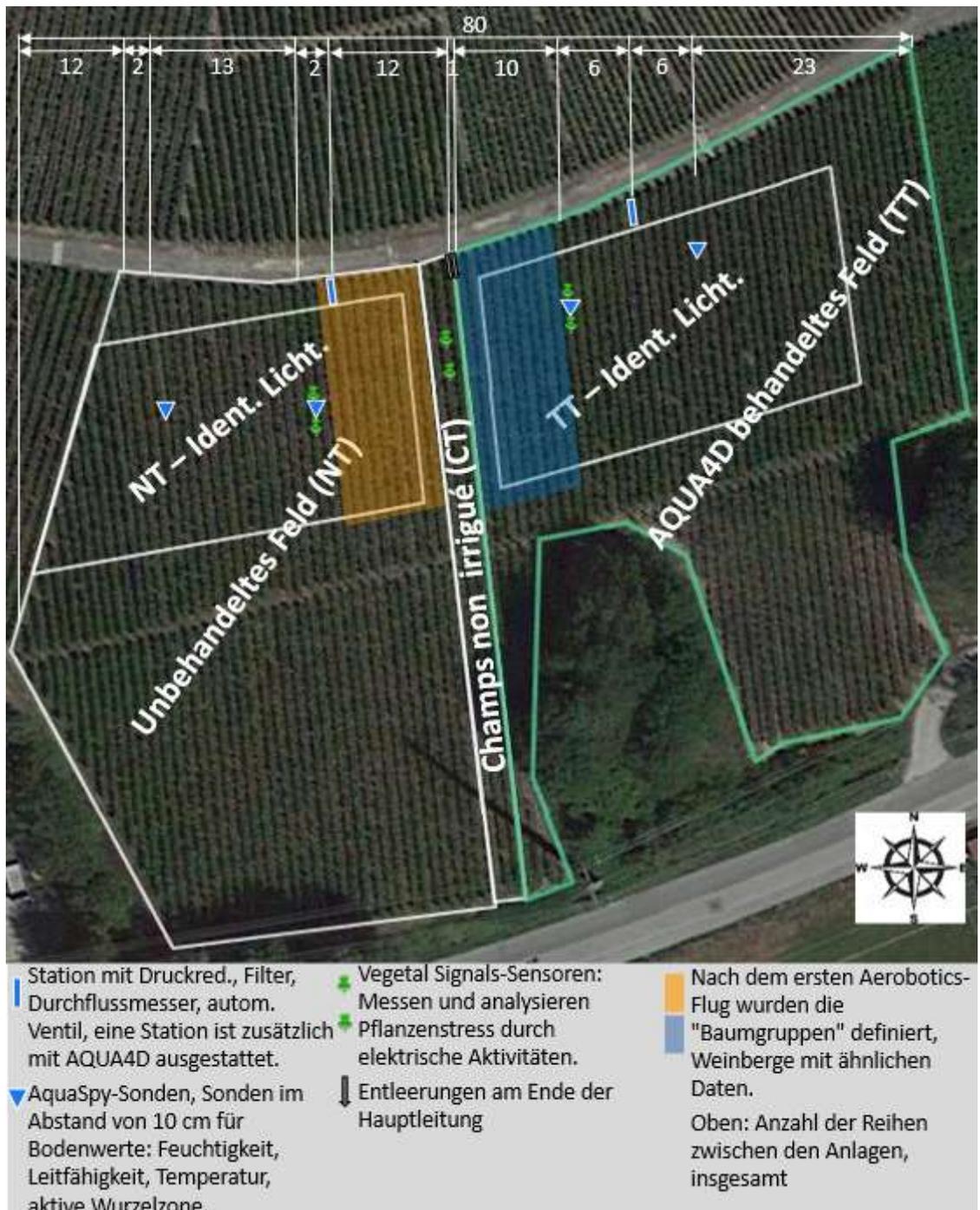
Rebsorte	Pinot noir
Pfropfunterlage	5BB
Jahr der Pflanzung	2010
Bodentextur (Mehr Details in « Etude géopédologique des vignobles de Salgesch, Varen, Leuk, Agarn», siehe Literaturhinweise)	<p>Boden oben: 1716,1 /24R Grosser Schlamm, Kalkboden, Böden leicht redoxisch, Tiefe &gt;150cm.</p> <p>Kolluviale Varianten in konkaven unteren Hanglagen und Erosionslagen. Verdickte Überschüttung von 1724/1725. Gesamtkalkstein 40 bis 60 %. Durchschnittlicher RUM 80-120 mm. Mögliche Wasserzirkulation mit hohem Karbonatgehalt, was die Anfälligkeit für Chlorose erhöht.</p> <p>Boden unten: 9115,1/24 gr. Kollusionen am unteren Hang, Kalkboden, leicht redoxischer Boden, Tiefe zwischen 100 und 150 cm. Auf "Betonboden" oder Moräne (weniger kalkhaltig), in der Tiefe sehr kompakt.</p>
Nutzbare Bodenreserve, falls nicht vorhanden Wurzeltiefe	Wurzeltiefe 8 bis 10 m
Bodenbearbeitung	Mähen
Begrünung: wenn ja Breite der Begrünung	Spontane Vegetation
Art der Bewirtschaftung (IP, konventionell, biodynamisch)	IP
Reihenabstand	1.4 m
Abstand zwischen den Rebstöcken	0.70 m
Pflanzdichte	1.02 (Pflanzen/m <sup>2</sup> )
Höhe des Laubs	1,80 m
Laubbreite	40% (Abdeckung des Kronendachs)
Ausrichtung	nach Süden
Beschneidungssystem	Guyot einfach
Durchschnittlicher Ertrag	4.10 g/m <sup>2</sup>

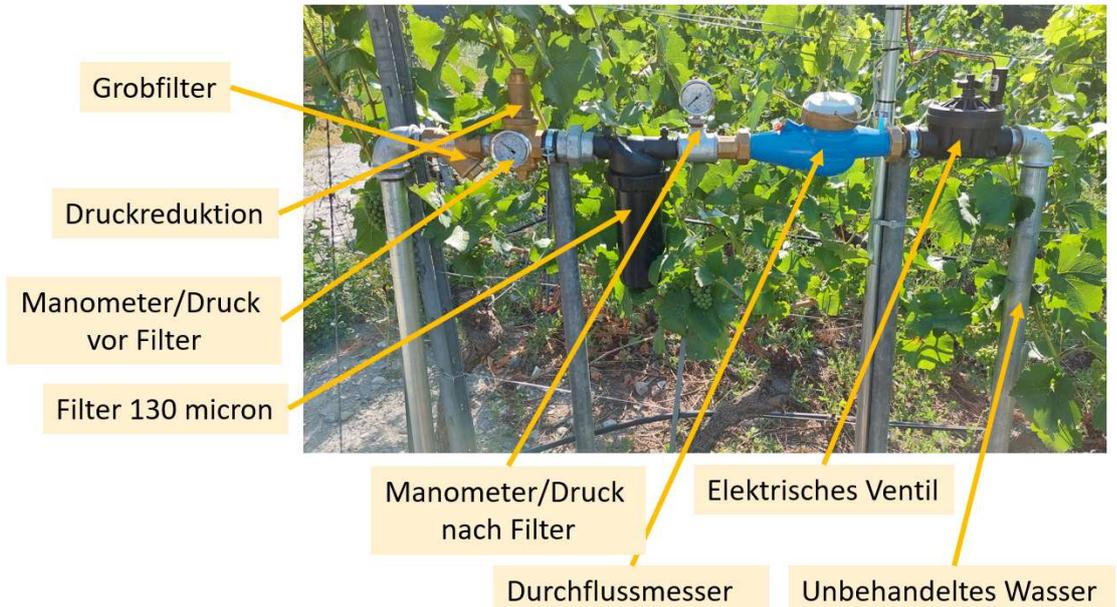
## 4.2 Installationen Bewässerungsnetz

Ein Netz aus Tropfschläuchen 16 mm - 75 cm - 2,3 l/h, die freundlicherweise von der Firma Netafim zur Verfügung gestellt wurden, wurde von der Gemeinde Salgesch in jeder Weinbergreihe verlegt.

Die Bewässerungsnetze NT und TT sind getrennt und unabhängig. Jedes Netz hat seinen eigenen Filter und sein eigenes automatisches Bewässerungsventil, welche mit der Spherag-App gesteuert werden können.

### Experimentierfelder

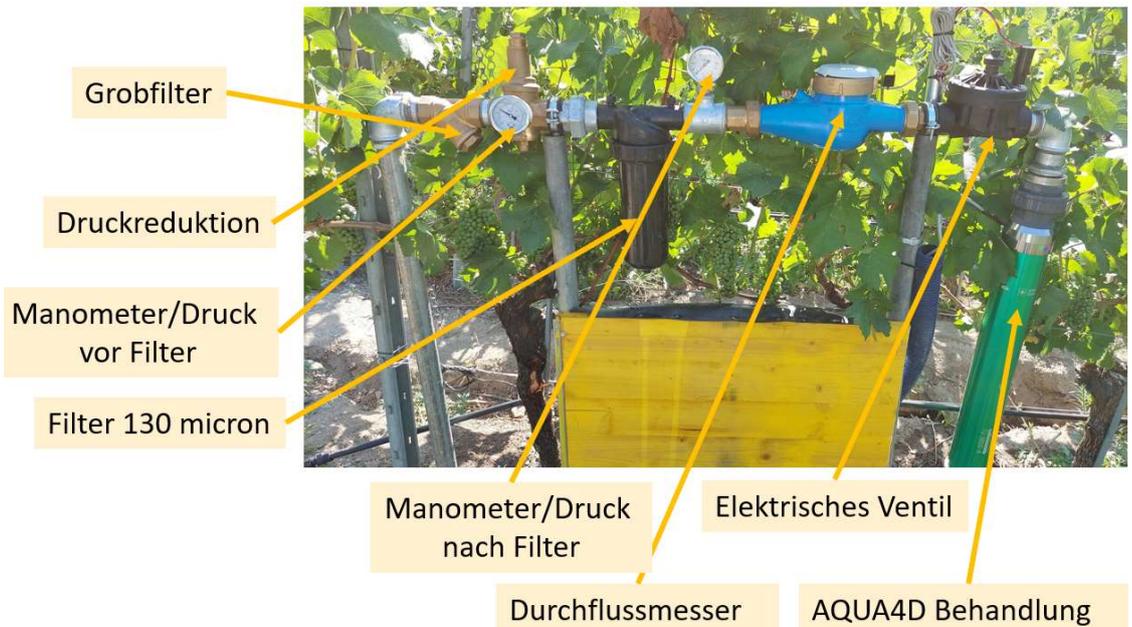




Bewässerungsanlage Seite NT + CT

#### 4.3 Installation System AQUA4D®

Das AQUA4D®-Behandlungssystem wurde auf der Parzelle TT nach dem automatischen Bewässerungsventil installiert. Es wird von einer Solaranlage gespeist, die am Rand der Parzelle installiert ist.



Bewässerungsanlage auf der TT-Seite

## 4.4 Agronomische Überwachung

### 4.4.1 Bodenfeuchte

Es wurden Sonden der Firma AquaSpy installiert, 2 auf der NT-Parzelle und 2 auf der TT-Parzelle. Die Entscheidung, zwei Sonden auf jeder Seite zu installieren, wurde getroffen, um die Reproduzierbarkeit der erhaltenen Messungen zu gewährleisten. Die Sonden haben Sensoren in Abständen von 10 cm, wodurch die Auswirkungen der Bewässerungszyklen auf die Bodenfeuchtigkeit und die Niederschläge verfolgt werden können, was eine genaue Planung der Bewässerungszyklen ermöglicht. Diese Sonden verwenden kapazitive Messungen, ähnlich dem Produkt Sentek, das häufig in der Forschung eingesetzt wird.



Sonde TT Ost



Sonde NT Ost



Sonde TT West



Sonde NT West

Aufgrund der steinigen Bodenart war es nicht immer möglich, die Sonden in einer Tiefe von 120 cm zu platzieren, aber die Anzahl der Sensoren im Boden, zwischen 8 und 10, ermöglicht es, die Auswirkungen von Bewässerung und Niederschlag gut zu verfolgen. Die Sensoren über Boden wurden ausser Betrieb genommen.

### 4.4.2 Überwachung des Wasserstatus

Eine Überwachung des Wasserstatus wurde mit 2 Methoden durchgeführt: die Verwendung von Sensoren der Firma Vegetal Signals und Messungen des Stammwasserpotentials mit einer Druckkammer (Scholanderpumpe). Ein Satz Sensoren von Vegetal Signals wurde auf jeder NT-, TT- und CT-Parzelle installiert. Die Messungen des Blattwasserpotentials mit einer Druckkammer wurden an den Rebstöcken durchgeführt, die den Rebstöcken gegenüberstanden, an denen die Vegetal Signals-Sensoren angebracht waren.



Oben: Kasten, der die verschiedenen Signale sammelt, die Daten aufzeichnet und weiterleitet.  
Unten: Ein Sensor für elektrische Signale

Solarpanel für die Stromversorgung

#### 4.4.3 Entwicklung von NDVI, NDRE, Volumen und Kronendach mit Drohnenbildern



Es wurden zwei Drohnenflüge durchgeführt. Die gesammelten Daten wurden von der Firma Aerobotics verarbeitet. Dadurch konnte man sich einen Überblick verschaffen, aber auch für jeden einzelnen Rebstock die Gesundheit, die Blattbedeckung, das Volumen usw. und deren Entwicklung im Laufe der Saison sehen. Das Verhalten der Parzellen NT, TT und CT wurde ebenfalls verglichen.

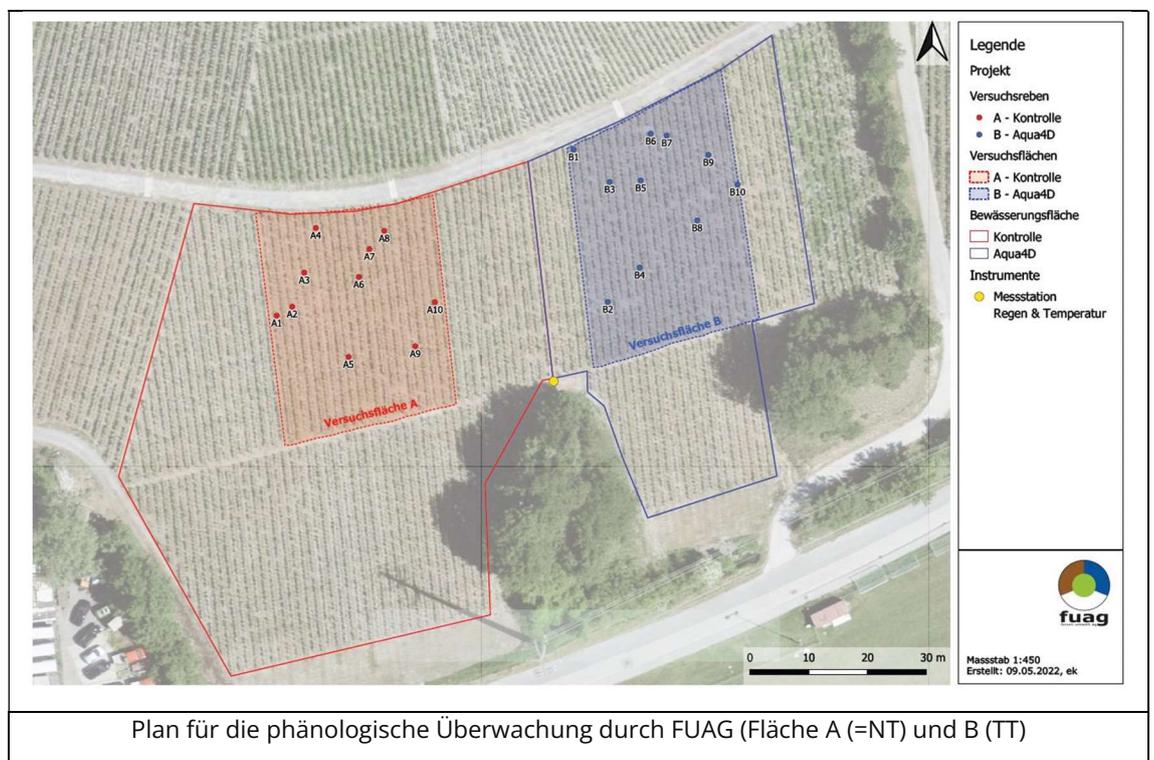
Der für das Experiment ausgewählte Weinberg weist im unteren Teil aufgrund von Baumgruppen, die die Sonneneinstrahlung beeinflussen, starke vegetative Schwankungen auf. Der obere Teil, der auf beiden Seiten NT und TT die gleiche Sonneneinstrahlung hat, steht unter dem Einfluss von Randeffekten (Straßenstaub etc.), daher erschien es sehr wichtig, zwei Vergleichsflächen auszuwählen, die historisch ähnlich in Wüchsigkeit und Bodenfeuchte sind. Durch die Verwendung von historischen Satellitenbildern, die Feuchtigkeit und Vitalität zeigen, konnten zwei ähnliche

Flächen, eine TT- und eine NT-Seite, identifiziert werden, bevor der erste Drohnenflug durchgeführt wurde.

#### 4.4.4 Detaillierte Beobachtungen der phänologischen Entwicklung der Reben in jedem Sektor

Probenahmen und phänologische Beobachtungen an den Rebstöcken wurden von der Firma FUAG (Visp) durchgeführt, um die Entwicklung des Laubes, der Trauben, des Zuckergehaltes und die Daten der phänologischen Phasen an insgesamt 20 Rebstöcken zu bewerten und zu messen. Das Verhalten der Parzellen NT (9 Rebstöcke), TT (10 Rebstöcke) und CT (1 Rebstock) konnte so verglichen werden.

Der folgende Text in diesem Kapitel 4.4.4 ist ein Auszug aus dem Bericht "Feldversuch Rebentwicklung mit AQUA4D - Projekt IrriSalgesch - Standbericht Versuchsbegleitung - Fokus Phänologie - Visp, November 2022". Der gesamte Bericht befindet sich in Anhang 1



#### Methodische Zielsetzung

Festlegung von Versuchsflächen mit vergleichbaren Bedingungen in Bezug auf Beschattung, Bodeneigenschaften, Hangneigung oder Exposition und Pflanzenmaterial. Kontrolle der Entwicklung auf der Ebene der Gesamtsituation von der Parzelle bis zur einzelnen Pflanze.

Organisation der Arbeit:

#### AQUA4D

- Der Wasserverbrauch und die Wetterbedingungen; kontinuierliche Messung.
- Die Entwicklung der Standortbedingungen (Wasserhaushalt des Bodens); kontinuierliche Messung
- die Entwicklung des Wasserstress der Pflanzen; kontinuierliche Messung

- die Entwicklung der Vitalität der Pflanzen anhand von Luftbildern.

#### **FUAG**

- die Entwicklung der Phänologie der Pflanzen anhand von Feldaufnahmen
- die Entwicklung der Biomasse der Trauben anhand von Feldaufnahmen
- die Entwicklung der Traubenqualität (°Oechsle) anhand von Feldaufnahmen

#### **Auswahl der Weinreben**

In einem Weinberg wurde eine Fläche mit konventionellem Wasser und eine Fläche mit technisch aufbereitetem Wasser von AQUA4D tröpfchenweise bewässert. Im Februar 2022, vor Beginn der Vegetationsperiode, wurden zwei Versuchsflächen (VF) A und B ausgewählt, die sich in ihrer Größe (ca. 1.142 m<sup>2</sup>) und ihren Merkmalen wie Beschattung, Bodeneigenschaften und Gefälle möglichst ähnelten. Innerhalb dieser Versuchsflächen wurden 10 Rebstöcke nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und markiert. Eine nicht mit der Versuchsrebsorte A10 bewässerte Fläche wurde erst später, im Mai 2022, als zusätzliche Kontrollfläche festgelegt (Abb. 1), d. h. die Versuchsanordnung wurde in Abstimmung mit der technischen Anlage für den Bewässerungsversuch etwas angepasst.

#### **Feldbesuche**

Bei den Versuchsreben wurden vom 21. April 2022 bis zur Ernte am 27. September 2022 alle zwei Wochen die folgenden Parameter zur Entwicklung der Phänologie, der Biomasse und der Qualität aufgezeichnet:

- BBCH-Skala
- Anzahl der Trauben mit Blüten/Beeren
- Messung der Länge der Trauben
- Krankheiten oder Verfärbung oder Absterben von Blättern/Blüten/Beeren.
- Messung des °Oechsle (Zuckergehalt der Beeren).
- Fotos von den Versuchsweinbergen

Die Bewässerung auf beiden Flächen wurde am 14. Juli 2022 in Betrieb genommen. Bei der Ernte wurden zusätzlich die °Oechslegrade und das Erntegewicht pro Versuchsrebe gemessen.

### 4.5 Meteorologie

---

Die Meteorologie (Temperatur, Niederschlag, Wind etc.) in der Gemeinde Salgesch wurde auf der Agrometeo-Website verfolgt.

### 4.6 Arbeiten auf dem Weinberg

---

Um die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Wasserstatus zu bewerten, wurden Beschneidungen und Ausdünnungen erfasst (Daten).

### 4.7 Bewässerungszyklen

---

Die Daten und die Menge in m<sup>3</sup> jeder Bewässerung wurden mithilfe der installierten Zähler (1 auf der NT-Seite und 1 auf der TT-Seite) und der Spherag-Software, die es ermöglichte, alle Bewässerungen aus der Ferne zu programmieren und zu verfolgen, erfasst. Die erste Bewässerung der Reben erfolgte am 14. Juli, als sich die Reben bereits in der generativen Phase befanden.

### 4.8 Ernte

---

Der Ertrag und die Qualität der Trauben, der Oechslegrad, werden für die Parzellen NT, TT und CT gemessen.

## 5 Resultate - Diskussion

### 5.1 Gestaltung des Versuchsfeldes

Das Design des Versuchsfeldes entsprach den Erwartungen, nämlich einen Vergleich zwischen den Parzellen TT, CT und NT zu haben. In Bezug auf die Parzelle CT, die aus drei unbewässerten Reihen zwischen den Parzellen TT und NT bestand, schien es, dass es zwischen diesen drei Reihen und den benachbarten bewässerten Reihen zu Randeffekten kam.

Dennoch konnte ein Rückgang der Produktionsausbeute bei dieser Parzelle CT beobachtet werden. (s. 5.3.7).

Für zukünftige Experimente empfehlen wir, die CT-Parzelle auf 5 oder mehr Reihen zu erweitern.

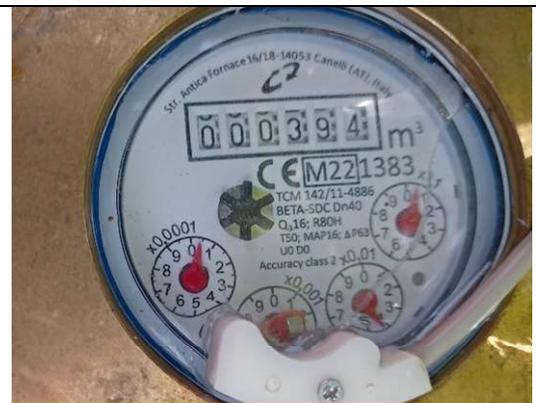
### 5.2 Durchgeführte Bewässerungen

In diesen Zeiträumen stand kein Wasser zur Bewässerung zur Verfügung: vom 4. bis 5. August, vom 13. bis 18. August und vom 23. bis 28. August.

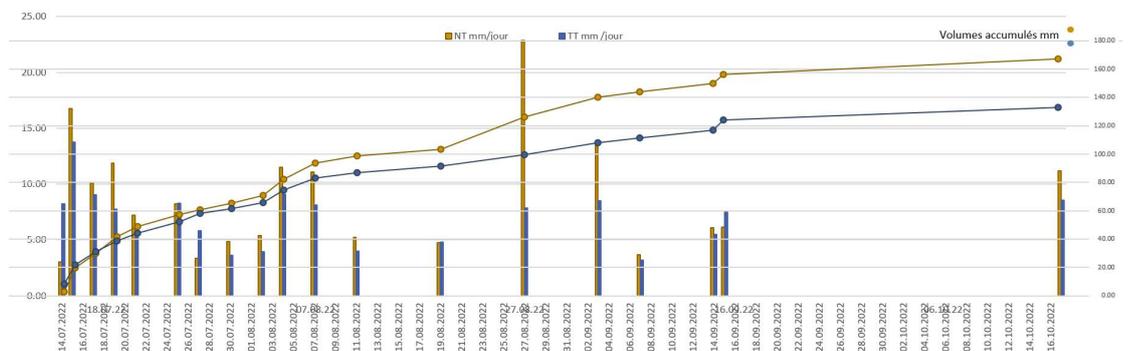
Mehrmals waren ein oder mehrere Filter verstopft und die geplante Bewässerung brachte nicht die geplanten Mengen. Die Differenzen wurden im nächsten Bewässerungszyklus oder mit einer separaten Bewässerung korrigiert. In den ersten zwei Wochen war die Übertragung der Wassermengen par Internet nicht korrekt, was dazu führte, dass anfänglich auf beiden Feldern etwas zu viel bewässert wurde.



Wasserzähler NT – 27.09.2022



Wasserzähler TT – 27.09.2022



Date	NT mm/jour	TT mm /jour	Date	NT mm cumulé	TT mm cumulé
14.07.2022	2.7	7.2	14.07.22	2.7	7.2
15.07.2022	14.7	12.1	15.07.22	17.3	19.3
17.07.2022	8.9	8.0	17.07.22	26.2	27.3
19.07.2022	10.4	6.8	19.07.22	36.6	34.1
21.07.2022	6.3	4.6	21.07.22	43.0	38.7
25.07.2022	7.2	7.3	25.07.22	50.2	46.0
27.07.2022	2.9	5.1	27.07.22	53.2	51.1
30.07.2022	4.3	3.2	30.07.22	57.4	54.3
02.08.2022	4.7	3.5	02.08.22	62.2	57.7
04.08.2022	10.1	8.0	04.08.22	72.3	65.7
07.08.2022	9.7	7.1	07.08.22	82.0	72.8
11.08.2022	4.6	3.5	11.08.22	86.6	76.4
19.08.2022	4.2	4.2	19.08.22	90.8	80.6
27.08.2022	20.1	6.9	27.08.22	110.8	87.5
03.09.2022	12.0	7.5	03.09.22	122.8	94.9
07.09.2022	3.2	2.8	07.09.22	126.0	97.8
14.09.2022	5.4	4.8	14.09.22	131.4	102.6
15.09.2022	5.4	4.6	15.09.22	136.8	107.2
17.10.2022	9.8	7.5	17.10.22	146.6	114.7
	147	115			
	100%	-21.8%			
Vol total m3	568.34	421.60			
Surface m2	3877	3677			

Die Bewässerungsanlage funktionierte gut. Für zukünftige Experimente, bei denen die aufgetretenen Probleme berücksichtigt werden sollen, wollen wir diese Anlage im zweiten Jahr dennoch in zwei Details optimieren:

- Installation von selbstreinigenden Feinfiltern vor der Bewässerungsanlage, um Verstopfungen der nachgeschalteten Filter und Tropfer zu vermeiden, die die Bewässerungszyklen negativ beeinflussen.
- Manuelle Ventile am Ende jeder Leitung installieren, um das regelmäßige Spülen der Tropfleitungen zu erleichtern.

### Wasserverbrauch im Verhältnis zur gesamten Fläche von Salgesch

Es ist interessant, die im Laufe des Jahres verbrauchte Menge für das gesamte Gebiet von Salgesch, die 200 ha (Anhang 2), mit dem Verbrauch der Versuchsparzellen NT und TT zu vergleichen. Für einen Vergleich stehen uns nur die Bruttoflächen zur Verfügung. Dieser Vergleich kann nur ein Indikator sein, da sich die Art der Bewässerung, die Anbaudichte und die Böden stark unterscheiden.

Verbrauch Salgesch Fläche von 200 ha insgesamt:	384'226 m3	192 mm	100%.
Verbrauch NT-Fläche (Tropf):	568 m3	147 mm	-24%.
Verbrauch der TT-Fläche:	422 m3	115 mm	-40%.

## 5.3 Agronomische Überwachung

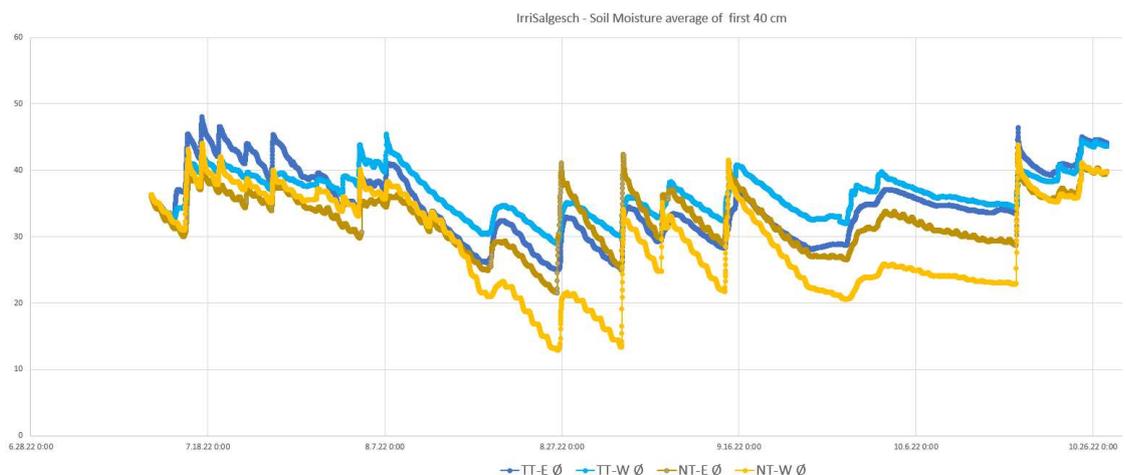
### 5.3.1 Bodenfeuchte

Die Überwachung der Bodenfeuchtigkeit mit den AquaSpy-Sonden funktionierte gut, so dass folgende Beobachtungen gemacht werden konnten:

- Feuchtigkeitsverlauf über alle Bodenniveaus: Bis zu welchem Grad drang Wasser nach Bewässerungszyklen und Niederschlägen ein.
- Ermöglichte einen Vergleich der Felder NT und TT, einen Vergleich der Dynamik des Wassereintritts, der Geschwindigkeit des Abtrocknens des Bodens. Nach Gewittern konnte man sehen, ob diese einen nützlichen Effekt hatten, um den Boden zu befeuchten und dann die Häufigkeit und Dauer der Bewässerungszyklen zu antizipieren.
- Diese Art der Messung hat jedoch ein Problem mit der Selbstkalibrierung durch die Algorithmen ihrer Software. Dieses Problem war bereits bei einem anderen Forschungsprojekt mit der Universidad de Castilla-La Mancha in Spanien aufgetreten. Das Kalibrierungsproblem trat dann sowohl mit dem AquaSpy- als auch mit dem Sentek-Produkt auf. Es hängt wahrscheinlich mit der Art des Bodens zusammen.
- Der Boden wird nach jedem Bewässerungszyklus auf der NT-Seite schneller trocken als auf der TT-Seite.

In der folgenden Grafik wurde der Startpunkt der Feuchtigkeit für alle vier Sonden am Tag ihrer Inbetriebnahme am 14. Juli 2022 auf das gleiche Feuchtigkeitsniveau kalibriert. Die Bodenart an allen vier Messpunkten ist identisch. Bei der Installation der Feuchtigkeitssonden konnte überprüft werden, dass die Bodenstruktur und die Feuchtigkeit zwischen den Parzellen TT und NT einheitlich waren, was den Angaben auf der Karte entsprach. Die Beschaffenheit dieses Bodentyps mit relativ großen Steinen kann dennoch lokal, auf bestimmten Niveaus einen Einfluss auf die Sensoren ausüben.

Ohne diese Kalibrierung stimmen die Feuchtigkeitsdaten nicht mit den anderen Monitoring-Daten überein, insbesondere mit dem Pflanzenstress, der kontinuierlich mit den Vegetal Signals-Sensoren und dreimal während des Versuchszeitraums mit der Druckkammer gemessen wurde.

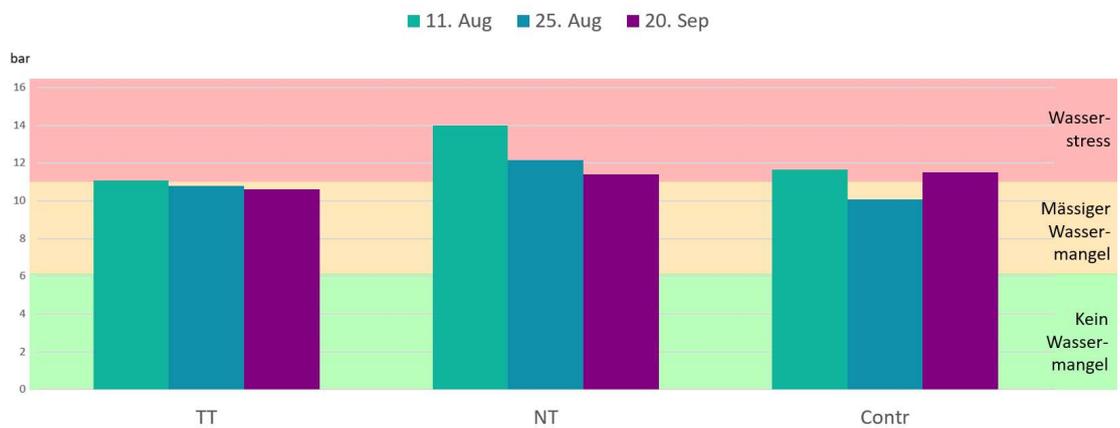


IrriSalgesch – Bodenfeuchtigkeit -mittel auf den ersten 40 cm

### 5.3.2 Überwachung von Wasserstress mit einer Druckkammer

Zwischen den Projektpartnern wurde vereinbart, die Reben in einem leichten Wasserstress (Stress) zu halten und sicherzustellen, dass sie nicht überbewässert werden. So wurden die Parzellen NT und TT während der gesamten Bewässerungssaison in einem Zustand von mässigem Wassermangel gehalten.

**Die Messungen des Wasserstress mit der Druckkammer** wurden während der Bewässerungsperiode dreimal durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen an den Rebstöcken auf der NT-Seite mit Werten von jeweils über 11 Bar bestätigten, dass die NT-Parzelle unter Wasserstress stand. Die Rebstöcke auf der TT-Seite, die mit 20% weniger Wasser bewässert wurden, überschritten nie den Grenzwert für "mäßigen Wassermangel" ( $P < 11$  bar). Es wurde auch beobachtet, dass die Rebstöcke auf der Parzelle CT (nicht bewässert) bei der Messung am 25. August in einem mässigen Wassermangel waren.



## Überwachung von Wasserstress mit Sensoren von Vegetal Signals

Die Überwachung von Pflanzenstress mit Vegetal Signals-Sensoren und die Möglichkeit, diesen in Echtzeit mit einer Mobiltelefon-App zu verfolgen, ermöglichte eine vorausschauende Planung von Bewässerungszyklen. Die Technologie erwies sich als interessantes Instrument zur Steuerung der Bewässerung, idealerweise in Kombination mit den Sensoren, die einen Echtzeit-Einblick in die Bodenfeuchtigkeit geben.

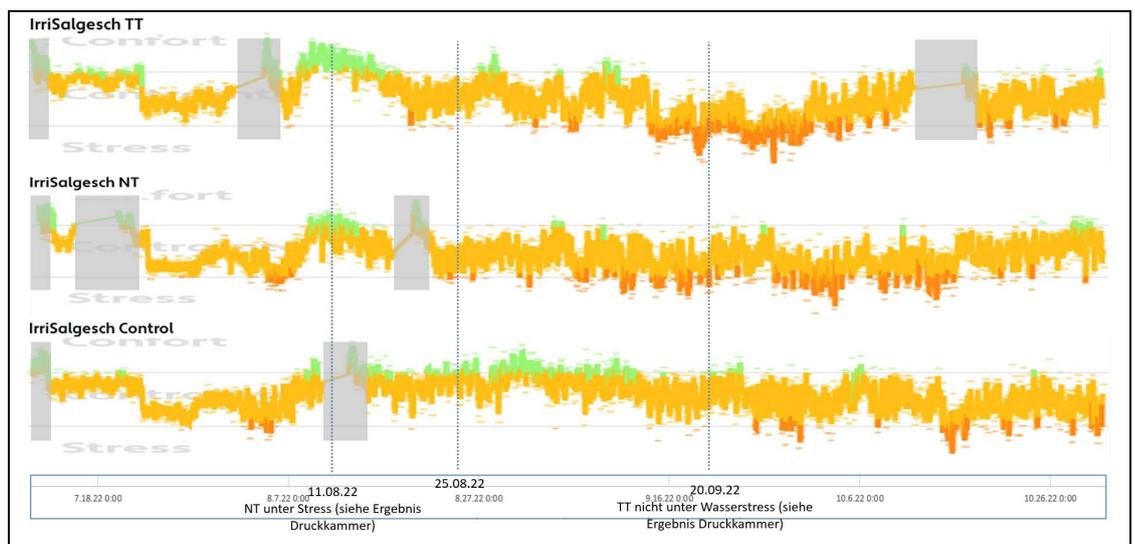
Die endgültigen Ergebnisse, die in einem Bericht von Vegetal Signals enthalten sind, werden gegen Ende 2022 verfügbar sein. In der folgenden Tabelle fehlt ein Teil der Daten, da sie nicht live (über das Lora-Netzwerk) gesendet werden konnten. Die Daten wurden trotzdem lokal gespeichert und am Ende der Saison abgerufen. Jedes Mal, wenn die Datenübertragung unterbrochen wird, führt das System eine neue Kalibrierung durch, die 48 Stunden dauert. Aus diesem Grund sind diese Gebiete derzeit grau abgedeckt.

Auf den Kurven kann man bereits beobachten:

- Bis Ende Juli waren die drei Kurven TT, CT und NT sehr ähnlich.
- Im August hatte die CT-Parzelle den geringsten Stress. Dies war in der Zeit, in der Salgesch kein Wasser zur Bewässerung zur Verfügung hatte, mehrere Tage lang zu verschiedenen Zeiten des Monats, während die Pflanzen, die an die Bewässerungszyklen gewöhnt waren, mehr Stress aufwiesen. Die Erntedaten zeigten jedoch, dass die nicht bewässerten Pflanzen weniger Trauben produzierten als die TT- und NT-Parzellen.
- Die TT-Pflanzen hatten im August weniger Stress als die NT-Pflanzen.
- Ab Mitte September befand sich die TT-Parzelle mehrmals in der Stresszone. Ab diesem Zeitpunkt stimmten die Messungen der Vegetal Signals-Sonden nicht mehr mit den Messungen der Druckkammer überein.

Für die endgültige Interpretation dieser Daten muss der Abschlussbericht von Vegetal Signals abgewartet werden. Die Messungen mit der Druckkammer dienen ihnen zur Kalibrierung ihrer Messungen und werden die Endergebnisse noch beeinflussen.

Das folgende Diagramm integriert die drei Zeitpunkte der Messungen mit der Druckpumpe.

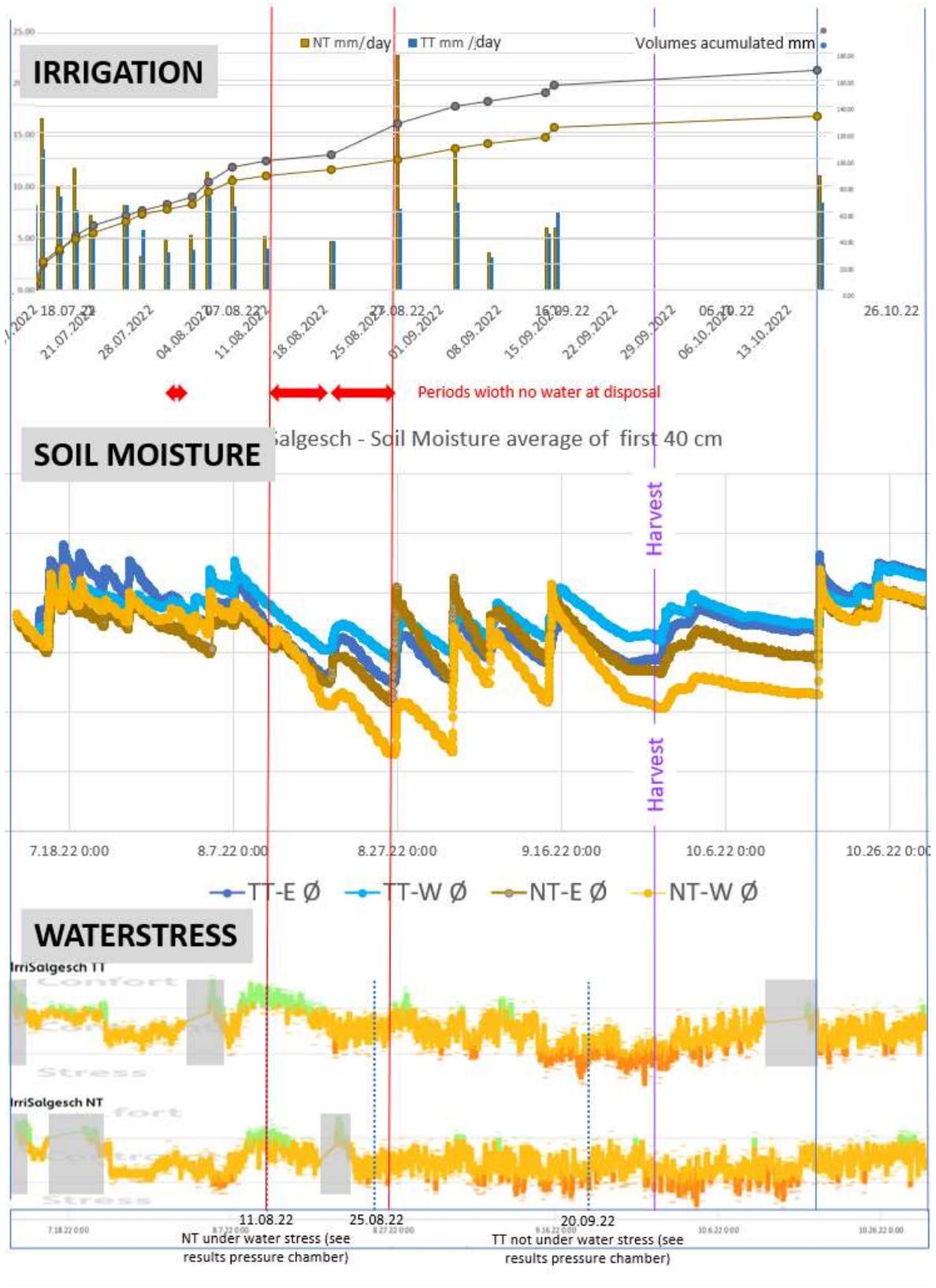


### 5.3.3 Bewässerung, Bodenfeuchte und Wasserstress in einer Grafik kondensiert

In der zweiten Hälfte des Monats August stand kein Wasser zur Bewässerung zur Verfügung. In dieser Zeit konnte man beobachten, dass der Boden auf der NT-Seite schneller trocken wurde als auf der TT-Seite. Im September bestätigte sich diese Tendenz nach jedem Bewässerungszyklus.

Während des gesamten Zeitraums von Mitte August bis zur Ernte Ende September kann man feststellen, dass die NT-Parzelle im Vergleich zur TT-Parzelle unter höherem Stress stand, obwohl 20 % weniger Wasser zur Bewässerung zugeführt wurde.

Nach der Ernte befand sich die Parzelle NT weiterhin unter höherem Wasserstress als die Parzelle TT.



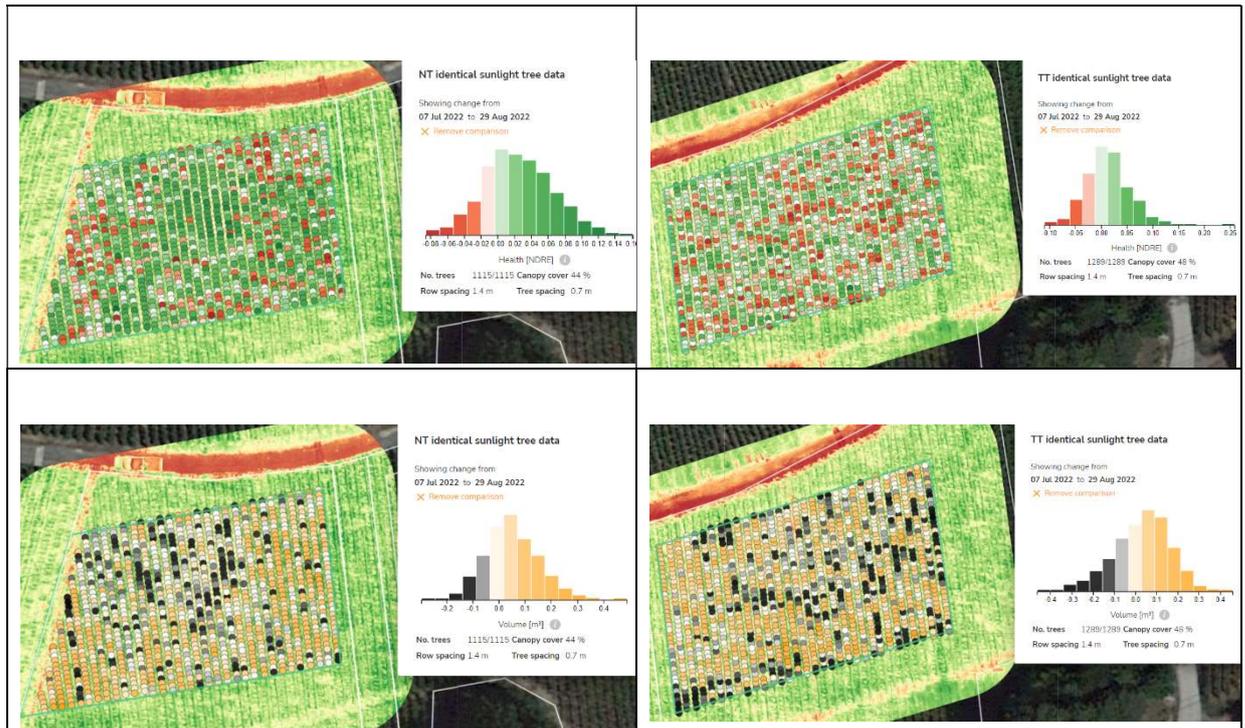
### 5.3.4 Entwicklung von NDVI, NDRE, Volumen und Kronendach mit Drohnenbildern Resultate nach dem zweiten Flug

Nach dem zweiten Flug, der am 29.08.22 durchgeführt wurde, wurde die Entwicklung der Reben in den Parzellen TT, NT und CT zwischen dem 07.07.22 und dem 29.08.22 verglichen. Es ist möglich, diesen Vergleich auf der Aerobotics-Plattform sowohl visuell als auch mit den Zahlenangaben für jede Parzelle und Teilparzelle durchzuführen, um eine Quantifizierung der Unterschiede vorzunehmen. Der erste Vergleich wird zwischen den Gruppen der "Center above"-Reben durchgeführt, die beim ersten Flug am 07.07.22 ziemlich identische Werte hatten.



Die vergleichende Analyse der Entwicklung dieser Gruppen zeigt eine bessere gesundheitliche Entwicklung (+7% versus -1%) und eine bessere Entwicklung des Volumens (+47% versus +22%) auf der TT-Seite.

Die folgenden Diagramme und Tabellen zeigen den Vergleich zwischen der ausgewählten Gruppe von Rebstöcken vor dem ersten Drohnenflug.

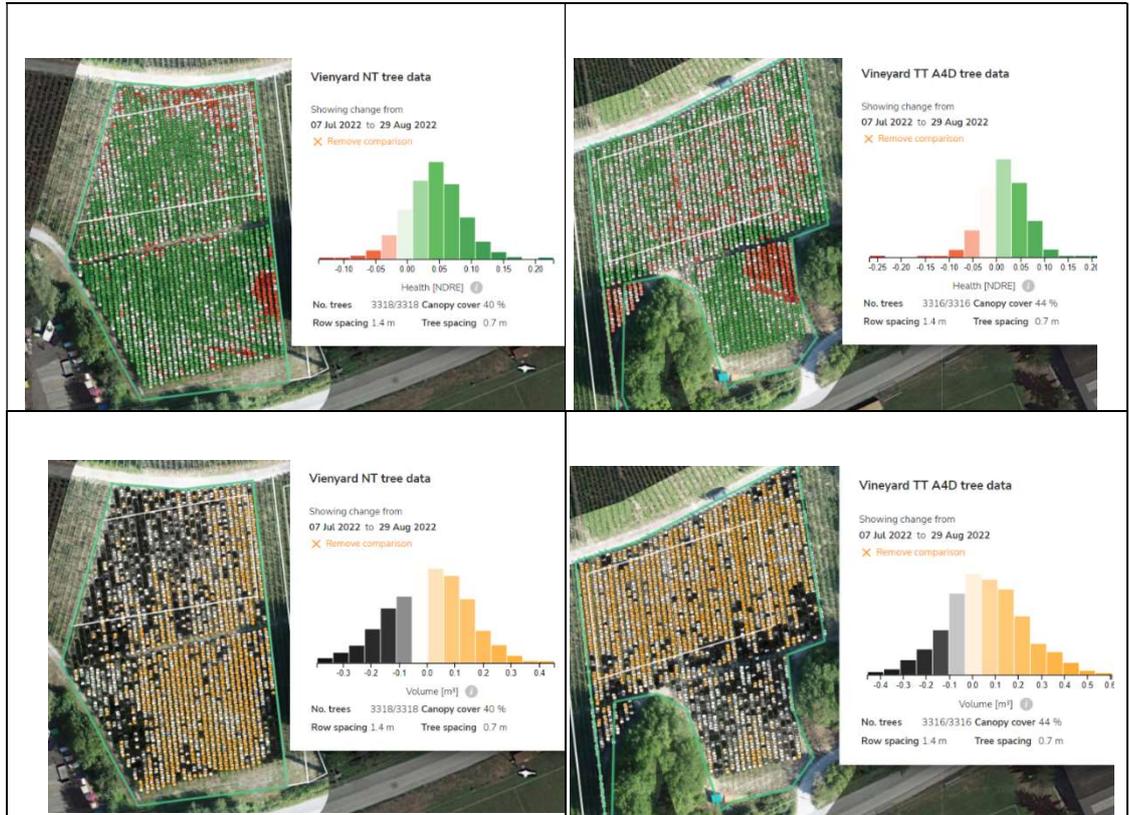


orchard_name	flight_date	tree_health	tree_vigor	tree_area_sqm	tree_width_m	tree_volume_cb
NT identical sunlight	07.07.2022	0.30	0.68	0.46	0.76	0.20
	29.08.2022	0.33	0.74	0.51	0.81	0.25
NT development 7.7. to 29.8.22		8.0%	9.9%	12.5%	5.7%	24.6%
TT identical sunlight	07.07.2022	0.35	0.76	0.46	0.76	0.29
	29.08.2022	0.36	0.78	0.50	0.80	0.32
TT development 7.7. to 29.8.22		3.6%	2.3%	10.2%	4.6%	10.8%

In diesen verglichenen Gruppen muss die spezifische Situation berücksichtigt werden, die in Anhang 3 beschrieben wird. Mit dem niedrigeren Startpunkt entwickelt sich die NT-Seite zu normalen Mengen und Gesundheitszuständen.

Prozentual gesehen ist die Entwicklung der NT-Seite sowohl bei der Gesundheit (8% vs. 4%) als auch beim Volumen (25% vs. 11%) höher.

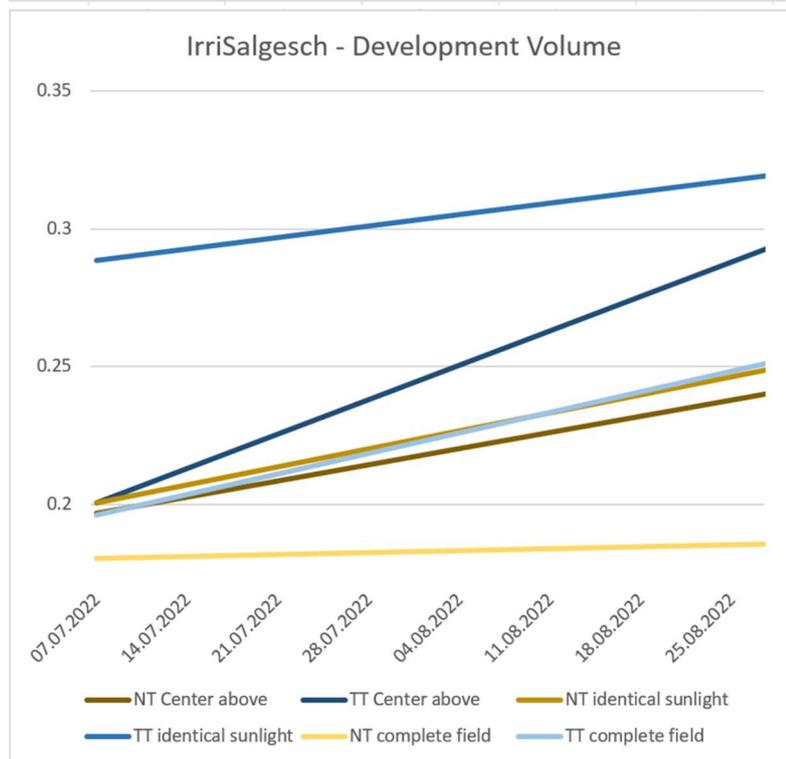
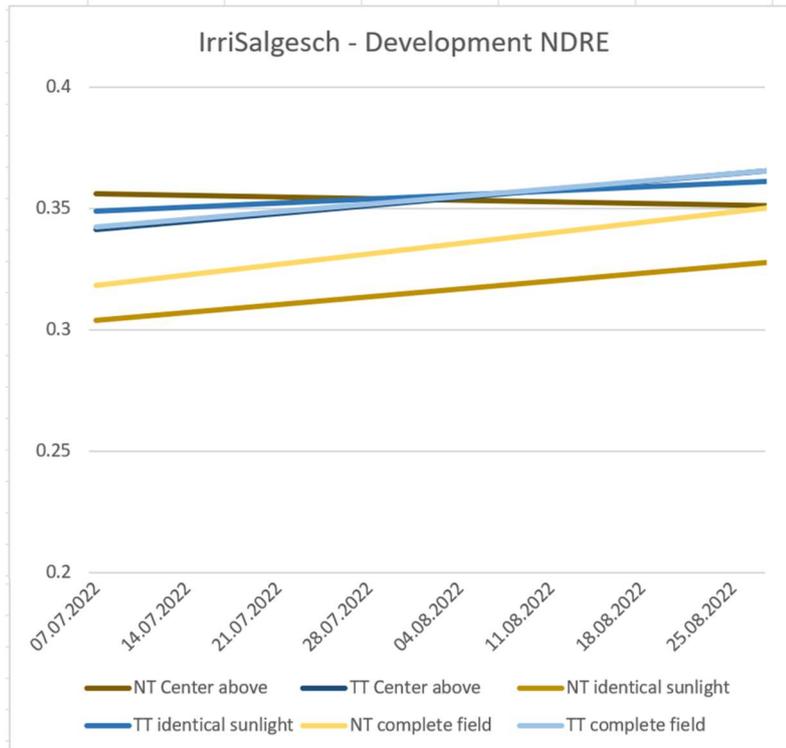
Mit den von den Drohnen erfassten Daten ist es auch interessant, die Entwicklung der gesamten mit AQUA4D (TT) behandelten Fläche mit der NT-Seite zu vergleichen, einschließlich der darunter liegenden Felder, die, wie in Kapitel 4.4.3 beschrieben, völlig andere Bedingungen haben.



orchard_name	orchard	flight_date	tree_health	tree_vigor	tree_area_sqm	tree_width_m	tree_volume_cb
Vineyard NT		07.07.2022	0.32	0.72	0.46	0.76	0.18
		29.08.2022	0.36	0.77	0.45	0.76	0.19
NT development 7.7. to 29.8.22			12.9%	7.5%	-0.2%	-0.1%	3.0%
Vineyard TT A4D		07.07.2022	0.34	0.73	0.45	0.76	0.20
		29.08.2022	0.36	0.77	0.47	0.76	0.25
TT development 7.7. to 29.8.22			5.0%	5.7%	2.3%	0.5%	28.7%

Die Bilder bestätigen, dass der untere Teil der Parzelle mit den großen Unterschieden in der Sonneneinstrahlung und dem Zugang zum Grundwasser weiterhin einen großen Unterschied in der Entwicklung der Gesundheit und des Volumens bewirkt. Der Unterschied in der Volumenentwicklung der TT-Reben scheint dennoch signifikant zu sein (29% vs. 3%), es bleibt abzuwarten, ob sich dies im Jahr 2023 bestätigt.

Um einen Trend in der Entwicklung zu erkennen, fasst die folgende Grafik die drei Vergleichsgruppen NT und TT in NDRE (Gesundheit) und Volumen in m<sup>3</sup> zusammen.



In den fusionierten Grafik, NDRE (Gesundheit) und Volumen, kann man Folgendes beobachten.

- Die Entwicklung der TT-Kurven ist homogener als die der NT-Kurven.
- Die Unterschiede in der Entwicklung sind auf der NT-Seite größer, eine NDRE-Kurve zeigt eine negative Entwicklung.

Zusammenfassend bestätigen die mit Aerobotics gewonnenen Daten, dass die TT-Seite mit 20% weniger bewässertem Wasser zumindest die gleiche Qualität (Gesundheit) und das gleiche Volumen wie die NT-Seite beibehält.

Weitere Informationen:

In Anhang 3 findet man

- Der Prozess der Identifizierung von zwei Gruppen von Weinbergen mit historisch ähnlicher Bodenfeuchtigkeit und Pflanzenstärke.

- Der Prozess der

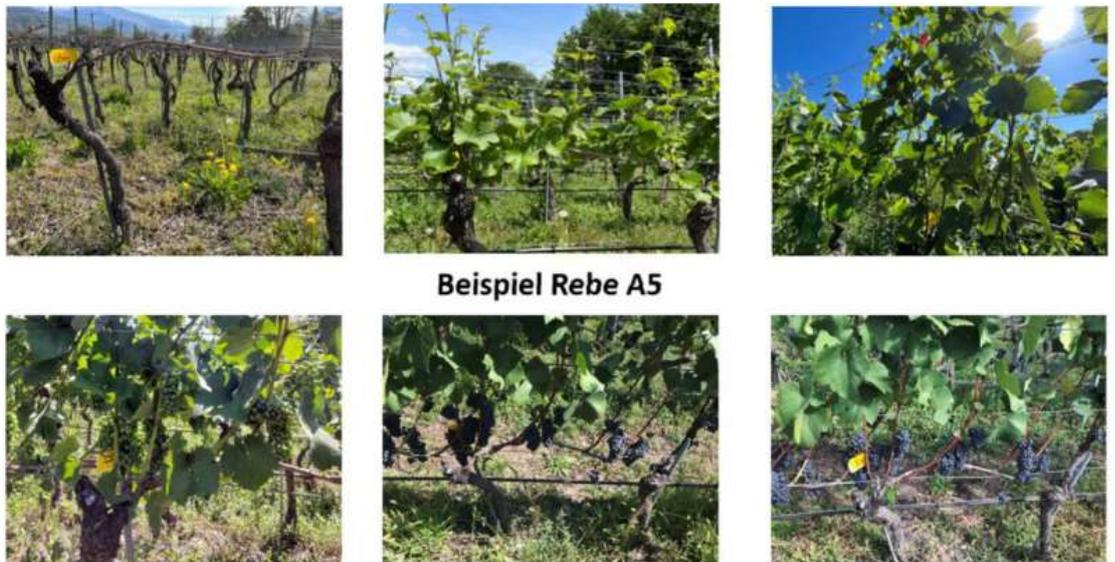
Identifizierung der Rebengruppen NT und TT, die sich in Gesundheit, Wuchsstärke und Volumen sehr ähnlich sind, nach dem ersten Drohnenflug, der vor dem Start des Experiments stattfand.

### 5.3.5 Ergebnisse der phänologischen Entwicklung der Reben in jedem Sektor

Das folgende Kapitel stellt einen Auszug aus dem Bericht "Feldversuch Rebenentwicklung mit AQUA4D – Projekt IrriSalgesch – Standbericht Versuchsbegleitung – Fokus Phänologie - Visp, Novembre 2022". dar. Der vollständige Bericht befindet sich in Anhang 1.

#### Phänologische Entwicklung

Die phänologische Entwicklung wurde anhand von BBCH-Codes ([2], [3]) für jeden Rebstock erfasst. Die Reben unterscheiden sich in ihrer Entwicklung zwischen den Versuchsflächen nur geringfügig. Auffällig ist jedoch der Unterschied des Entwicklungsstandes in Runde 7, woraus zu schliessen ist, dass vor Beginn der Bewässerung die Versuchsfläche **B** bezüglich Pflanzentwicklung einen Vorsprung vor **A** hatte.



Beispiel Rebe A5

*Darstellung der phänologischen Entwicklung am Beispiel der Versuchsrebe A5.*

**Fazit:** Insgesamt ist die phänologische Entwicklung der Reben bei den VF vergleichbar. Krankheiten wurden keine festgestellt.

#### Entwicklung Biomasse und Qualität

##### Traubenlänge

Die Länge der Trauben wurde abgemessen, sobald sich die Beeren begonnen haben zu entwickeln. Von jedem Rebstock wurden zufällig 9 Trauben ausgesucht. Da hierdurch nicht jedes Mal die gleichen Trauben gewählt wurden, ergeben sich von einer Runde zur Nächsten gewisse Schwankungen. Die Messung wurde mit einem Zollstock ab erster Verzweigung der Traube bis zur untersten Beere gemessen (siehe Anhang A1). Interessant ist hierbei die relative Entwicklung im Vergleich zw. Den Versuchsflächen.

Durchschnittswerte der Messungen der Traubenlänge in cm.  
Der rote Strich repräsentiert den Beginn der Bewässerung am 14. Juli 2022

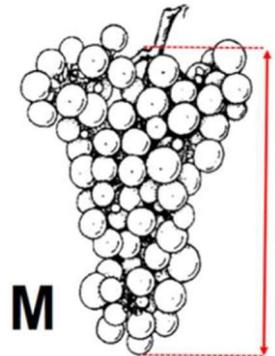
		Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Runde 6	Runde 7	Runde 8	Runde 9	Runde 10	Runde 11	Runde 12
ID	Anzahl Reben	21.04.	03.05.	17.05.	01.06.	14.06.	01.07.	12.07.	28.07.	11.08.	24.08.	06.09.	15.09.
A1-A9	9	NA	NA	NA	NA	9.5	10.0	10.5	10.1	10.8	11.2	11.1	11.3
A10	1	NA	NA	NA	NA	7.1	9.6	10.3	10.1	10.1	11.2	10.3	10.8
B1-B10	10	NA	NA	NA	NA	10.1	10.7	11.4	11.3	11.3	12.1	13.6	12.2

Tab. 3: Auswertungen für die Messungen der Traubenlänge.  
AM = Abschlussmessung, EM = Erstmessung, BB = Beginn Bewässerung.

ID	Anzahl Reben	Absolute mittlere Traubenlänge bei AM	Absolute mittlerer Traubenlängenzuwachs seit EM	Relative mittlerer Traubenlängenzuwachs ab EM bis BB	Relative mittlerer Traubenlängenzuwachs ab BB bis AM
A1-A9	9	11.3	1.8%	1.0%	0.8%
A10	1	10.8	3.7%	3.2%	0.5%
B1-B10	10	12.2	2.1%	1.3%	0.8%

Die Auswertung der Traubenlänge zeigt, dass in absoluten Zahlen die Versuchsfläche B ab Beginn der Messung (Runde 5), bessere Voraussetzungen hatte resp. im Mittel die Trauben bereits etwas grösser waren (ebenfalls zum Zeitpunkt des Bewässerungsbeginns).

Der Vergleich zwischen den Flächen liefert in Bezug auf das relative Wachstum ähnliche Zahlen. Nach Beginn der Bewässerung ist kein Unterschied zwischen den Flächen erkennbar. Der einzelne Versuchsrebstock im unbewässerten Bereich fällt durch den starken Unterschied zwischen dem Wachstum vor und nach Beginn der Bewässerung auf.



**Fazit:** Insgesamt ist das relative Wachstum der Trauben zwischen den beiden VF vergleichbar

### Oechsle (Zuckergehalt)

Ab Beginn der Beerenverfärbung wurde der °Oechsle-Grad von je zwei Beeren einer Traube pro Rebstock, eine oben und eine unten, mit einem Refraktometer gemessen. Der Durchschnitt der beiden Werte pro Versuchsfläche ist in Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4: Durchschnittswerte der beiden (Beere oben und Beere unten). °Oechsle-Messungen pro Versuchsfläche. Der rote Strich repräsentiert den Beginn der Bewässerung am 14. Juli 2022.

		Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Runde 6	Runde 7	Runde 8	Runde 9	Runde 10	Runde 11	Runde 12
ID	Anzahl Reben	21.04.	03.05.	17.05.	01.06.	14.06.	01.07.	12.07.	28.07.	11.08.	24.08.	06.09.	15.09.
A1-A9	9	NA	65.3	81.5	89.2								
A10	1	NA	69.5	91.0	92.5								
B1-B10	10	NA	66.6	82.0	93.4								

Im Gegensatz zu den Reben in Fläche A wurden bei den Beeren der Reben B1 und B6 bereits Oechsle-Grade > 100° gemessen.

In Runde 12 (15.09.2022) wurden die gesamten Trauben pro Versuchsrebe geerntet und die °Oechsle und das Gewicht (g) gemessen; vgl. Abb. 4.



Abb. 4: °Oechsle-Messungen Messung bei den Versuchsreben (15.09.2022).

Tab. 6: Auswertung für die Messungen des °Oechsle-Grades bei der Ernte der Versuchsreben. VR = Versuchsrebstock, VF = Versuchsfläche.

	Mittelwert aller VR pro VF	Einzelmessung (Gesamternte aller VR pro VF)	Mittelwert pro VF (Gesamtwert bei Haupternte)
ID	Runde 12	Runde 12	Haupternte
	15.09.2022	15.09.2022	27.09.2022
A1-A9	87.4	89.5	100
A10	88.0		99
B1-B10	92.8	90	100.8

Die Ergebnisse in Tab. 5 & 6 zeigen, dass die Versuchsfläche **B** im Mittel höhere Oechsle-Werte aufweist als Versuchsfläche **A**.

Die in Tab. 6 dargestellten Mittelwerte unterscheiden sich von der Einzelmessung, obwohl sie zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt wurden. Die Messung von zwei Einzelbeeren pro Versuchsrebstock

gibt offensichtlich keine ausreichend repräsentative Angabe, da die Unterschiede zwischen den Beeren oder den Rebstöcken zu gross sind.

Erstaunlich ist die Tatsache, dass nach Zusammenlegen aller Trauben und nochmaligen Messen der Gesamternte pro Versuchsfläche, die Unterschiede zw. den Oechsle-Gehalte deutlich abgenommen haben und einer ähnlichen Grössenordnung zur Haupternte vom 27. September 2022 lagen.

**Fazit:** Insgesamt sind somit die Oechsle-Gehalte zwischen den beiden Versuchsflächen vergleichbar. Tendenziell waren diese jedoch in der VF B etwas höher.

### Traubengewicht

Vergleich der Traubengewichte pro Rebstock. SDAW – Standardabweichung.

	ID	Anzahl Trauben	Runde 12	Gewicht pro Traube		ID	Anzahl Trauben	Runde 12	Gewicht pro Traube
			15.09.					15.09.	
Unbehandelt	A1	9	586	65	Aqua4D	B1	14	1509	108
	A2	20	527	26		B2	16	1715	107
	A3	11	1586	144		B3	13	1339	103
	A4	11	1655	150		B4	15	2078	139
	A5	11	1272	116		B5	10	1038	104
	A6	11	1840	167		B6	10	1282	128
	A7	11	1595	145		B7	12	1575	131
	A8	4	307	77		B8	9	1095	122
	A9	14	1740	124		B9	9	1439	160
						B10	14	2499	179
		Max	1840	167		Max	2499	179	
		Min	307	26		Min	1038	103	
		Mittel	1234	113		Mittel	1562	130	
		SDAW	561	44		SDAW	425	24	
unbe-wässert	A10	13	1121	86					

Die Wägung der Traubenernte der Versuchsrebstöcke zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Versuchsflächen; vgl. Tab. 7. Auffällig ist, dass in VF **A** drei Rebstöcke ein stark unterdurchschnittliches Gewicht (A1, A2 und A8, gelb) während bei VF **B** zwei Rebstöcke (B4 und B10, grün) überdurchschnittliche Werte aufweisen. Die höhere Standardabweichung im unbehandelten Feld weist darauf hin, dass die Variabilität dieser Reben höher ist als im Aqua4D-Feld. Die Rebe A8 hatte ein sehr geringe Traubenanzahl (A8) und die Rebe A20 eine sehr hohe, mit jedoch sehr geringem Einzelgewicht. Die Reben A1 und A2 liegen in einer Zone, welche bei dem Drohnenflug am 7. Juli 2022, d.h. vor Bewässerungsbeginn, durch Aqua4d bereits als «Zone mit reduzierter Vitalität» festgestellt wurde.

**Fazit:** Insgesamt konnte in VF **B** pro Versuchsrebe ein höheres Traubengewicht erreicht werden. Das höhere Erntegewicht ergibt sich u.a. durch den allgemeinen Vitalitätsvorsprung der Reben zu Beginn der Vegetationsperiode. Die Gesamternte der Versuchsflächen vom 27. September 2022 zeigt bezüglich des Gewichts ein ähnliches Bild, d.h. die Versuchsreben waren repräsentativ für ihre jeweiligen Flächen.

## Diskussion

Die Überwachung einzelner Rebstöcke pro Versuchsflächen und die Dokumentatin der phänologischen Entwicklung hat sich als eine interessante Ergänzung zu den Untersuchungen von AQUA4D erwiesen (vgl. Gesamtbericht von AQUA4D/ FUAG/GDE Salgesch, 2022). Die zusätzlichen Ergebnisse geben eine Übersicht über die Grundvoraussetzungen der Flächen und der Rebstöcke vor Beginn der Bewässerung. Daraus ist erkennbar, dass die Startbedingungen der mit technisch aufbereitetem Wasser bewässerten Fläche etwas besser waren. Vergleichbare Schlussfolgerungen konnte ebenfalls auf Basis der Daten von AQUA4D gezogen werden.

Es konnte gezeigt werden, dass in der 1. Saison des Versuches, die um 20 % geringere Wassermenge auf dem mit AQUA4D-Wasser bewässerten Feld keine negativen Auswirkungen auf die phänologischen Parameter der Reben hatte. Die Werte für Wachstum, Oechsle und Erntegewicht sind weiterhin konstant, tendenziell sogar höher als auf dem Referenzfeld ausgefallen. Der einzelne Versuchsrebstock (A10) in der nicht bewässerten Fläche gibt nicht ausreichend Auskunft, um eine Aussage zum nicht-bewässerten Bereich zu treffen.

### 5.3.6 Ernteergebnis

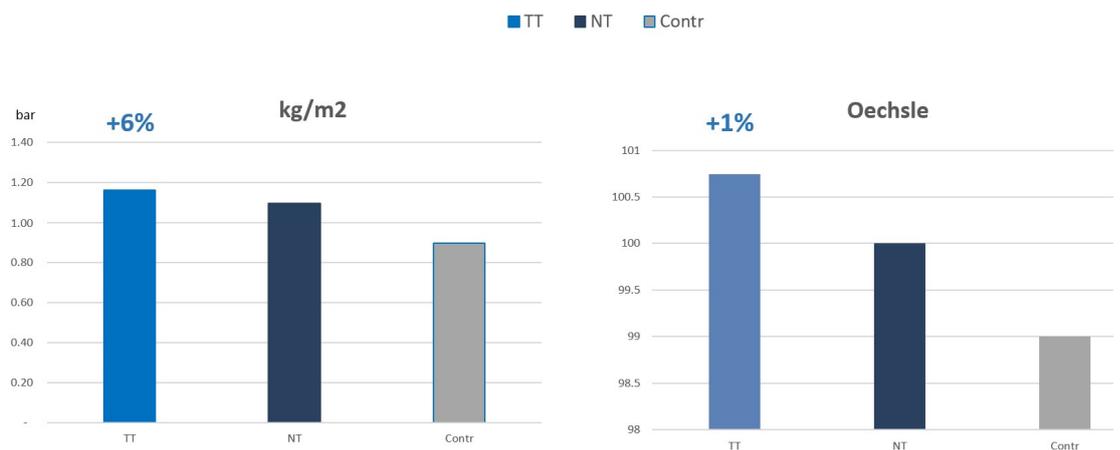
Am 27.09.22 wurden die Felder NT, TT und CT am selben Morgen abgeerntet. Die Ernte wurde von demselben Team der Gemeinde Salgesch auf beiden Seiten in den Sektoren durchgeführt, diese Sektoren wurden von FUAG festgelegt.

Die auf jeder Parzelle (NT, TT und CT) geernteten Trauben wurden separat gewogen. Bei den Parzellen NT und TT wurde der Zuckergehalt (der Grad Oechsle) an vier Rebstöcken gemessen, bei der Parzelle CT an einem einzigen Rebstock. Diese Messungen wurden von der Gemeinde Salgesch durchgeführt.

#### Testparzellen Aqua4D Salgesch

Erntedatum	Parzelle	Fläche	Sorte	Behälternr.	Oechsle	Gewicht abg.	Gewicht/m2
27.09.2022	NT		Pinot Noir	17	102	370	
27.09.2022	NT		Pinot Noir	15	100	366	
27.09.2022	NT		Pinot Noir	6	99	394	
27.09.2022	NT		Pinot Noir	14K	99	143	
		1160				1272	1.10
27.09.2022	nicht bewäss.	160	Pinot Noir		99	143	0.89
27.09.2022	TT		Pinot Noir	1	100	380	
27.09.2022	TT		Pinot Noir	3	103	379	
27.09.2022	TT		Pinot Noir	5	100	388	
28.09.2022	TT		Pinot Noir	20K	100	204	
		1160				1351	1.16

Salgesch, den 27.09.2022/HAG



Die Ergebnisse zeigen eine um 6 % höhere Ernte im Gewicht und 1 % höhere Oechslegrade auf der TT-Seite im Vergleich zur NT-Seite.

## 6 Allgemeine Schlussfolgerungen

---

Ziel des Projekts ist es, das Einsparpotenzial von Bewässerungswasser durch die Wasseraufbereitungstechnologie AQUA4D® unter Verwendung von Resonanzfeldern mit sehr niedrigen Frequenzen zu bewerten.

Die Projektteilnehmer sind sich einig, dass bis Ende 2022 Folgendes bestätigt werden kann:

**Die AQUA4D-Behandlung spart 20% Wasser im Vergleich zu einem Weinberg, der mit einem Tropfbewässerungssystem bewässert wird, und dies bei Pflanzen, die unter mäßigem Wasserstress stehen, sogar mehr als mäßig. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Menge und die Qualität der Ernte mindestens gleich ist.**

Ein Hauptziel des IrriSalgesch-Projekts ist es, den Nachweis zu erbringen, dass das Konzept Tropfbewässerung + AQUA4D® + Monitoring/Automatisierung der Bewässerung auf der gesamten Weinbaufläche des Li-ene-Raspille-Projekts, insgesamt 1.000 ha, Wasser für die Bewässerung einsparen würde.

Forschungsarbeiten und Feldanalysen haben bereits bestätigt, dass ein Ersatz von Beregnungssystemen durch Tröpfchenbewässerungs-Systeme Einsparungen in der Größenordnung von 25% bringen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, die Situation in Echtzeit zu überwachen und die Bewässerungszyklen auf der Grundlage dieser Überwachung zu optimieren, mit automatisierter und fernprogrammierbarer Bewässerung.

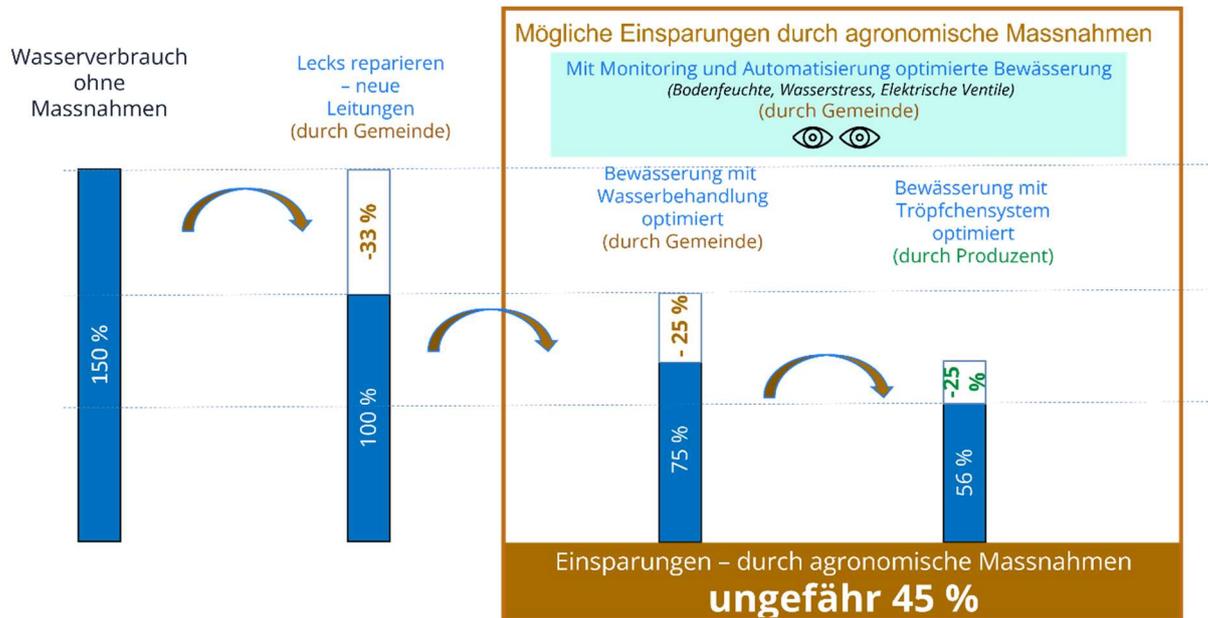
Mit zusätzlichen Einsparungen von 20-30% mit AQUA4D kann man Wassereinsparungen von ca. 45% erreichen, bei mindestens der gleichen Menge und Qualität an Ernten. Die Spezialisten bei AQUA4D gehen aufgrund ihrer Erfahrung davon aus, dass die Einsparungen an dem zweiten Jahr der Bewässerung höher als im ersten Jahr sein werden, da sich die Pflanzen durch die Entwicklung von Haarwurzeln anpassen.

Da die Walliser Weinberge kleinflächig parzelliert sind, können die Überwachung der Bodenfeuchtigkeit und die AQUA4D-Behandlung effizient und wirtschaftlich über das gesamte Bewässerungsnetz einer Gemeinde oder eines Konsortiums durchgeführt werden (im Kontext von bewässerten und parzellierten landwirtschaftlichen Flächen mit Erzeugern, die auf weit voneinander entfernten Flächen arbeiten).

Allerdings wird die Umstellung von Spritz- auf Tropfsysteme natürlich auf der Ebene der Winzer stattfinden, wenn sie ihre alten Systeme ersetzen.

Aus Gründen der Kosteneffizienz schlagen wir auch vor, Sandfilteranlagen auf einer zentralen Ebene zu integrieren. Es ist wichtig, das Wasser, das in Tropfsysteme fließt, gut zu filtern, da Tropfsysteme viel anfälliger für Verstopfungen sind als Sprinkleranlagen. Die Grobfilter, die derzeit auf Parzellenebene installiert sind, reichen für dieses Konzept nicht aus und laufen, wenn es keine vorgeschaltete zentrale Filterung hat, Gefahr, häufig zu verstopfen. Das Ganze würde eine automatisierte und optimierte Bewässerung erleichtern.

## Grössenordnung der möglichen Wassereinsparungen in Massnahmen-Kaskade



### Anmerkung zu dieser Grafik

Dieses Projekt analysiert die möglichen Einsparungen durch agronomische Massnahmen und zielt darauf ab, mit diesen Massnahmen mindestens 40% Wasser einzusparen. So wird die Massnahme "Lecks reparieren - neue Leitungen", die keine agronomische Massnahme ist, auf 150% gesetzt, indem man 33% dieser 150% senkt, kommt man auf 100%.

Durch die Massnahme der zentralen Wasseraufbereitung mit AQUA4D werden diese 100% auf 75% reduziert. Durch die anschließende Integration von Tröpfchenbewässerung werden die 75% um weitere 25% gesenkt (25% von 75% = 19%). Die agronomischen Massnahmen führen zu Wassereinsparungen von 25% plus 19% = 44% (ca. 45%).

## 7 Literaturhinweise

---

- AQUA4D, RDA-DOC-01-001-08-EN\_Scientific Studies Index
- AQUA4D, TSP-20-003-DOC-001-00-FR\_Aqua4D Résultats Economie d'eau.
- AQUA4D, Vegetal Signals - Protocole de suivi du statut hydrique
- AQUA4D, PRÉSENTATION DE LA TECHNOLOGIE AQUA4D® ET SES AVANTAGES
- Bonriposi, M. (2013): Analyse systématique et prospective des usages de l'eau dans la région de Crans-Montana-Sierre.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012): Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro).
- Fuhrer, Agroscope (2012): Bewässerungsbedarf und Wasserdargebot unter heutigen und künftigen Klimabedingungen.
- Huss M., Voinesco, Hölzle, M. (2013): Implications of climate change on Glacier de la Plaine Morte, Switzerland
- Kanton Wallis (2013): Wasserstrategie des Kantons Wallis – Schlussbericht
- Kauzlaric, M., Schädler, B. (2015): A physically based hydrological framework to assess the effects of climate change in a data sparse alpine environment
- Rey, Y., 2010: Nouveau Concept de gestion des eaux de la région de Crans-Montana
- Rey, Y., 2015: Lienne-Raspille, Projet Régional de gestion des eaux.
- Weingartner R., et al. (2014): Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel, Forschungsbericht NFP-61
- Thut W, et al. (2016): Zur Bedeutung von Mehrzweckspeichern in der Schweiz, Wasser Energie Luft, 2016, Heft 3
- Moussa, M., Hallaire V., Micho, D., Hachicha M. (2020), Micro- and macrostructure changes of soil under irrigation with EM treated water, Soil & Tillage Research 203
- Marei A. and Rhdaydeh D., WERL, Karajeh D., USAID, Abu-Khalaf N., TARC (2014), Effect of using electromagnetic brackish water on irrigated bell pepper crops, Journal of Agricultural Science and Technology
- Trabelsi, M., ICA Iber Carthago Agro(2015), Effect of AQUA4D irrigated saline water on quality and yield of vineyards with salt saturated soil
- Gooraho, D., Cochran C., International Center for Water Technology, CA, USA (2018), to determine if Aqua4d water treatment increases leaching of salts from soil compared to a control
- Frago, E., Fernandes, A., Da Silva, G., Rodrigues Xavier, A., Universidade Federal Uberlandia, Brazil (2018), Effect of Aqua4D on Coffee crops
- Bsaieleh, M., Marei, a., Werl, Karajeh, D., USAID (2016), The effects of using electromagnetic treated brackish water in irrigation on yield medical herbs, International Journal of Environmental & Agricultural Research
- Ortuani, B., Facci, A., Mayer, A., Bianchi, D., Bianchi, A., Brancadoro, I., (2019), Assessing the Effectiveness of Variable-Rate Drip Irrigation on Water Use Efficiency in a Vineyard in Northern Italy, [www.mdpi.com/journal/water](http://www.mdpi.com/journal/water)
- Cuykendall, C., White, G., Shaffer, B., Lakso, A., Dunst, R., Department of Agricultural, Resource and Managerial Economics, Cornell University (1999), Economics of Drip Irrigation for Juice Grape Vineyards in the State of New York
- Interprofession du vin et de la vigne, Service de l'agriculture du Canton du Valais, Etude géopédologique des vignobles de Salgesch, Varen, Leuk, Agarn

## 8 Anhänge

---

*Anhang 1 – Bericht FUAG - Feldversuch Rebenwicklung mit AQUA4D, Projekt IRRISALGESCH, Standbericht Versuchsbegleitung (Fokus Phänologie), Visp, November 2022 (separates Dokument)*

Anhang 2 – Wasserverbrauch Rebbewässerung

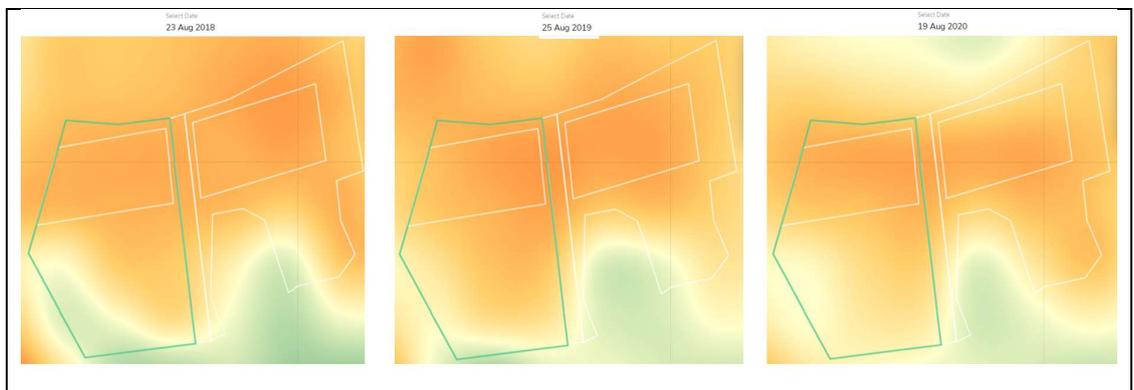
**Wasserverbrauch Rebbewässerung 2022**

Category	DM101 - Wasserfassung Klosterli	DM103 - Ausgang Klosterli Richtung Brinju	DM201 - Ausgang Brinju Reservoir Richtung Ost	DM202 - Ausgang Brinju Reservoir Richtung West	DM251 - Kammer Varen
	m3	m3	m3	m3	m3
1.2022	48'505	0	33	33	0
2.2022	709	0	9	9	0
3.2022	3'589	0	0	0	0
4.2022	226'361	248'521	11'357	17'554	0
5.2022	302'852	321'903	25'299	35'108	0
6.2022	323'394	419'356	66'629	79'537	295
7.2022	133'240	124'642	30'166	23'530	9'218
8.2022	139'726	21'602	3'091	3'636	17'885
9.2022	42'814	13'208	4'493	6'531	22'686
10.2022	242'013	96'297	10'974	16'092	59
11.2022	242'973	0	1	1	0
12.2022	0	0	0	0	0
	1'706'176	1'245'529	152'052	182'031	50'143
					m3
			<b>Wasserverbrauch</b>	<b>2022</b>	<b>384'226</b>

Salgesch, den 22.11.2022/HAG

### Anhang 3 – Aerobotics - Auswahl der Versuchsfelder

Die Plattform der Firma Aerobotics bietet historische Satellitenbilder, die die Bodenfeuchtigkeit und die Vitalität der Pflanzen mit NDVI-Messungen (Gesundheit, Chlorophyll) sowie die Feuchtigkeit auf Bodenebene zeigen. Die Analyse dieser Bilder ergab, dass die unteren (südlichen) Teile der beiden Felder NT und TT deutlich andere Bedingungen für die vegetative Entwicklung aufwiesen als die oberen (nördlichen) Teile. Der untere Teil des Feldes NT ist die meiste Zeit sehr feucht, die Betreiber sagten, dass sich an dieser Stelle ein unterirdischer Wasserlauf befindet. Im Jahr 2021, einem Jahr mit viel Regen, hatte dieser Teil des Weinbergs Pflanzen, die an der Wurzel ersticken. Im oberen Teil hingegen konnten anhand der Satellitenbilder auf den Parzellen NT und TT 2 "Unterparzellen" mit der Bezeichnung "identical sunlight" (siehe "Versuchsfelder" in Kap.4.2), mit identischem Verhalten und identischer Sonneneinstrahlung) identifiziert werden.

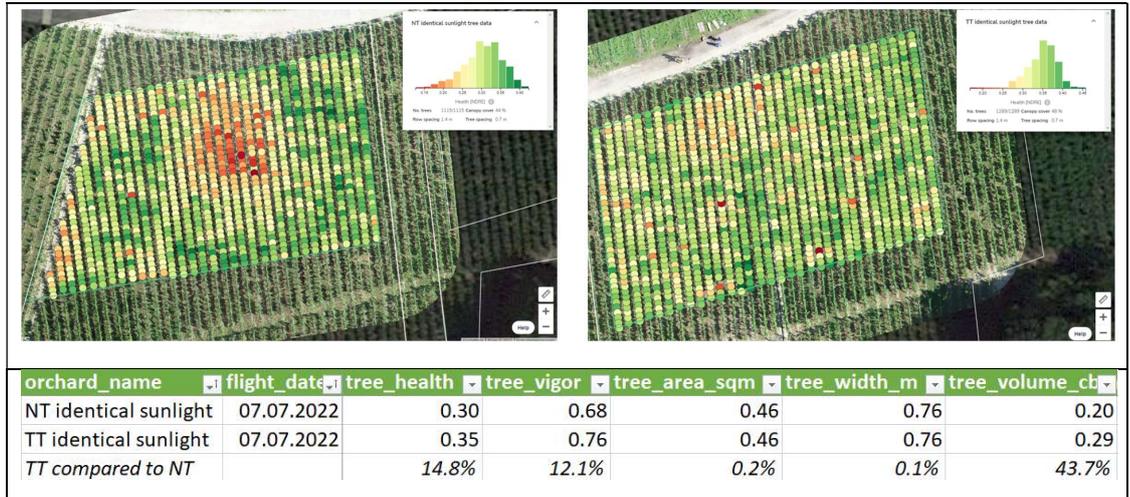


### Analyse der während des ersten Drohnenflugs gesammelten Daten

Der erste Drohnenflug fand am 07.07.22 statt, vor der ersten Bewässerung. Nach diesem Flug waren die verarbeiteten und analysierten Daten auf der Aerobotics-Plattform verfügbar, wodurch der Anfangszustand der Reben detailliert erfasst werden konnte.

Es wurde bestätigt, dass die unteren (südlichen) Teile der beiden Parzellen NT und TT nicht vergleichbar waren. Dank der genauen Daten wurde erkannt, dass in der Weinberggruppe "NT identical sunlight" ein kreisrunde Gruppe von Rebstöcke einen schlechteren Gesundheitszustand und eine schlechtere Vitalität im Vergleich zu den umliegenden Rebstöcken hatten (unten, ein roter Kreis von Rebstöcken, was eine niedrige NDRE bedeutet). Dies war auf den Satellitenbildern nicht sichtbar. Das FUAG-Projekt zur phänologischen Analyse von Weinreben hatte 10 Weinreben aus den beiden Feldern NT und TT ausgewählt. Diese Reben wurden vor der vegetativen Phase ausgewählt, und ihre Wahl fiel auch auf einige Reben in diesem kleinen, schwächeren Feld.

Die numerische Analyse zeigt diesen Unterschied aufgrund dieses Bereichs auch deutlich.

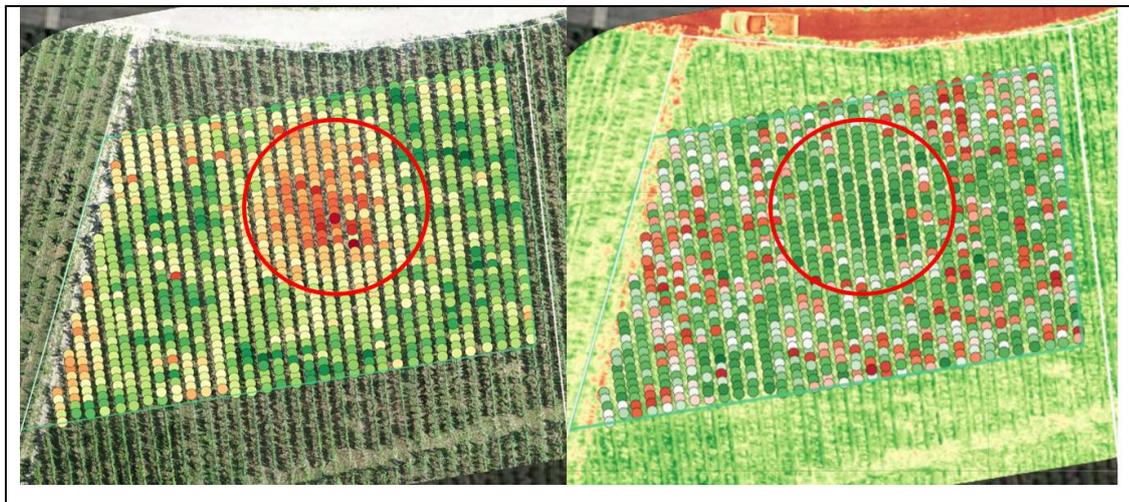


Um noch ähnlichere Gruppen von Reben zu erhalten, wurden die Gruppen "NT center above", "TT center above" gewählt. Die numerische Analyse zeigt, dass die TT-Werte für diese Gruppen etwas niedriger waren als die NT-Werte, aber beide sehr ähnlich in Gesundheit und Volumen.



Entwicklung der Gruppe "identical sunlight NT" aufgrund der nach dem ersten Flug festgestellten Situation.

Der Vergleich zwischen den beiden "identical sunlight"-Gruppen NT und TT, die vor dem ersten Drohnenflug ausgewählt wurden, wurde durch diese Gruppe von Reben auf der NT-Seite beeinflusst, deren Gesundheitszustand zu Beginn des Experiments schlechter war. Der 2. Drohnenflug zeigte, dass diese Rebstöcke im Vergleich zu den anderen Rebstöcken in Gesundheit und Volumen aufholten.



*Links: NDRE-Situation am 07.07.22. Rechts: die Entwicklung des NDRE bis zum 29.08.22.*

Die Pflanzen im roten Kreis, die sich in schlechter Gesundheit befanden, haben im Vergleich zum Rest aufgeholt.