

Bachelorarbeit - Hauptvortrag

Der Einfluss der Unterstockvegetation auf das Rebenwachstum in Weinbergen


Quantifizierung durch UAV-basierte Fotoaufnahmen
am Beispiel des Wawerner Jesuitenbergs

Nikolaos Kolaxidis

Betreuer: Herr Dr. K.M. Seeger

Universität Trier

19.01.2021

- Projekt:  **DIVERFARMING**
 - EU-weit, gefördert von EU und Schweiz
 - Zielsetzung:
 - Kombination von **lukrativer** und **ökologischer Nachhaltigkeit** im Agrarsektor
 - Neue Arten der Landwirtschaft und **Diversifikation**
- Lehrforschungsprojekt 2018 bis heute im ökologisch bewirtschafteten Wawerner Jesuitenberg des Weinguts Dr. Frey

Übersichtskarte Wawerner Jesuitenberg

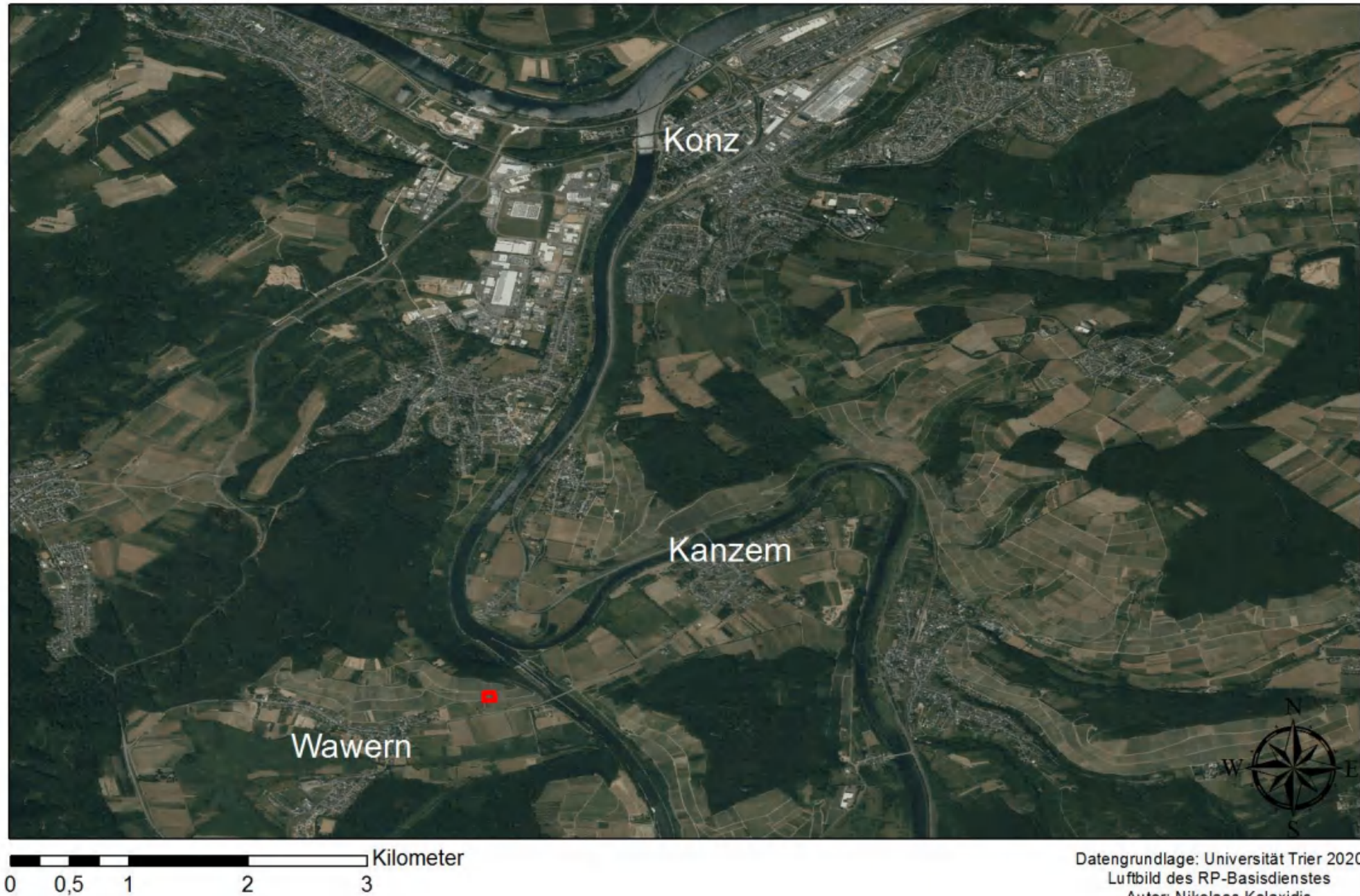


Abb. 1: Plot Übersicht 1 (eigene Darstellung)

Übersichtskarte Wawerner Jesuitenberg




Abb. 2: Plot Übersicht 2 (eigene Darstellung)

Übersichtskarte Wawerner Jesuitenberg



Abb. 3: Plot Übersicht 3 (eigene Darstellung)

Lehrforschungsprojekt 2018

- Projekt:  **DIVERFARMING**
 - Zielsetzung: Kombination von **lukrativer** und **ökologischer** Nachhaltigkeit im Agrarsektor durch neue Arten der Landwirtschaft und **Diversifikation**
- Lehrforschungsprojekt 2018 bis heute - **Idee:**
 - Pflanzen von Kräutern im **Unterstockbereich** (Oregano, Thymian, Eisenkraut/gr. Bergtee)

Messungsplan LfP 2018/19

- ✱ Bodenproben (Lagerungsdichte)
- Bonituren
- Guelph-Permeameter
- ★ Kleinberegnungsanlage
- SingleRing-Infiltrrometer
- ◆ Tensionsinfiltrrometer
- Fangkästen
- + Feuchtesensor 1-6
- + Feuchtesensor EM50
- ✕ Klimastation
- Lachgaszylinder
- 01-51 - Zeilencode

0 5 10 20 30 40 Meters

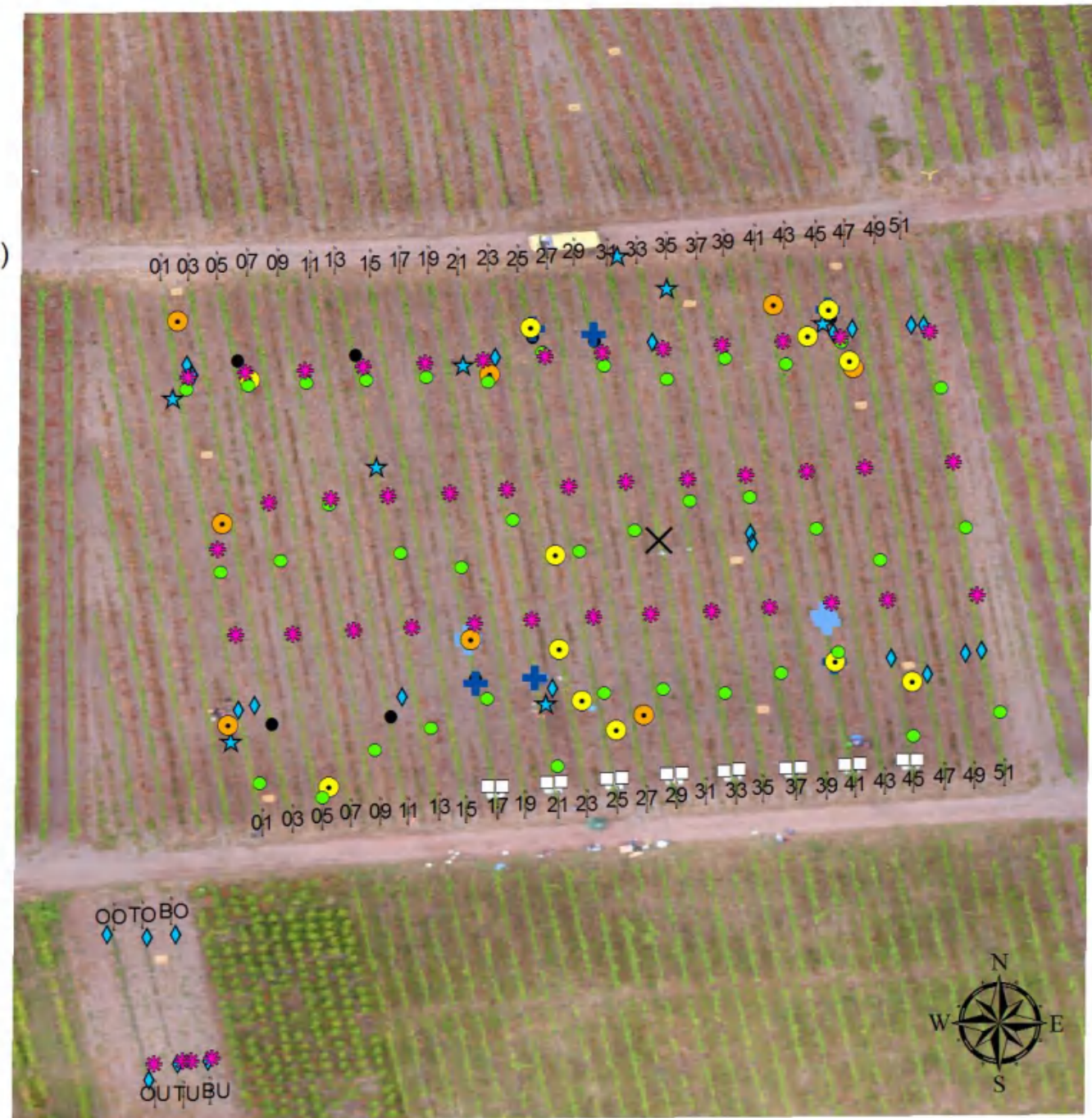


Abb. 4: Messübersicht (LfP 2018/19)

Drohne

- DJI Black Snapper (Bau-Kit)
- DJI Zenmuse X5
 - 16 MP
 - 72 dpi
 - 4608 x 3456 px



Abb. 6: DJI Zenmuse X5 (DJI 2021)



Abb. 5: DJI Black Snapper (Seeger 2018)

Photogrammetrie

- Stereoskopisches Sehen
- Bewusstsein für Tiefe
- Genaues Einschätzen der Entfernung
- „3D-Sehen“

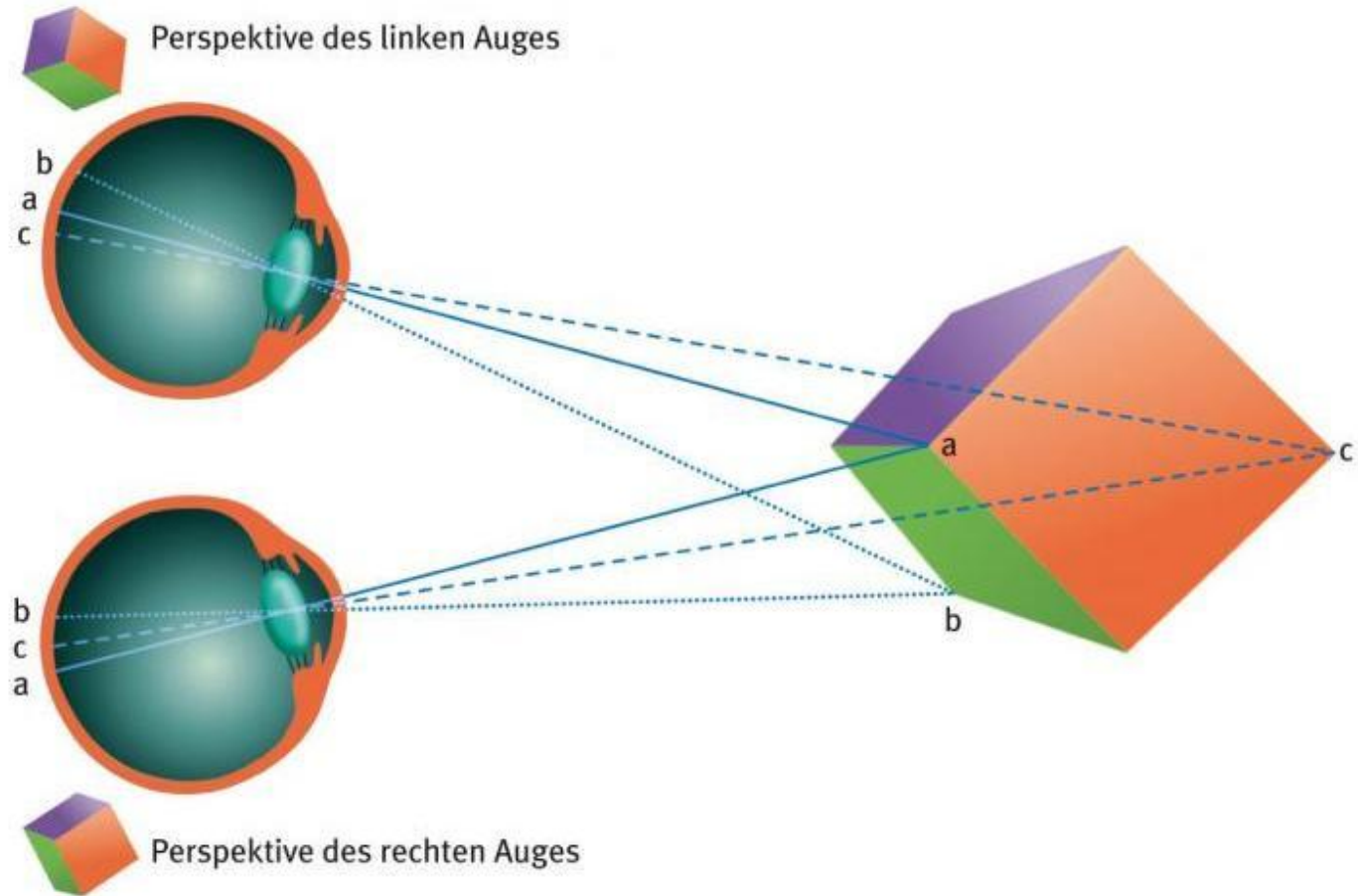


Abb. 7: Stereoskopisches Sehen (verändert nach Wissen 2021)

Photogrammetrie

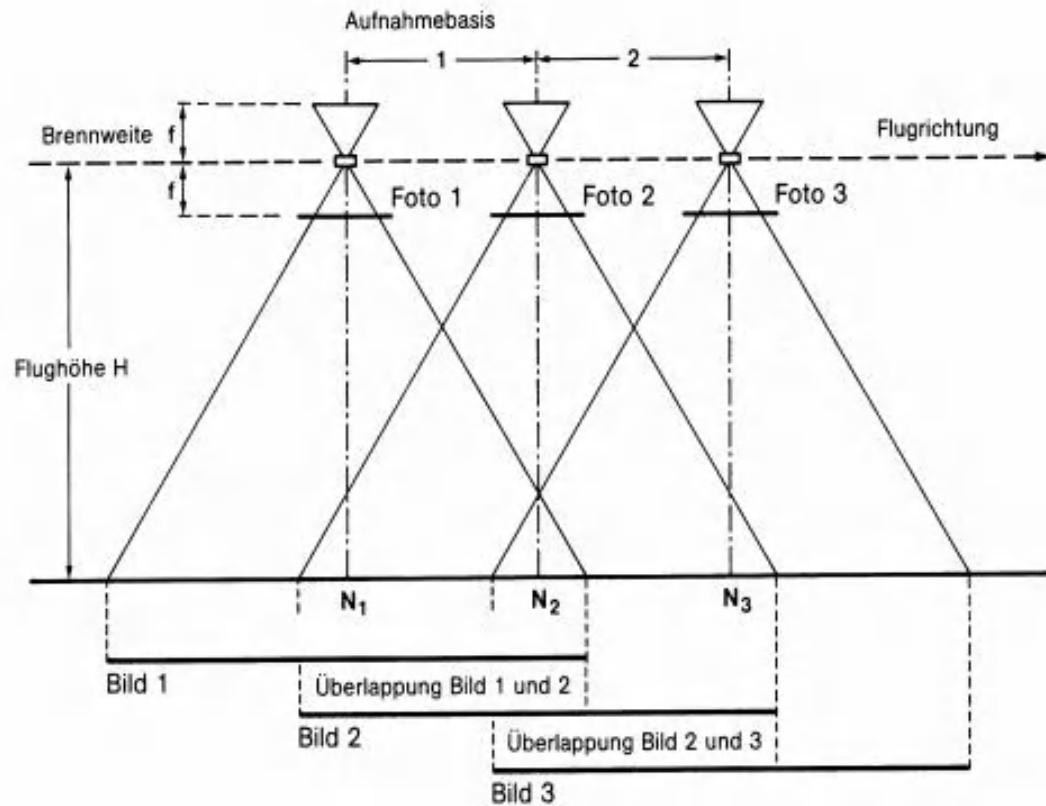


Abb. 8: Bildüberdeckung Seitenansicht (Hill 2015)

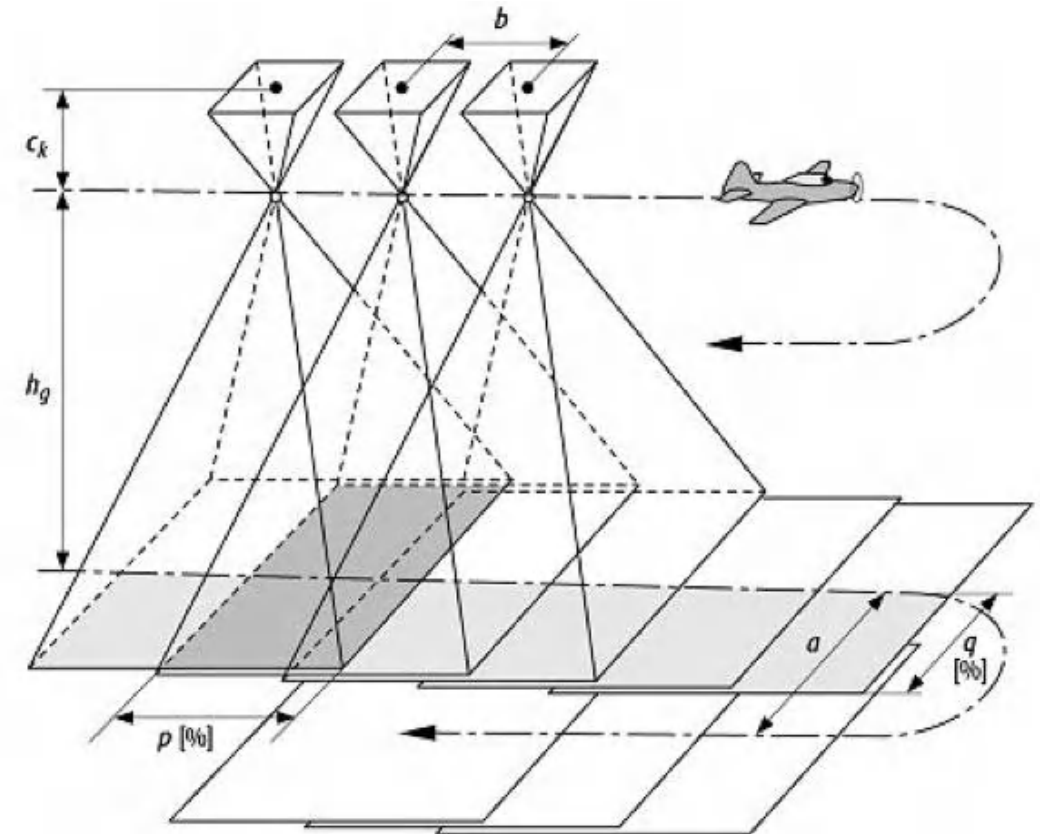


Abb. 9: Bildüberdeckung (verändert nach Spektrum 2000)

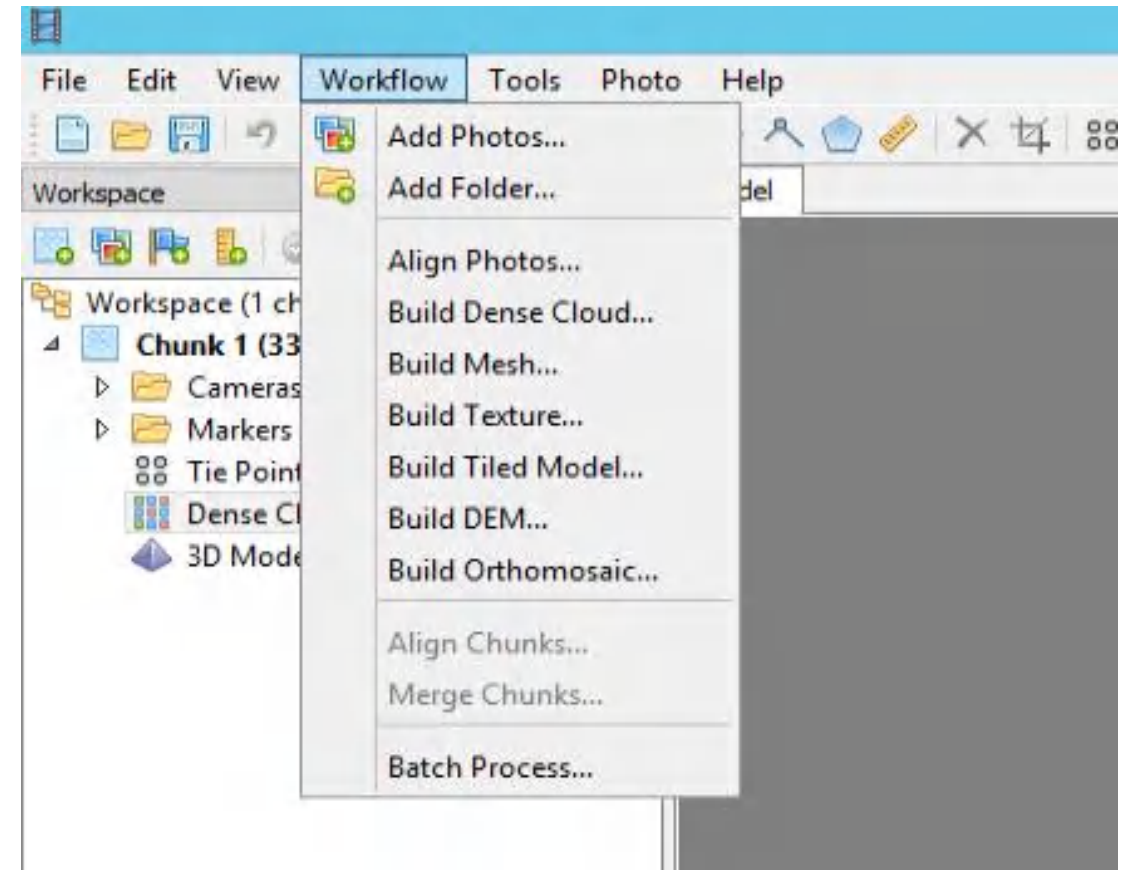
- ? Kann mit UAV-basierten Aufnahmen bewiesen werden, dass verschiedene Kräuter einen unterschiedlichen Einfluss auf das Rebenwachstum ausüben?

Was wird benötigt?

- Drohnenfotos des Weinberges über einen Zeitraum
 - Orthomosaik der Reben
 - Orthomosaik des Unterstockbereiches
- Software
 - Structure from Motion (SfM) - Agisoft Photoscan
 - Geoinformationssystem (GIS) - ArcGIS
 - Tabellenkalkulation - MS Excel
 - Statistik-Programm - SPSS Statistics

- ? Kann mit UAV-basierten Aufnahmen bewiesen werden, dass verschiedene Kräuter einen unterschiedlichen Einfluss auf das Rebenwachstum ausüben?
- 1. Kann mithilfe vorliegender Drohnenfotos die Unterstockvegetation quantifiziert werden?
- 2. Können in einem multispektralen Orthomosaik Muster erkannt werden, die auf einen Einfluss der Unterstockvegetation auf das Rebenwachstum schließen?

1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren
6. 3D-Modell berechnen
7. DEM/Orthomosaik erstellen



1. Gütebestimmung Drohnenvideos



Abb. 11: Drohnenvideo 1 (LFP 2018/19)

1. Gütebestimmung Drohnenvideos



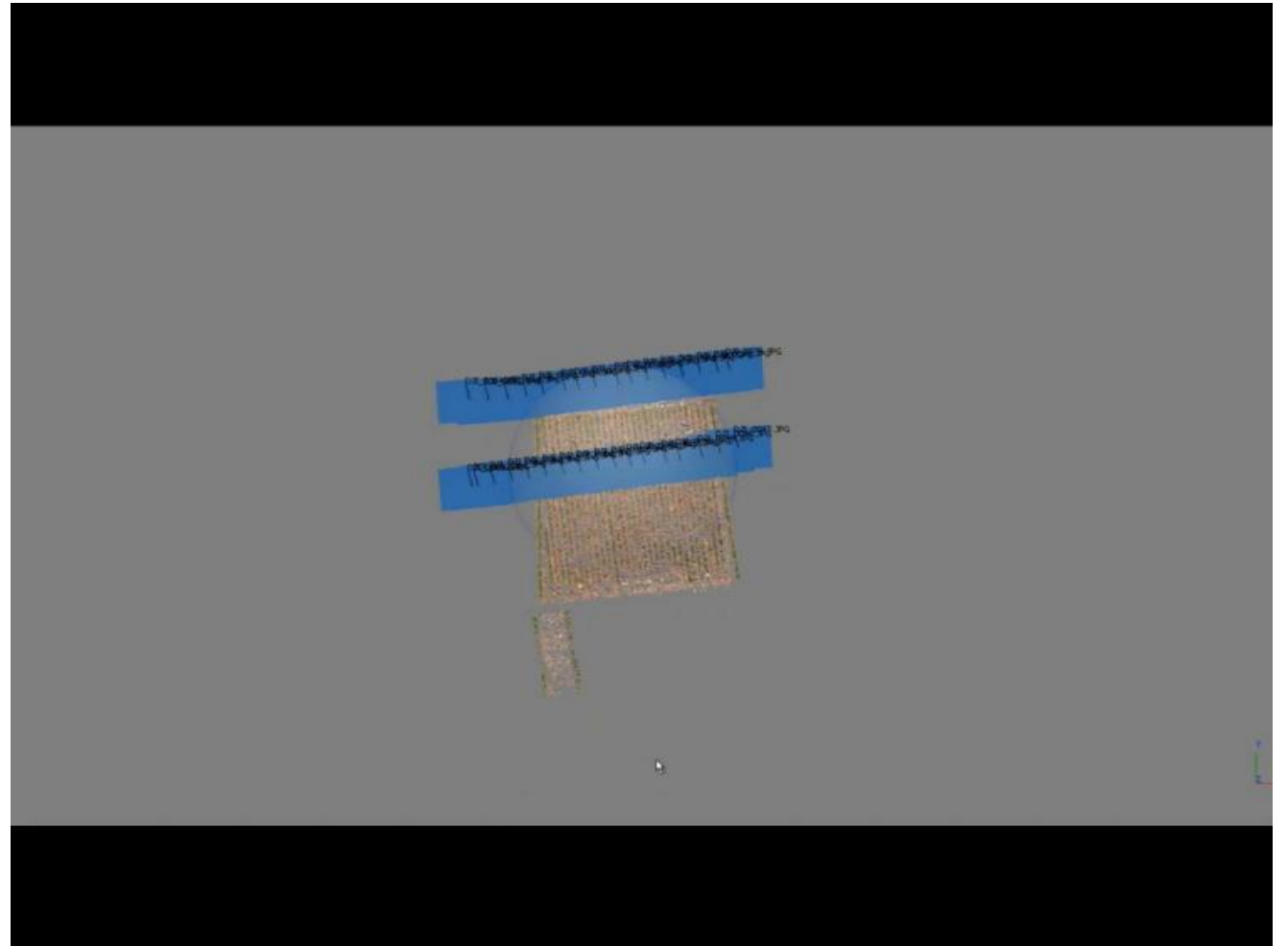
Abb. 12: Drohnenvideo 2 (LFP 2018/19)

1. Gütebestimmung Drohnenvideos



Abb. 12: Drohnenvideo 3 (LFP 2018/19)

1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten



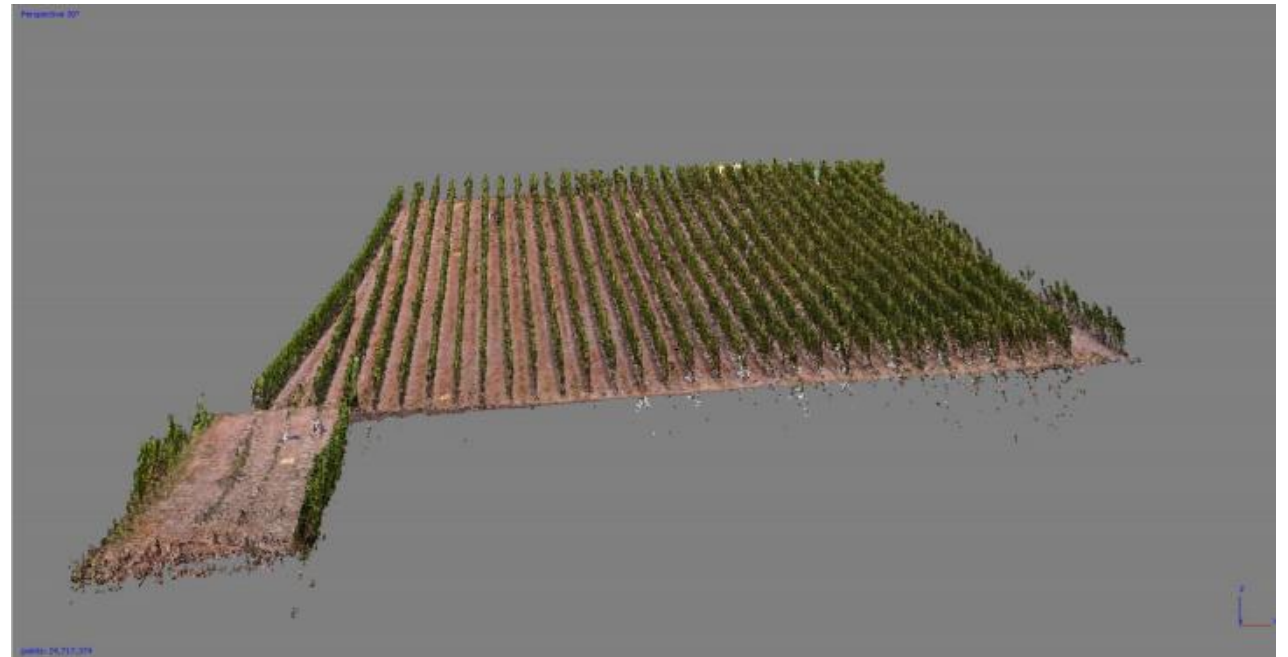
1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung



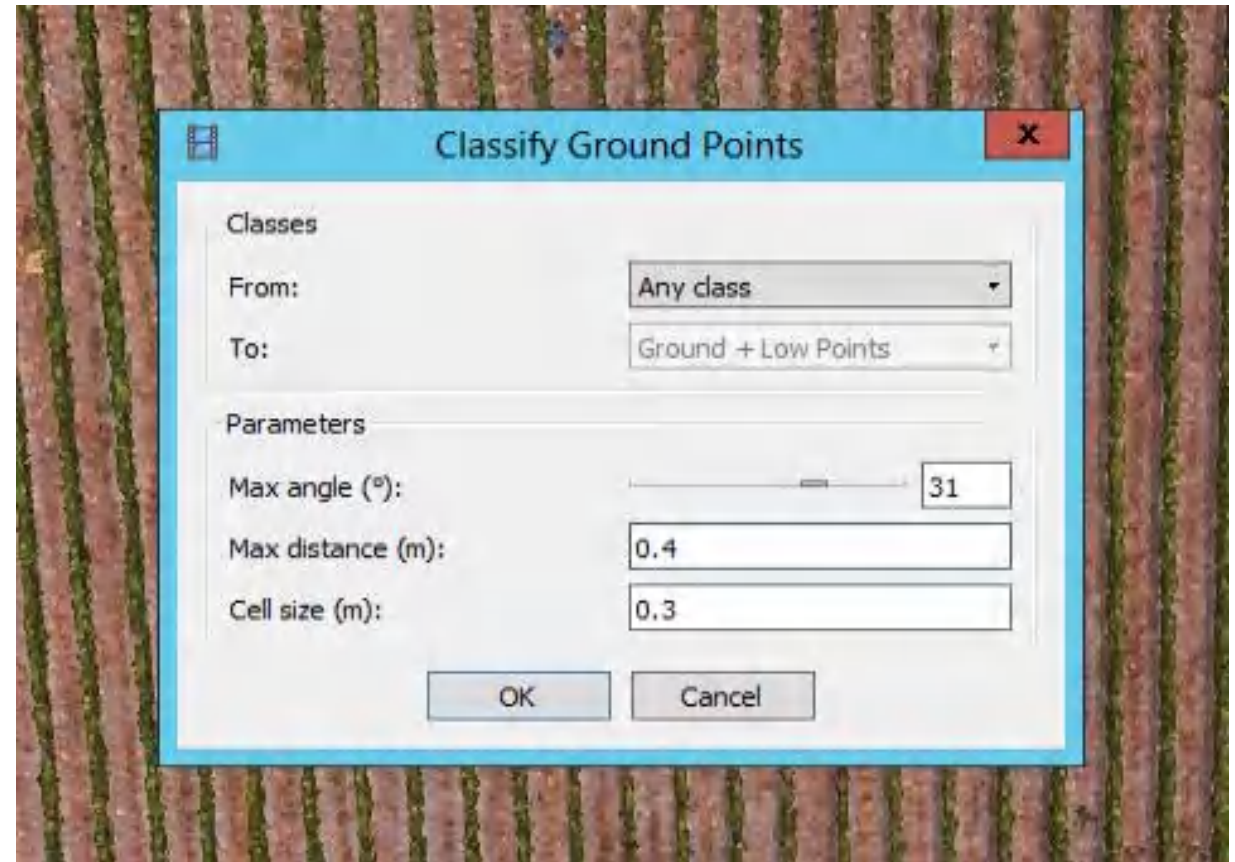
1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen



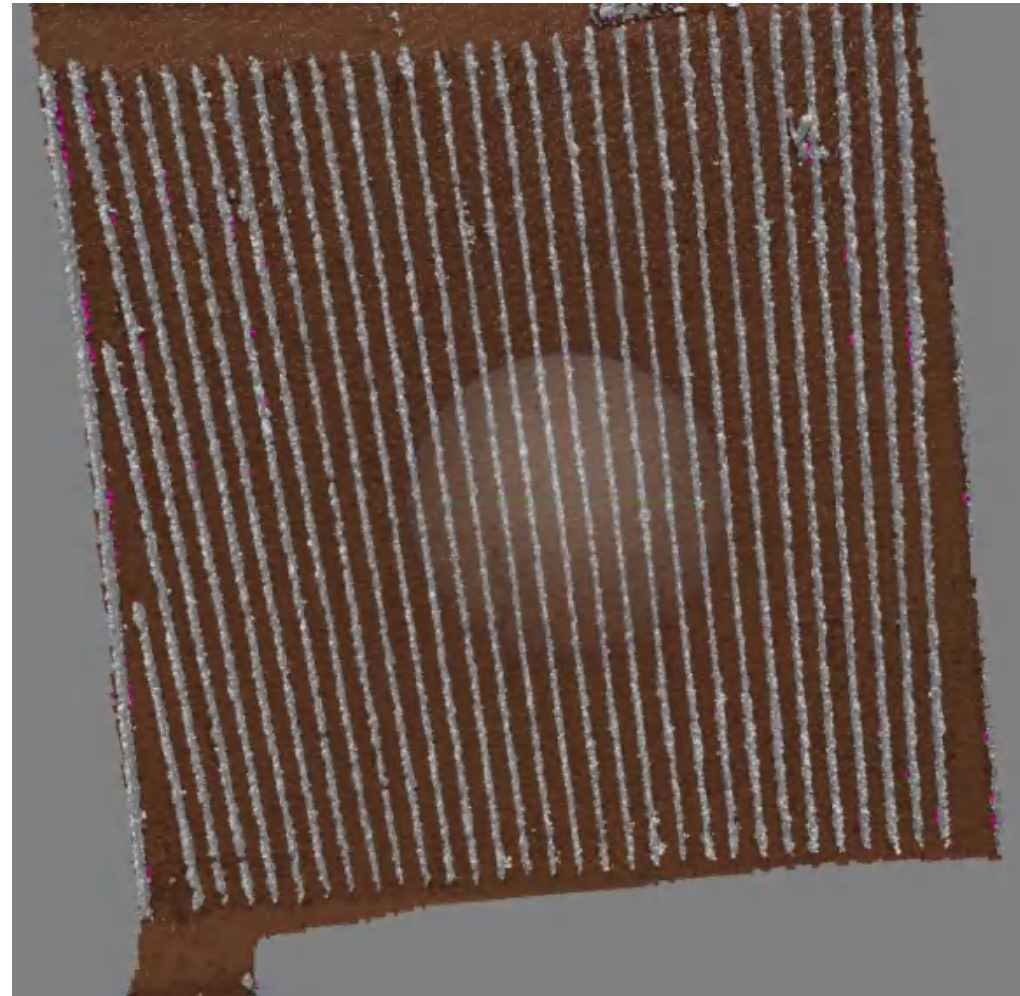
1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen



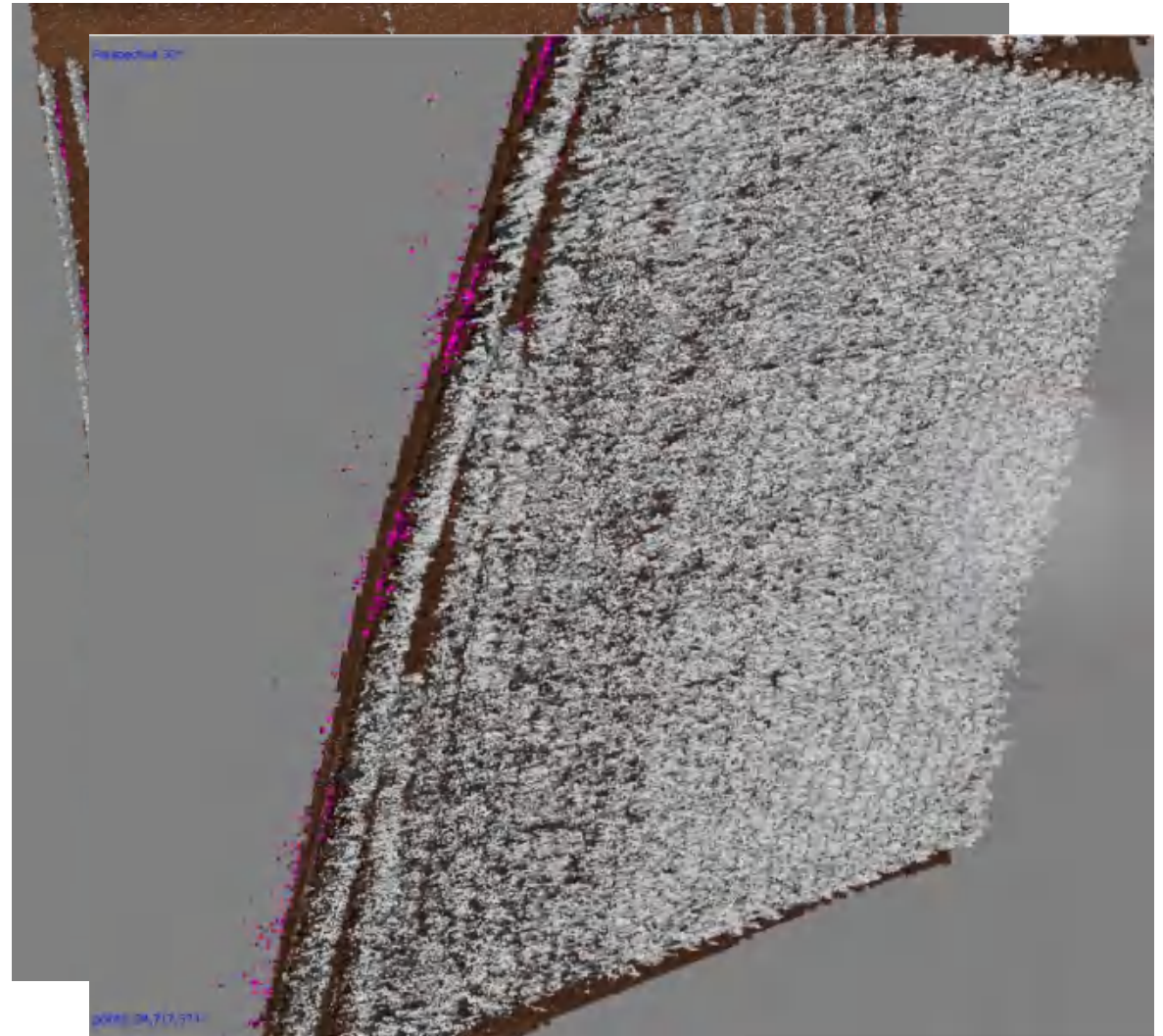
1. Gütebestimmung Drohnenvideos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren



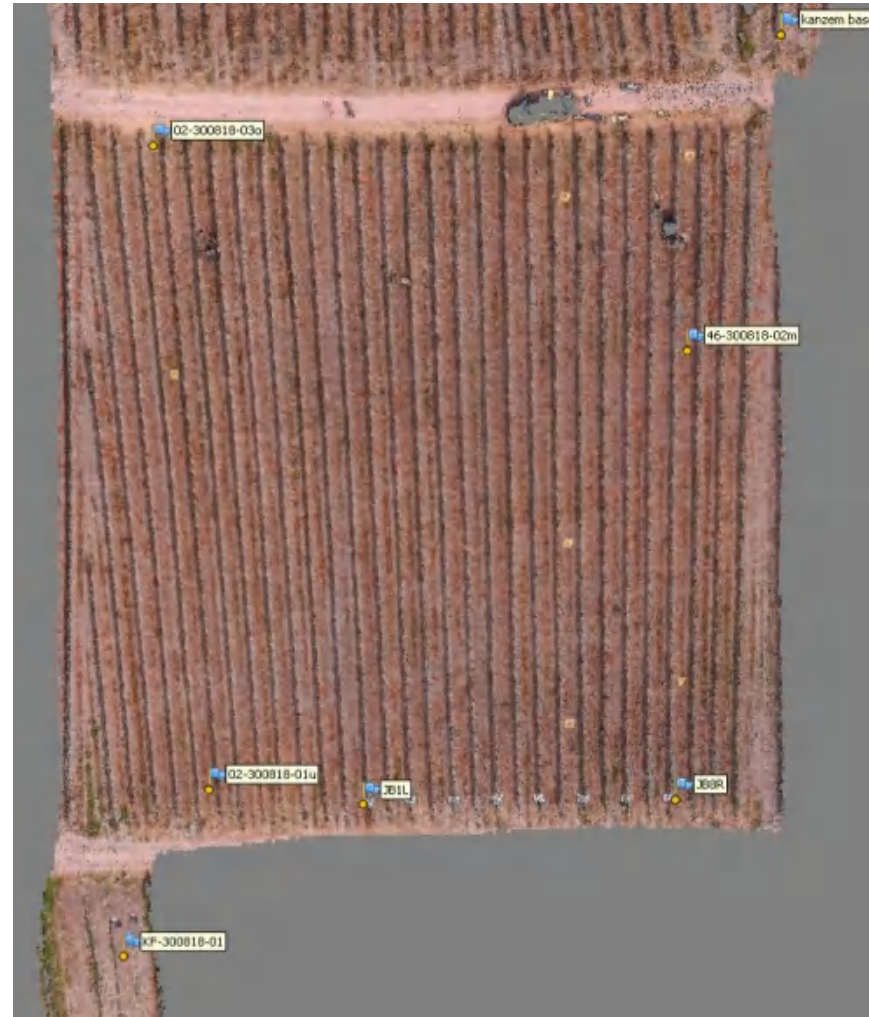
1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren



1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren



1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren
6. Mesh (3D-Modell) berechnen



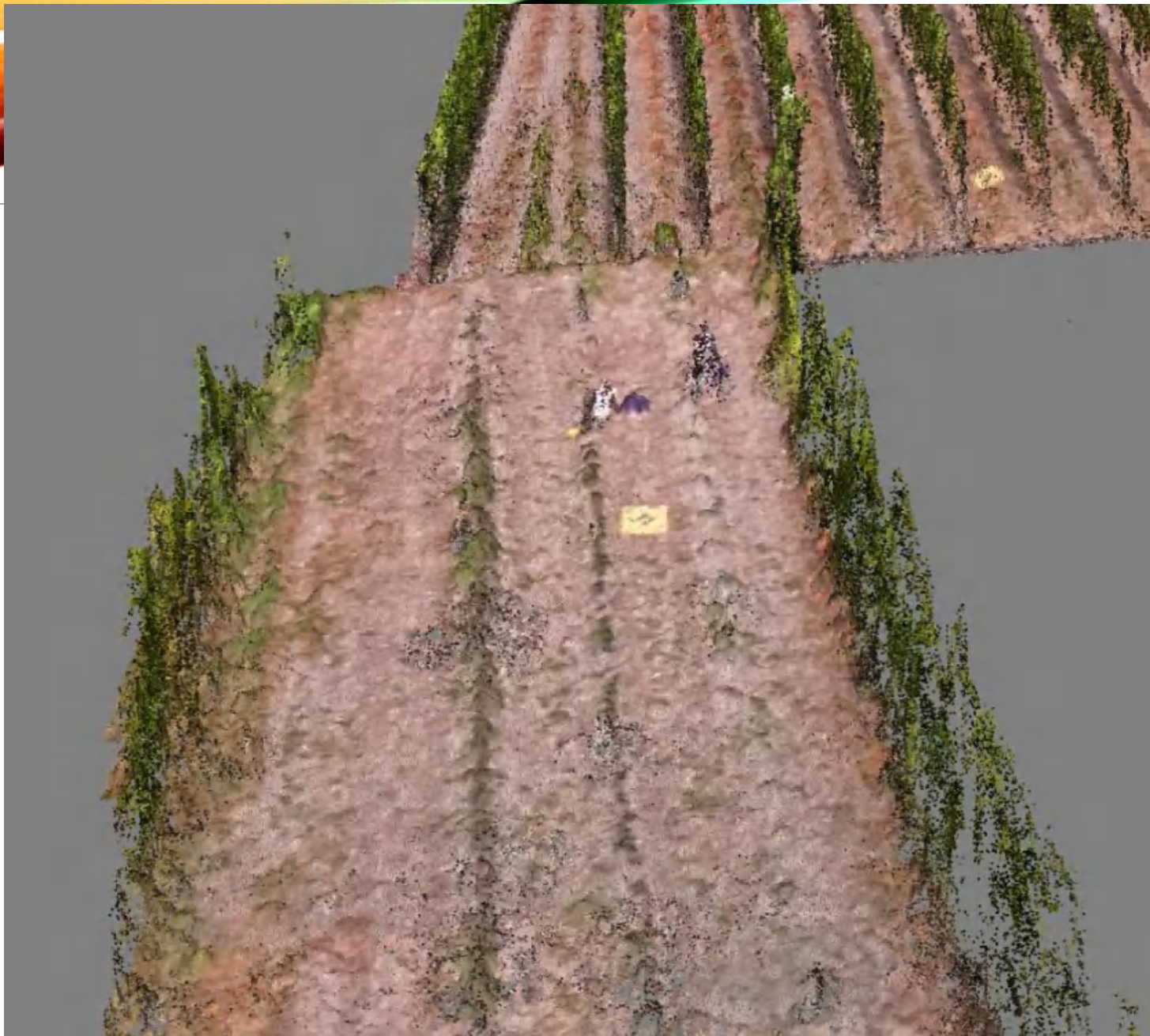
1. Gütebestimmung Drohnensfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren
6. Mesh (3D-Modell) berechnen



Methodik



Methodik



1. Gütebestimmung Drohnenfotos
2. Fotos ausrichten
3. Georeferenzierung
4. Dichte Punktwolke erstellen
5. Klassifizieren
6. 3D-Modell berechnen
7. DEM/Orthomosaik erstellen



- Orthomosaikerstellung per SfM mit Stellschrauben, weitere Modelle
- Zuschneiden der Fotos
 - Programm bekommt zu wenig Daten
- Dichte Punktwolke mit Höhendaten exportieren → im GIS „cutten“
 - kein Orthomosaik mehr möglich (Rasterdaten → Vektordaten)
- 3D point cloud and mesh processing software - Cloud Compare/Meshlab
 - Probleme mit Koordinaten
 - Exportierte Datei kann nicht in SfM zurück

? Kann mithilfe vorliegender Drohnenfotos die Unterstockvegetation quantifiziert werden?

! Nein, das ist mit diesen Fotos und diesen probierten Methoden nicht möglich.

- Mögliche Gründe:

- Auflösung zu gering, Kräuter nicht gut genug entwickelt
- Keine Frequenzanalysen möglich (nicht multispektral)
- Methode (Werte) nicht optimiert → keine vergleichbare Literatur

➤ Keine Verifizierung, ob es schlichtweg nicht möglich ist

- ? Kann mit UAV-basierten Aufnahmen bewiesen werden, dass verschiedene Kräuter einen unterschiedlichen Einfluss auf das Rebenwachstum ausüben?
- 1. Kann mithilfe vorliegender Drohnenfotos die Unterstockvegetation quantifiziert werden?
- 2. Können in einem multispektralen Orthomosaik Muster erkannt werden, die auf einen Einfluss der Unterstockvegetation auf das Rebenwachstum schließen?

Drohne von Geocoptix

- DJI Phantom 4 Pro v2.0
- Micasense RedEdge-M



Abb. 13: DJI Phantom 4 Pro v2.0 (Geocoptix 2020)

Band Nr.	Band Name	Zentrale Wellenlänge
1	Blau	475 nm
2	Grün	560 nm
3	Rot	668 nm
4	Red Edge	717 nm
5	Nahes Infrarot	840 nm

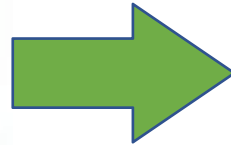


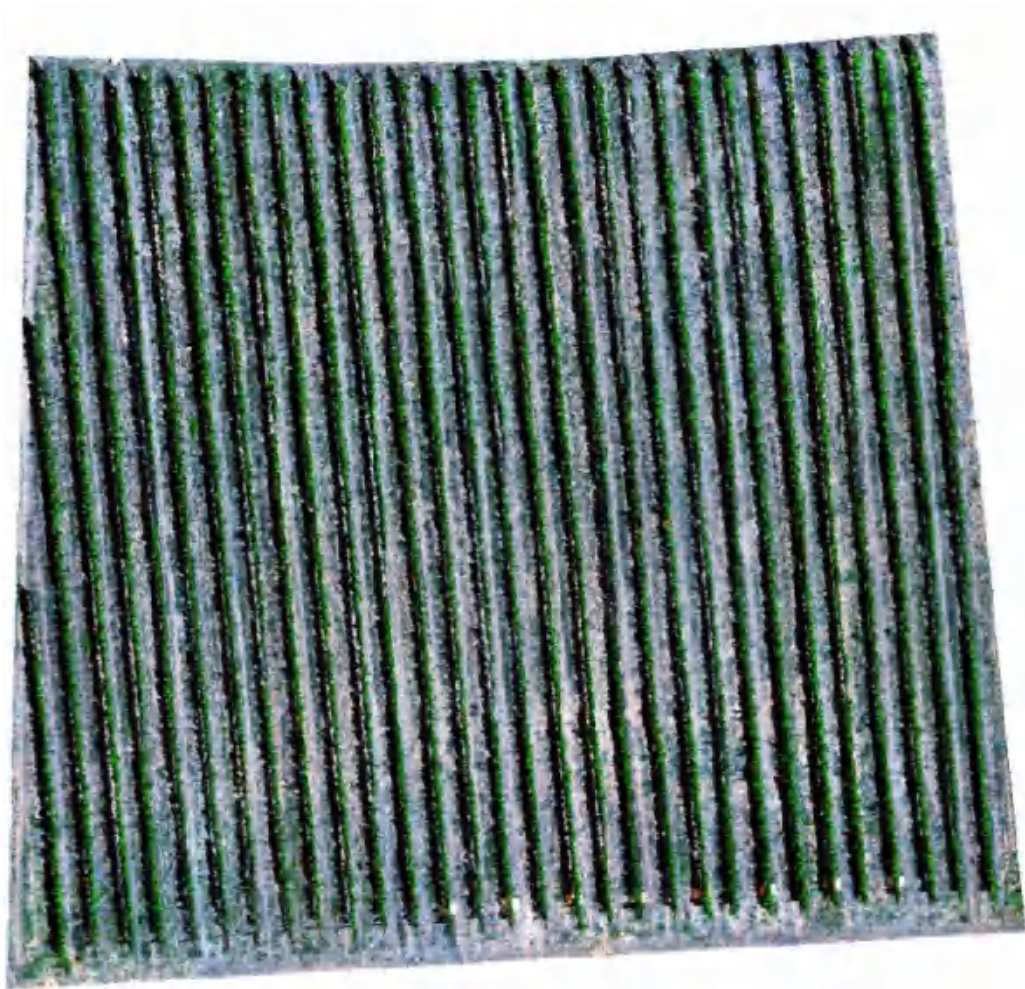
Abb. 14: Micasense RedEdge-M (Geocoptix 2020)

Methodik - Vorbereitungen

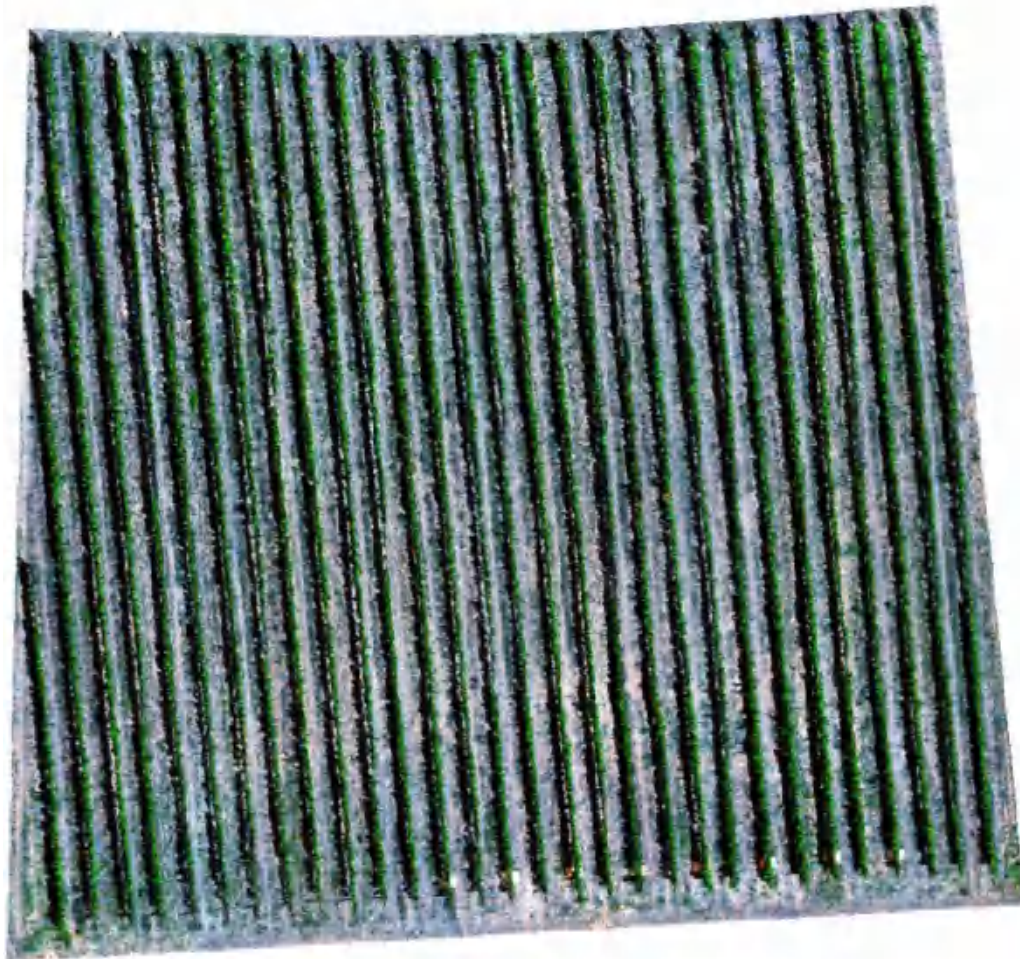


Abb. 15: Orthomosaik (Geocoptix 2020)





1. NDVI des Weinberges berechnen



1. NDVI des Weinberges berechnen

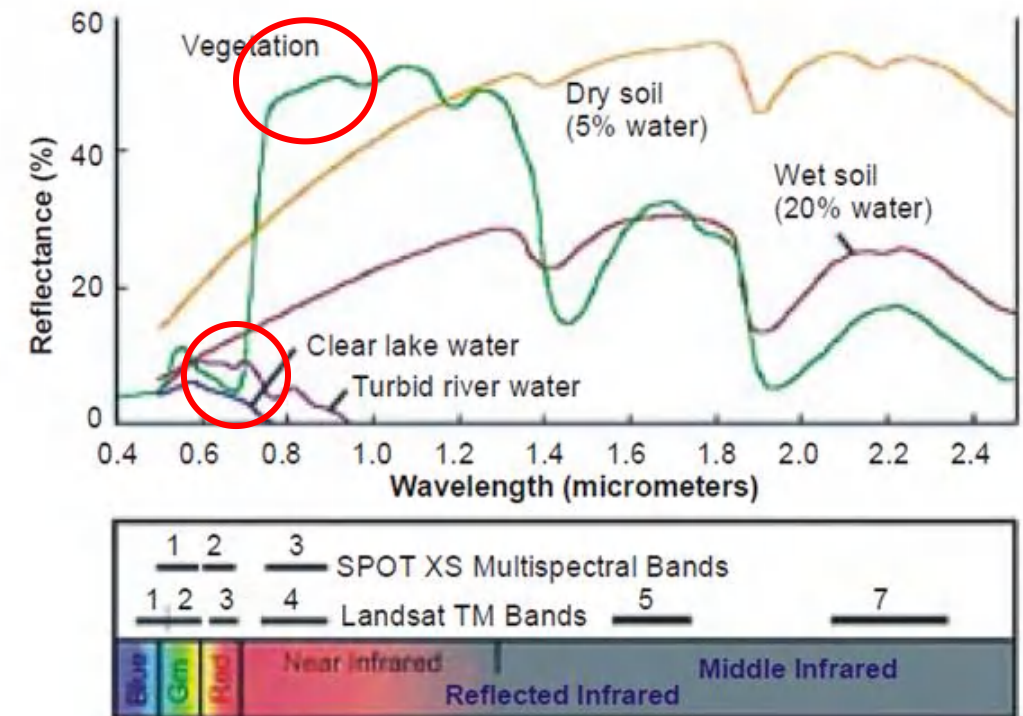
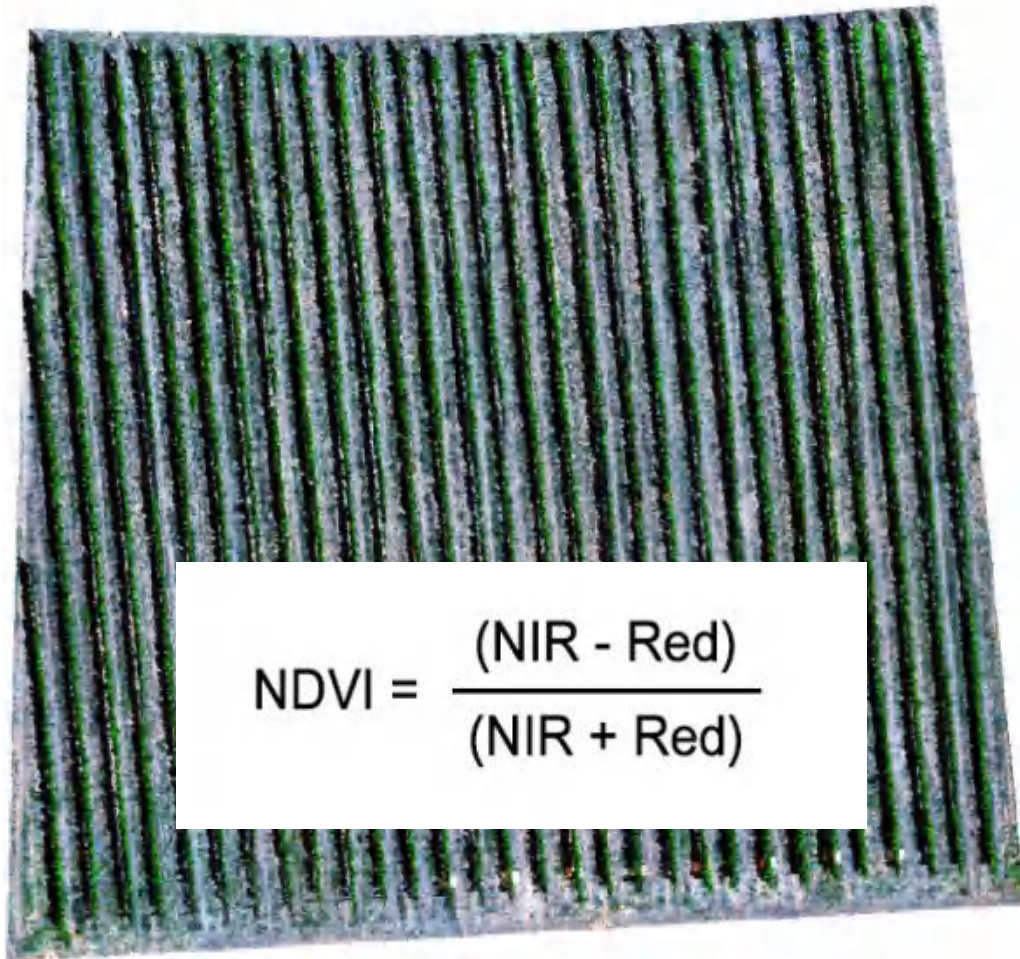


Abb. 16: Spectral reflectance (Mkansi 2017)



1. NDVI des Weinberges berechnen

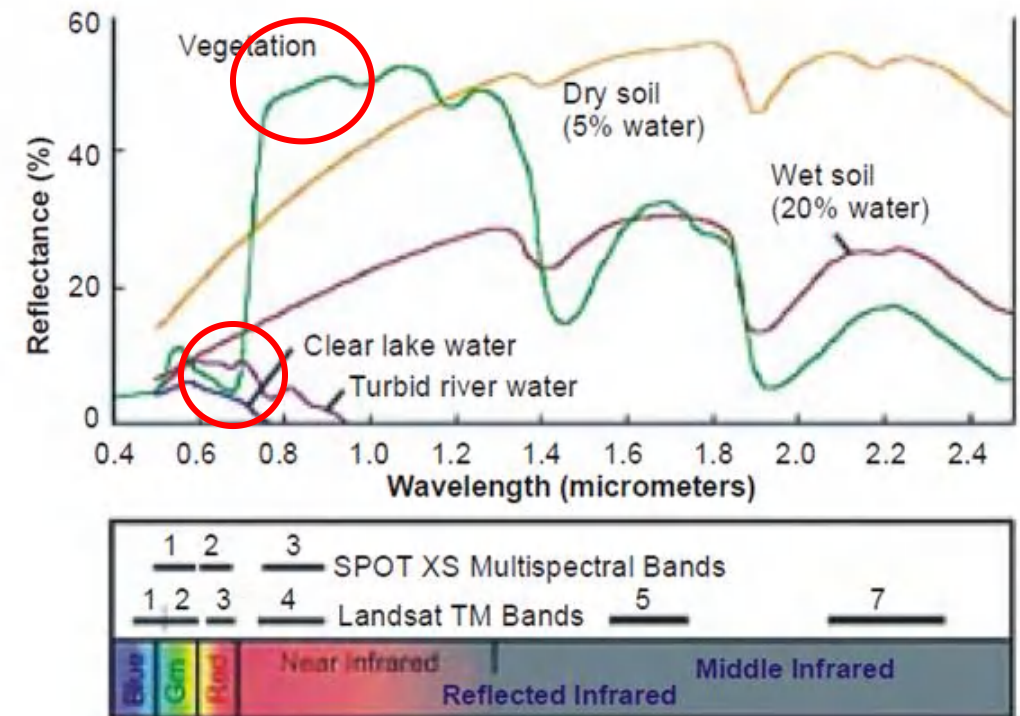


Abb. 16: Spectral reflectance (Mkansi 2017)

Drohne von Geocoptix

- DJI Phantom 4 Pro v2.0
- Micasense RedEdge-M

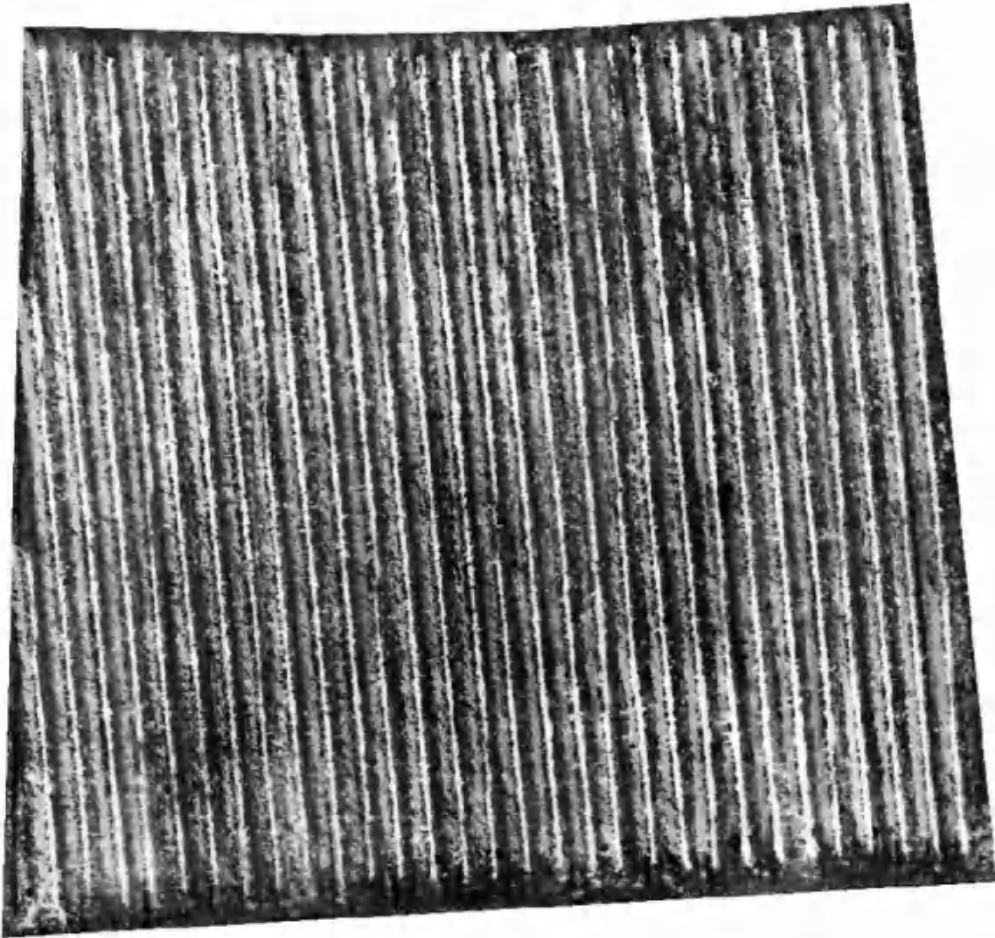


Abb. 13: DJI Phantom 4 Pro v2.0 (Geocoptix 2020)

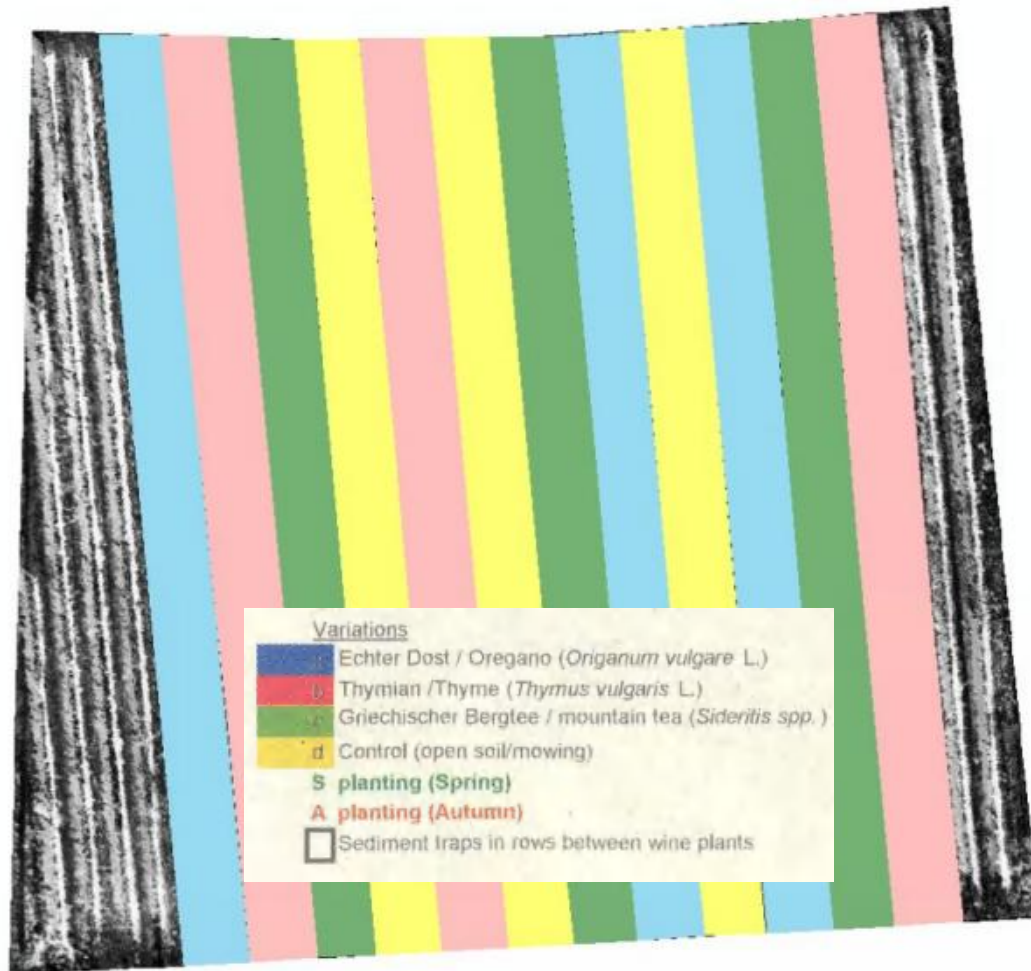
Band Nr.	Band Name	Zentrale Wellenlänge
1	Blau	475 nm
2	Grün	560 nm
3	Rot	668 nm
4	Red Edge	717 nm
5	Nahes Infrarot	840 nm



Abb. 14: Micasense RedEdge-M (Geocoptix 2020)



1. NDVI des Weinberges berechnen



1. NDVI des Weinberges berechnen
2. Raster in Rebpaare einteilen

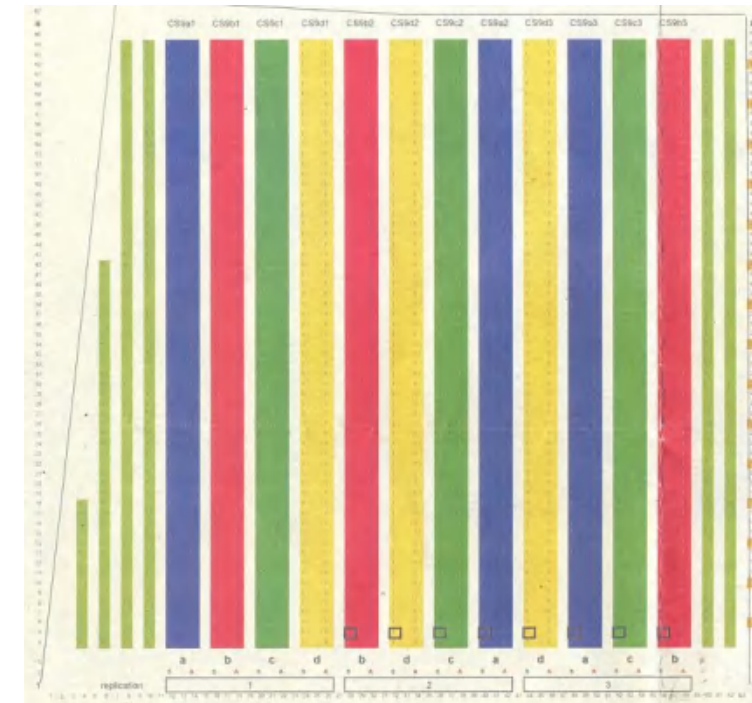
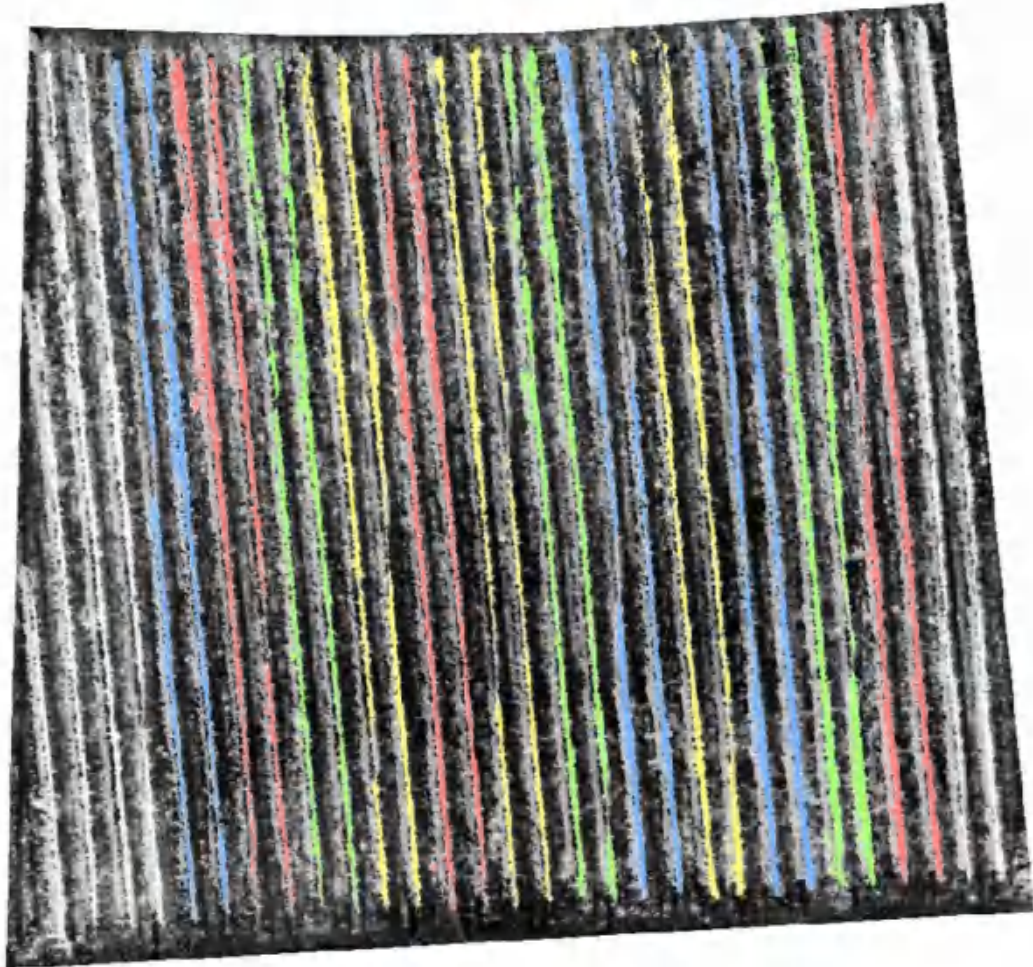


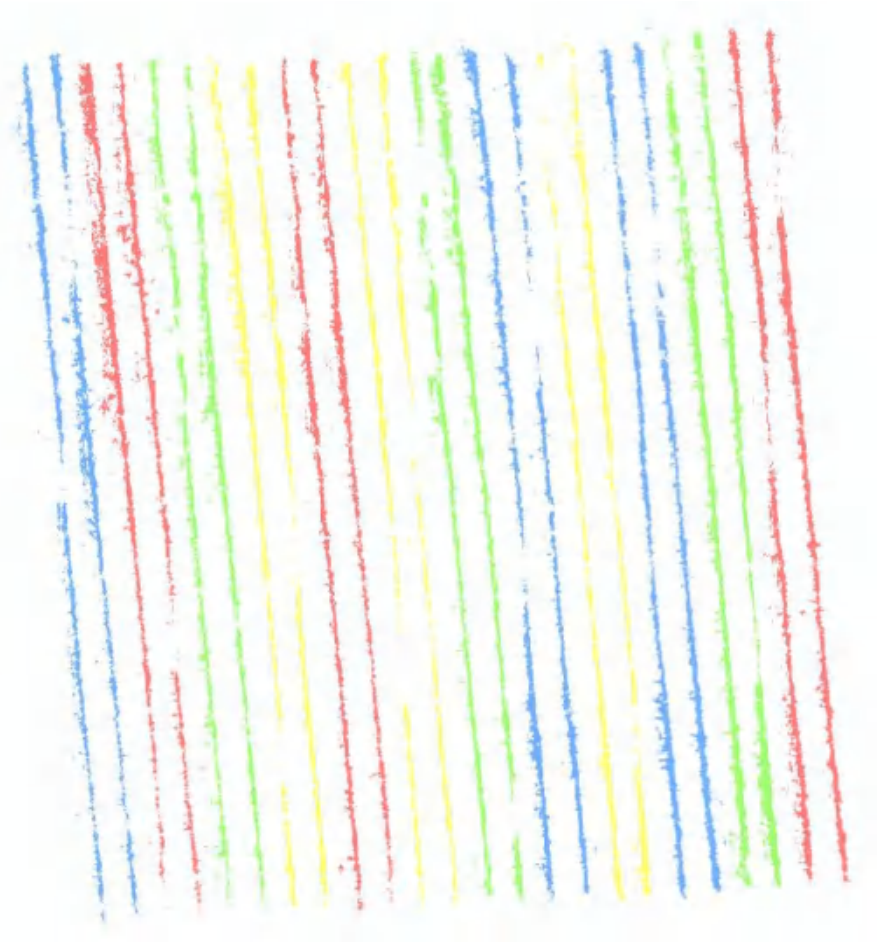
Abb. 17: Bepflanzungsschema (LFP 2018/19)



1. NDVI des Weinberges berechnen
2. Raster in Rebpaare einteilen
3. Reben extrahieren (Reklassifizieren)

Redassification

Old values	New values
-1 - 0,85	1
0,85 - 1	2
NoData	NoData



1. NDVI des Weinberges berechnen
2. Raster in Rebpaare einteilen
3. Reben extrahieren (Reklassifizieren)
4. Rebenvolumina berechnen

$$\text{Area} = \text{count} * \text{cell-size}$$

Wobei

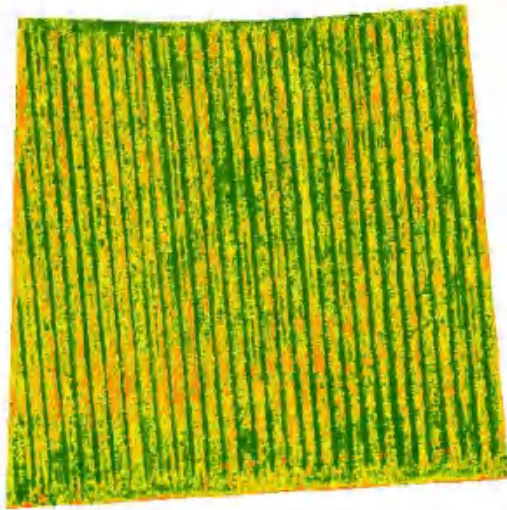
count:	Anzahl Pixel
cell-size:	Pixelgröße
area:	absolute Fläche

Methodik

Messwerte NDVI $\geq 0,85$					Fläche NDVI $\geq 0,85$ (in m ²)				
MeP	Count	typ	area_cm ²	area_m ²		Bergtee	Oregano	Thymian	Kontroll
Juni	52544	bL	183904	18,39	Juni	18,39	23,4682	19,3557	27,8922
Juni	67638	bM	236733	23,67	Juni	23,67	27,02105	23,5739	27,2916
Juni	70677	bR	247369,5	24,74	Juni	24,74	28,38385	26,0456	29,4504
Juni	79692	cL	278922	27,89	Juli	8,8637	9,0013	10,2907	9,00795
Juni	77976	cM	272916	27,29	Juli	9,48185	9,0328	8,7654	6,83025
Juni	84144	cR	294504	29,45	Juli	11,39465	9,7223	10,59525	7,8743
Juni	67052	cL	234682	23,47	August	6,83445	6,19185	7,64365	6,94295
Juni	77203	cM	270210,5	27,02	August	7,31115	6,20865	6,18415	4,95425
Juni	82811	cR	283838,5	28,38	August	9,24105	6,84285	8,12805	6,1621
Juni	55302	iL	193557	19,36	September	0,82425	1,4084	1,20645	0,6629
Juni	67354	iM	235739	23,57	September	1,38915	0,68565	1,09795	0,38465
Juni	74416	iR	260456	26,05	September	1,8886	0,65905	1,3538	0,7154
Juli	25342	bL	88697	8,87	Mittelwerte NDVI $\geq 0,85$ (in m ²)				
Juli	27091	bM	94818,5	9,48		Bergtee	Oregano	Thymian	Kontroll
Juli	34271	bR	119948,5	11,99	Juni	22,27	26,49	22,99	28,21
Juli	25737	cL	90079,5	9,01	Juli	10,12	5,25	10,02	7,90
Juli	19515	cM	68302,5	6,83	August	7,80	6,41	7,32	6,02
Juli	22458	cR	78743	7,87	September	1,37	0,92	1,22	0,59
Juli	25718	cL	90013	9,00					
Juli	25808	cM	90328	9,03					
Juli	27778	cR	97223	9,72					
Juli	29402	iL	102907	10,29					
Juli	25044	iM	87654	8,77					
Juli	31415	iR	103952,5	11,00					
August	19527	bL	68344,5	6,83					
August	20889	bM	73111,5	7,31					
August	26403	bR	92410,5	9,24					
August	19837	cL	69429,5	6,94					
August	14155	cM	49542,5	4,95					
August	17606	cR	61621	6,16					
August	17691	cL	61918,5	6,19					
August	17739	cM	62086,5	6,21					
August	19551	cR	68428,5	6,84					
August	21839	iL	76436,5	7,64					
August	17689	iM	61841,5	6,18					
August	23223	iR	81280,5	8,13					
September	2355	bL	8242,5	0,82					
September	3969	bM	13831,5	1,39					
September	5396	bR	18886	1,89					
September	1894	cL	6629	0,66					
September	1099	cM	3846,5	0,38					
September	2044	cR	7154	0,72					
September	4024	cL	14084	1,41					
September	1959	cM	6856,5	0,69					
September	1883	cR	6590,5	0,66					
September	3447	iL	12064,5	1,21					
September	3137	iM	10979,5	1,10					
September	3868	iR	13538	1,35					

1. NDVI des Weinberges berechnen
2. Raster in Rebpaare einteilen
3. Reben extrahieren (Reklassifizieren)
4. Rebenvolumina berechnen
5. Daten zusammenführen
6. Auswertung

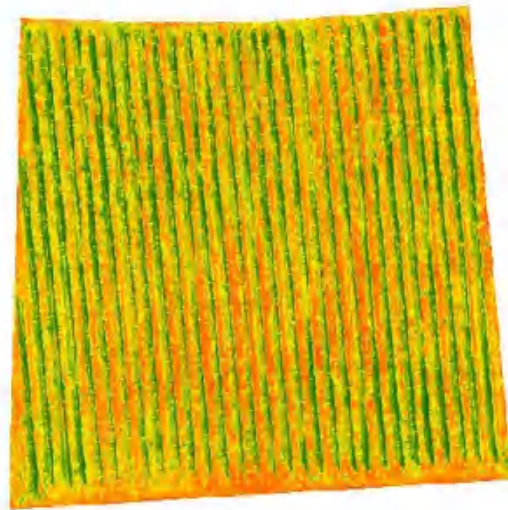
NDVI des Wawerner Jesuitenbergs



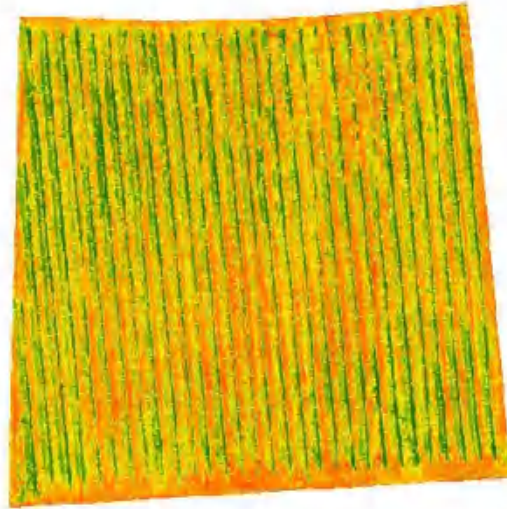
23 Juni 2020

NDVI

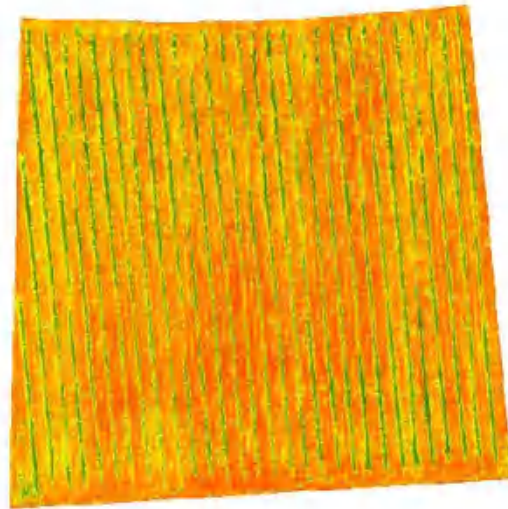
Hoch (1)
Niedrig (0)



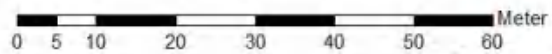
30 Juli 2020



20 August 2020



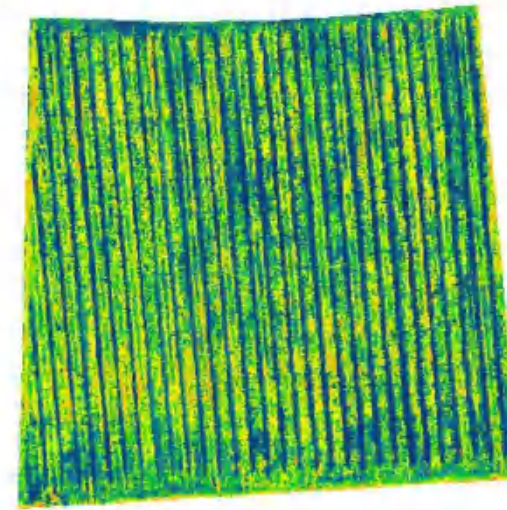
11 September 2020



Autor: Nikolaos Kolaxidis
Datengrundlage: Geocoptix 2020



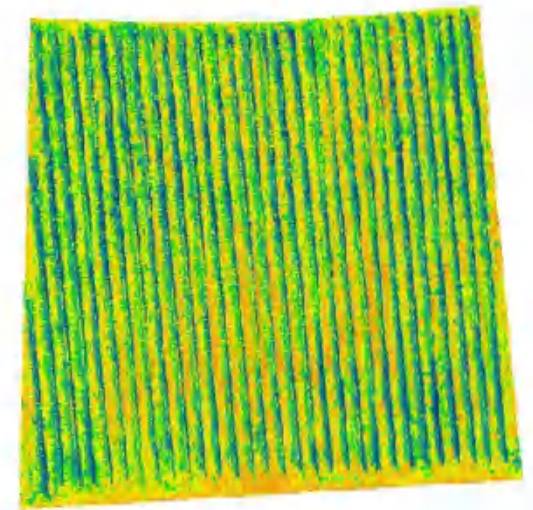
NDVI des Wawerner Jesuitenbergs



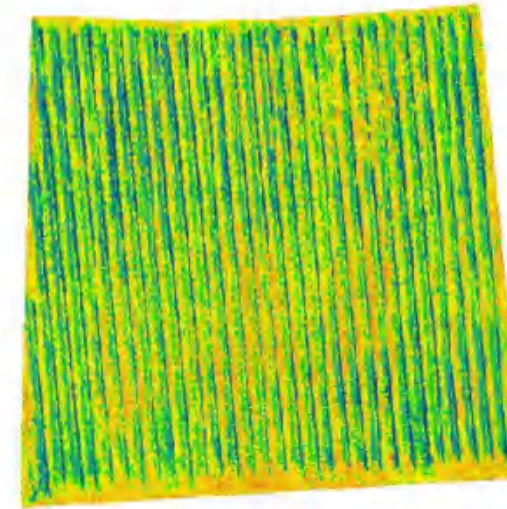
23 Juni 2020

NDVI

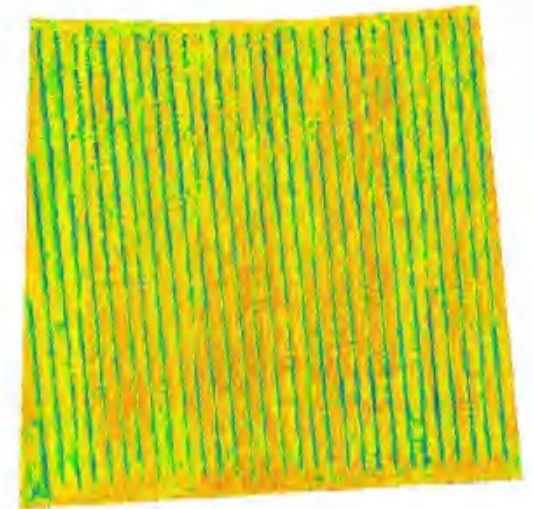
Hoch (1)
Niedrig (-0,1)



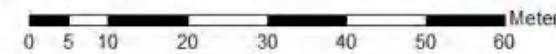
30 Juli 2020



20 August 2020



11 September 2020

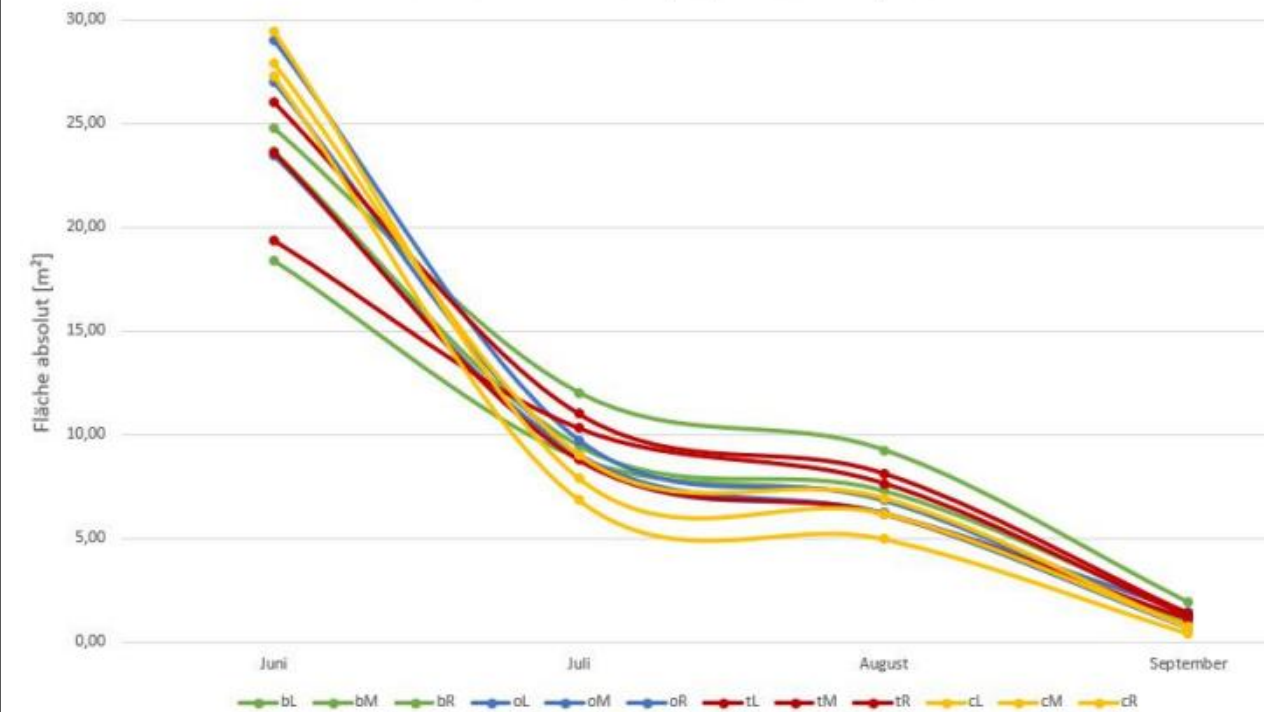


Autor: Nikolaos Kolaxidis
Datengrundlage: Geocoptix 2020

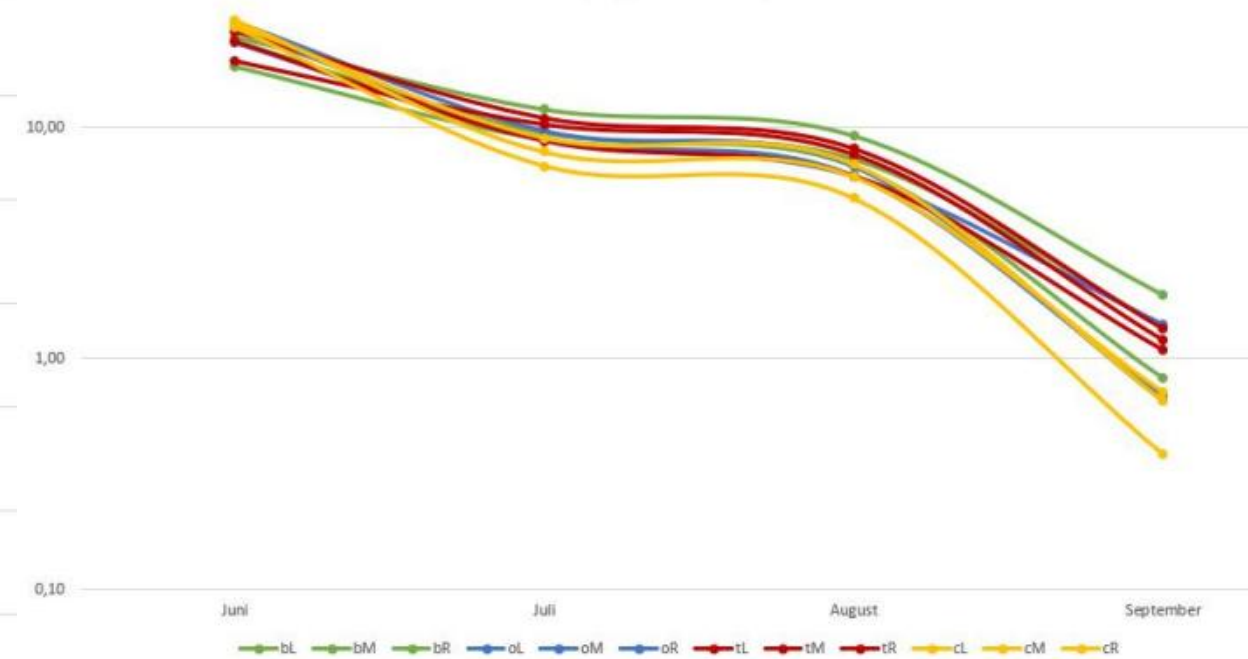


Deskriptive Statistiken

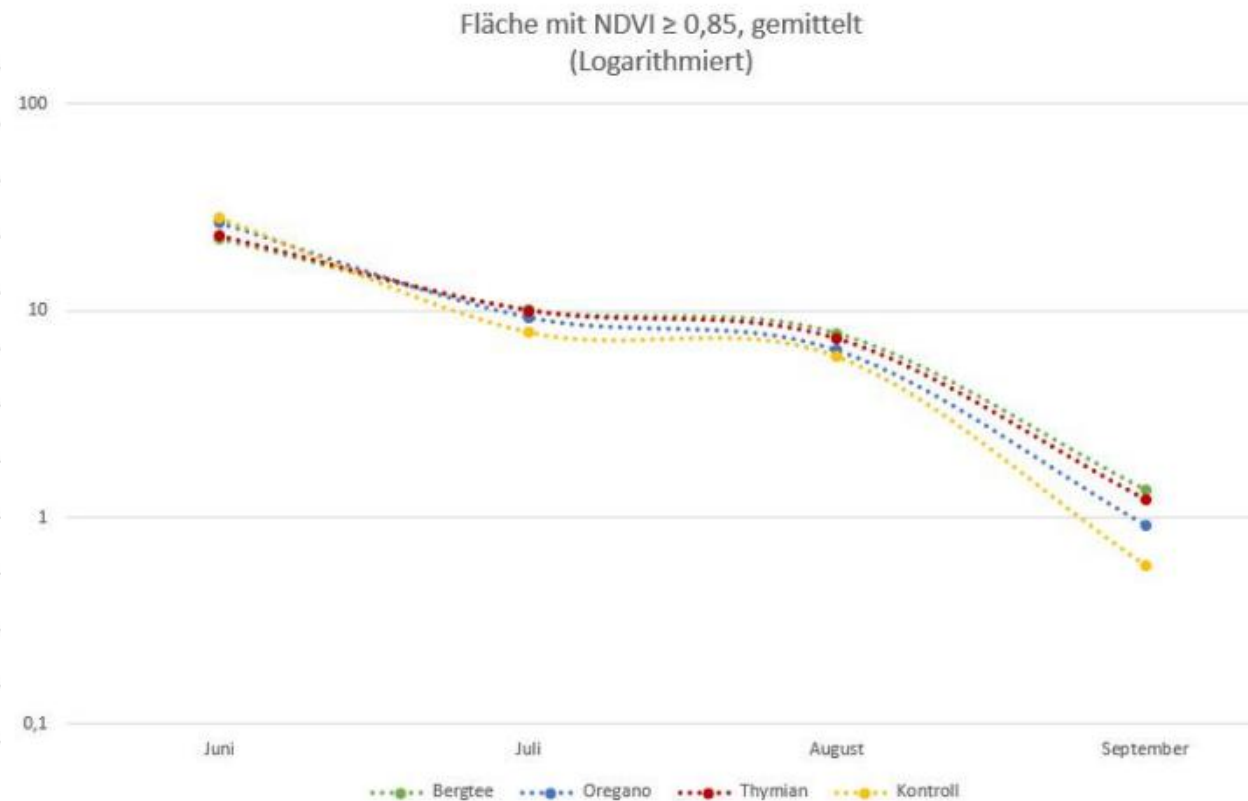
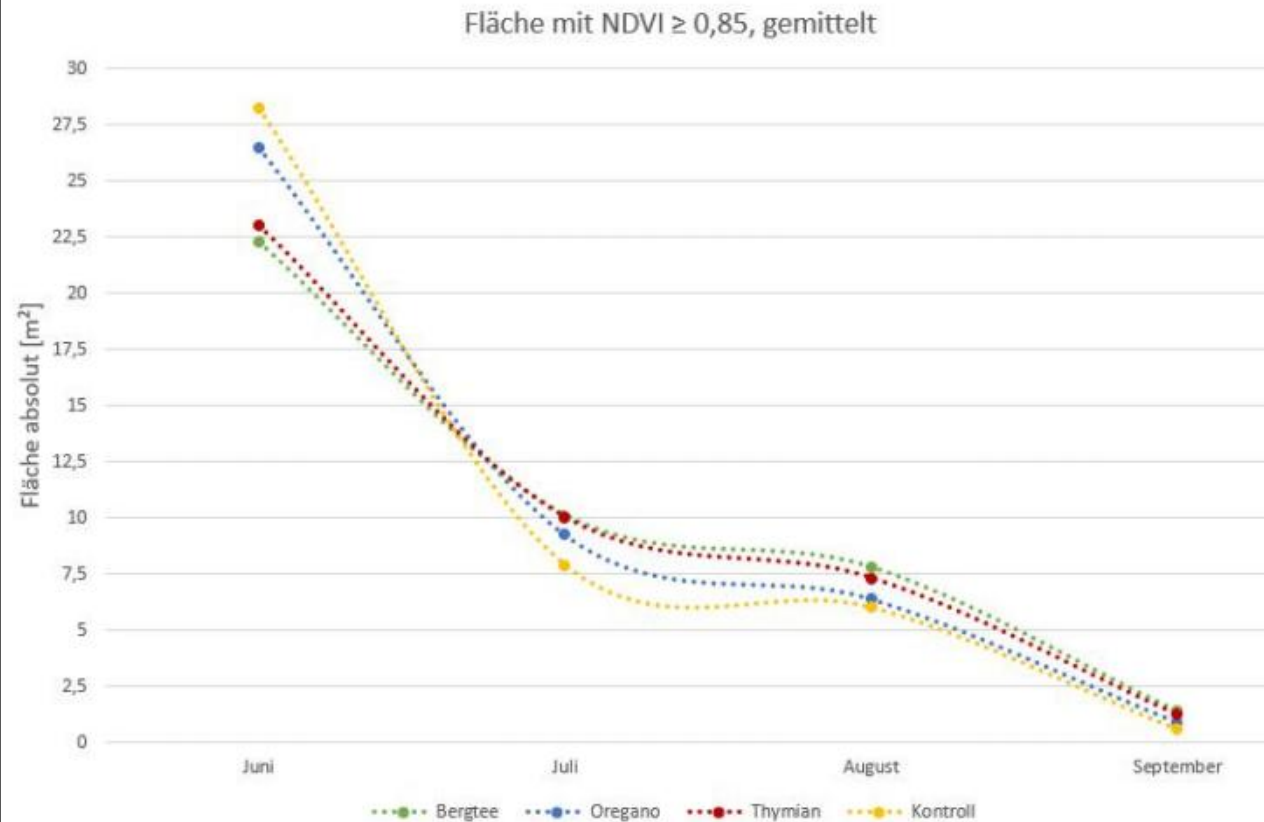
Fläche mit NDVI $\geq 0,85$, einzelne Rebpaare



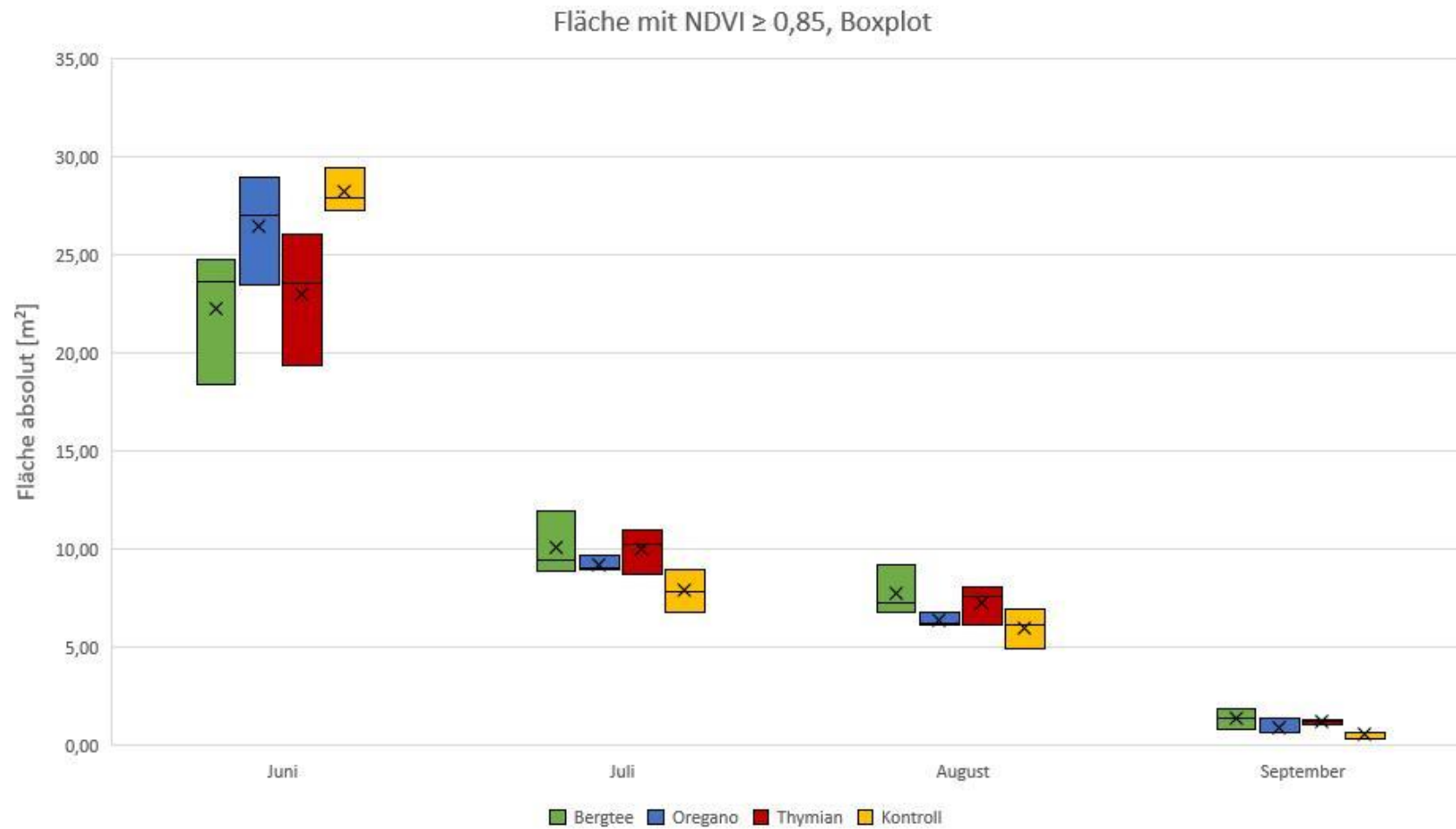
Fläche mit NDVI $\geq 0,85$, einzelne Rebpaare
(Logarithmiert)



Deskriptive Statistiken



Deskriptive Statistiken



Deskriptive Statistiken

Deskriptive Statistiken				
	MzP	Mittelwert	Standardabweichung	N
Bergtee	Juni	22.2667	3.39965	3
	Juli	10.1133	1.65361	3
	August	7.7933	1.27563	3
	September	1.3667	.53538	3
	Gesamt	10.3850	8.09206	12
Oregano	Juni	26.4900	2.79297	3
	Juli	9.2500	.40731	3
	August	4.4133	3.65467	3
	September	.9200	.42462	3
	Gesamt	10.2683	10.44711	12
Thymian	Juni	22.9933	3.38208	3
	Juli	10.0200	1.13925	3
	August	7.3167	1.01441	3
	September	1.2200	.12530	3
	Gesamt	10.3875	8.44828	12
Kontroll	Juni	28.2100	1.11499	3
	Juli	7.9033	1.09038	3
	August	6.0167	1.00271	3
	September	.5867	.18148	3
	Gesamt	10.6792	10.96623	12

Deskriptive Statistiken				
	Kraut	Mittelwert	Standardabweichung	N
Mzp1	Bergtee	22.2667	3.39965	3
	Oregano	26.4900	2.79297	3
	Thymian	22.9933	3.38208	3
	Kontroll	28.2100	1.11499	3
	Gesamt	24.9900	3.51807	12
Mzp2	Bergtee	10.1133	1.65361	3
	Oregano	9.2500	.40731	3
	Thymian	10.0200	1.13925	3
	Kontroll	7.9033	1.09038	3
	Gesamt	9.3217	1.35405	12
Mzp3	Bergtee	7.7933	1.27563	3
	Oregano	4.4133	3.65467	3
	Thymian	7.3167	1.01441	3
	Kontroll	6.0167	1.00271	3
	Gesamt	6.3850	2.22915	12
Mzp4	Bergtee	1.3667	.53538	3
	Oregano	.9200	.42462	3
	Thymian	1.2200	.12530	3
	Kontroll	.5867	.18148	3
	Gesamt	1.0233	.43744	12

Deskriptive Statistiken

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.- Abweichung	Varianz
Bergtee	12	.82	24.74	10.3850	8.09206	65.482
Oregano	12	.21	28.98	10.2683	10.44711	109.142
Thymian	12	1.10	26.05	10.3875	8.44828	71.373
Kontroll	12	.38	29.45	10.6792	10.96623	120.258
Gültige Werte (Listenweise)	12					

Welcher Test sollte gewählt werden?

Studiendesign?	Gruppenunterschiede
Design?	Between-Subjects Design
Wie viele unabhängigen Variablen?	2 (wenn MzP als UV gesehen wird)
Kovariate kontrollieren?	Nein
Mehrere AVs in einem Modell?	Nein
→ Zweifaktorielle ANOVA (ZANOVA)	
→ Einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung (rmANOVA)	

Zweifaktorielle ANOVA

SPSS - Variablenansicht

	Name	Typ	Breite	Dezimal...	Beschriftung	Werte	Fehlend	Spalten	Ausrichtung	Messniveau	Rolle
1	MzP	Numerisch	8	2		{1.00, Juni}...	Ohne	8	Rechts	Nominal	Eingabe
2	Kraut	Numerisch	8	2		{1.00, Oreg...	Ohne	8	Rechts	Nominal	Eingabe
3	NDVI_area	Numerisch	8	2		Ohne	Ohne	8	Rechts	Metrisch	Eingabe
4											

SPSS - Datenansicht

	MzP	Kraut	NDVI_area
1	1.00	1.00	23.47
2	1.00	1.00	27.02
3	1.00	1.00	28.98
4	1.00	2.00	19.36
5	1.00	2.00	23.57
6	1.00	2.00	26.05
7	1.00	3.00	18.39
8	1.00	3.00	23.67
9	1.00	3.00	24.74
10	1.00	4.00	27.89
11	1.00	4.00	27.29
12	1.00	4.00	29.45
13	2.00	1.00	9.00
14	2.00	1.00	9.03
15	2.00	1.00	9.72
16	2.00	2.00	10.29
17	2.00	2.00	8.77

ZANOVA – Test der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: NDVI_area

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta- Quadrat	Dezentr. Parameter	Beobachtete Trennschärfe ^b
Korrigiertes Modell	3919.989 ^a	15	261.333	76.078	.000	.973	1141.169	1.000
Konstanter Term	5221.675	1	5221.675	1520.110	.000	.979	1520.110	1.000
Kraut	1.105	3	.368	.107	.955	.010	.322	.067
MzP	3816.833	3	1272.278	370.380	.000	.972	1111.139	1.000
Kraut * MzP	102.051	9	11.339	3.301	.006	.481	29.709	.945
Fehler	109.922	32	3.435					
Gesamt	9251.586	48						
Korrigierte Gesamtvariation	4029.911	47						

a. R-Quadrat = ,973 (korrigiertes R-Quadrat = ,960)

b. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Kraut: $F(3, 32) = 0.11, p = .955, \eta_p^2 = .01$
 → es wird kein signifikanter Unterschied
 zwischen den Kräutern festgestellt

MzP: $F(3, 32) = 370.38, p < .001, \eta_p^2 = .97$
 → es wird ein signifikanter Unterschied
 zwischen den Messzeitpunkten festgestellt

Kraut*MzP: $F(9, 32) = 3.30, p = .006, \eta_p^2 = .48$
 → es wird ein signifikanter Unterschied
 zwischen den Kräutern in Abhängigkeit vom
 Messzeitpunkt festgestellt

ZANOVA – PostHoc nach Tukey (1949)

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: NDVI_area
Tukey-HSD

(I) Kraut	(J) Kraut	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Oregano	Thymian	-.1192	.75664	.999	-2.1692	1.9309
	Bergtee	-.1167	.75664	.999	-2.1667	1.9334
	Kontroll	-.4108	.75664	.948	-2.4609	1.6392
Thymian	Oregano	.1192	.75664	.999	-1.9309	2.1692
	Bergtee	.0025	.75664	1.000	-2.0475	2.0525
	Kontroll	-.2917	.75664	.980	-2.3417	1.7584
Bergtee	Oregano	.1167	.75664	.999	-1.9334	2.1667
	Thymian	-.0025	.75664	1.000	-2.0525	2.0475
	Kontroll	-.2942	.75664	.980	-2.3442	1.7559
Kontroll	Oregano	.4108	.75664	.948	-1.6392	2.4609
	Thymian	.2917	.75664	.980	-1.7584	2.3417
	Bergtee	.2942	.75664	.980	-1.7559	2.3442

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 3.435.

1. Kräuter im Unterstockbereich haben einen Einfluss auf das Rebenwachstum.
2. Bergtee und Thymian verhalten sich ähnlich, Oregano weist einen anderen Einfluss auf das Rebenwachstum auf.
3. Der Einfluss kann (bisher) nicht näher beschrieben werden.

1. Kann mithilfe vorliegender Drohnenfotos die Unterstockvegetation quantifiziert werden?
 - Nein, mit den vorliegenden Drohnenaufnahmen und den benutzten Methoden kann die Unterstockvegetation nicht erfasst werden.

2. Können in einem multispektralen Orthomosaik Muster erkannt werden, die auf einen Einfluss der Unterstockvegetation auf das Rebenwachstum hinweisen?
 - Ja, das ist möglich. Durch multispektrale Analysen von Kräutergruppen, eingeteilt in Rebpaaren, können die Rebenvolumina über einen Zeitraum bestimmt und quantitativ miteinander verglichen werden.
 - Einflüsse sind erkennbar, jedoch nicht direkt quantifizierbar.

- ?
- Kann mit UAV-basierten Aufnahmen bewiesen werden, dass verschiedene Kräuter einen unterschiedlichen Einfluss auf das Rebenwachstum ausüben?
- Durch Analysen des NDVI einzelner Rebpaare kann ausgesagt werden, dass Kräuter einen scheinbaren Einfluss auf das Rebenwachstum haben.
 - Der Einfluss kann (noch) nicht näher bestimmt werden.

Ohne quantitative Daten der Unterstockvegetation (Kräutervolumina) ist es nicht möglich, gezielte Aussagen darüber zu treffen, welche Kräuter besser für die Zielsetzung des Diverfarming-Projektes geeignet sind.



Vielen Dank fürs Zuhören/Zuschauen!

Referent: Nikolaos Kolaxidis

10. Fachsemester

Betreuer: Herr Dr. K.M. Seeger

Universität Trier

19.01.2021

Quellenverzeichnis für Abbildungen

- DJI (2021): Zenmuse x5. – URL: <https://www.dji.com/de/zenmuse-x5/info#downloads> [18.01.2021].
- Geicoptix (2020): LeguTec – Mechanische Beikrautregulierung im Sojaanbau in Luxemburg. Deutscher Auszug aus dem englischen Abschlussbericht. IBLA Luxemburg. S. 29-33.
- Hill, J. (2015): Grundlagen der Fernerkundung. Vorlesung. Universität Trier.
- LfP (2018/19): Lehrforschungsprojekt Bachelor of Science Angewandte Physische Geographie. Abschlussbericht. Universität Trier.
- Mkansi, R. (2017): Spectral reflectance of soil, vegetation and water. - URL <https://mkansireminder.wordpress.com/2017/04/24/spectral-reflectance-of-soil-vegetation-water/> [18.01.2021].
- Spektrum (2000): Bildüberdeckung. – URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/bildueberdeckung/1756> [18.01.2021].
- Tukey, J.W. (1949): Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. International Biometric Society
- Wissen (2021): Tiefensehen. – URL: <https://www.wissen.de/medizin/tiefensehen> [18.01.2021].

rmANOVA

	MzP	Bergtee	Oregano	Thymian	Kontroll	Var
1	1.00	18.39	23.47	19.36	27.89	
2	1.00	23.67	27.02	23.57	27.29	
3	1.00	24.74	28.98	26.05	29.45	
4	2.00	8.87	9.00	10.29	9.01	
5	2.00	9.48	9.03	8.77	6.83	
6	2.00	11.99	9.72	11.00	7.87	
7	3.00	6.83	6.19	7.64	6.94	
8	3.00	7.31	.21	6.18	4.95	
9	3.00	9.24	6.84	8.13	6.16	
10	4.00	.82	1.41	1.21	.66	
11	4.00	1.39	.69	1.10	.38	
12	4.00	1.89	.66	1.35	.72	
13						

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: NDVI_area

Quelle		Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Kraut	Sphärizität angenommen	1.105	3	.368	.258	.855
	Greenhouse-Geisser	1.105	2.193	.504	.258	.795
	Huynh-Feldt (HF)	1.105	3.000	.368	.258	.855
	Untergrenze	1.105	1.000	1.105	.258	.625
Kraut * MzP	Sphärizität angenommen	102.051	9	11.339	7.938	.000
	Greenhouse-Geisser	102.051	6.580	15.509	7.938	.000
	Huynh-Feldt (HF)	102.051	9.000	11.339	7.938	.000
	Untergrenze	102.051	3.000	34.017	7.938	.009
Fehler(Kraut)	Sphärizität angenommen	34.283	24	1.428		
	Greenhouse-Geisser	34.283	17.547	1.954		
	Huynh-Feldt (HF)	34.283	24.000	1.428		
	Untergrenze	34.283	8.000	4.285		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: NDVI_area

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	5221.675	1	5221.675	552.274	.000
MzP	3816.833	3	1272.278	134.563	.000
Fehler	75.639	8	9.455		

Mehrere Vergleiche

Maß: NDMI_area

	(I) MzP	(J) MzP	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	Juni	Juli	15.6683 [*]	1.25531	.000	11.6484	19.6883
		August	18.6050 [*]	1.25531	.000	14.5850	22.6250
		September	23.9667 [*]	1.25531	.000	19.9467	27.9866
	Juli	Juni	-15.6683 [*]	1.25531	.000	-19.6883	-11.6484
		August	2.9367	1.25531	.168	-1.0833	6.9566
		September	8.2983 [*]	1.25531	.001	4.2784	12.3183
	August	Juni	-18.6050 [*]	1.25531	.000	-22.6250	-14.5850
		Juli	-2.9367	1.25531	.168	-6.9566	1.0833
		September	5.3617 [*]	1.25531	.012	1.3417	9.3816
	September	Juni	-23.9667 [*]	1.25531	.000	-27.9866	-19.9467
		Juli	-8.2983 [*]	1.25531	.001	-12.3183	-4.2784
		August	-5.3617 [*]	1.25531	.012	-9.3816	-1.3417
Games-Howell	Juni	Juli	15.6683 [*]	1.53755	.013	6.8165	24.5201
		August	18.6050 [*]	1.71100	.003	10.8305	26.3795
		September	23.9667 [*]	1.46686	.009	13.8656	34.0677
	Juli	Juni	-15.6683 [*]	1.53755	.013	-24.5201	-6.8165
		August	2.9367	.99998	.167	-1.8493	7.7227
		September	8.2983 [*]	.47338	.007	5.2000	11.3967
	August	Juni	-18.6050 [*]	1.71100	.003	-26.3795	-10.8305
		Juli	-2.9367	.99998	.167	-7.7227	1.8493
		September	5.3617	.88745	.063	-.6859	11.4092
	September	Juni	-23.9667 [*]	1.46686	.009	-34.0677	-13.8656
		Juli	-8.2983 [*]	.47338	.007	-11.3967	-5.2000
		August	-5.3617	.88745	.063	-11.4092	.6859

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 2,364.

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

ANOVA-PostHoc

rmANOVA

	Kraut	Mzp1	Mzp2	Mzp3	Mzp4	Var
1	1.00	18.39	8.87	6.83	.82	
2	1.00	23.67	9.48	7.31	1.39	
3	1.00	24.74	11.99	9.24	1.89	
4	2.00	23.47	9.00	6.19	1.41	
5	2.00	27.02	9.03	.21	.69	
6	2.00	28.98	9.72	6.84	.66	
7	3.00	19.36	10.29	7.64	1.21	
8	3.00	23.57	8.77	6.18	1.10	
9	3.00	26.05	11.00	8.13	1.35	
10	4.00	27.89	9.01	6.94	.66	
11	4.00	27.29	6.83	4.95	.38	
12	4.00	29.45	7.87	6.16	.72	
13						

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: NDVI_area

Quelle		Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	3816.833	3	1272.278	474.284	.000
	Greenhouse-Geisser	3816.833	1.744	2188.922	474.284	.000
	Huynh-Feldt (HF)	3816.833	3.000	1272.278	474.284	.000
	Untergrenze	3816.833	1.000	3816.833	474.284	.000
Zeit * Kraut	Sphärizität angenommen	102.051	9	11.339	4.227	.002
	Greenhouse-Geisser	102.051	5.231	19.509	4.227	.014
	Huynh-Feldt (HF)	102.051	9.000	11.339	4.227	.002
	Untergrenze	102.051	3.000	34.017	4.227	.046
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	64.381	24	2.683		
	Greenhouse-Geisser	64.381	13.950	4.615		
	Huynh-Feldt (HF)	64.381	24.000	2.683		
	Untergrenze	64.381	8.000	8.048		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: NDVI_area

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	5221.675	1	5221.675	917.259	.000
Kraut	1.105	3	.368	.065	.977
Fehler	45.542	8	5.693		

Mehrere Vergleiche

Maß: NDVI_area

	(I) Kraut	(J) Kraut	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	Bergtee	Oregano	.1167	.97405	.999	-3.0026	3.2359
		Thymian	-.0025	.97405	1.000	-3.1218	3.1168
		Kontroll	-.2942	.97405	.990	-3.4134	2.8251
	Oregano	Bergtee	-.1167	.97405	.999	-3.2359	3.0026
		Thymian	-.1192	.97405	.999	-3.2384	3.0001
		Kontroll	-.4108	.97405	.973	-3.5301	2.7084
	Thymian	Bergtee	.0025	.97405	1.000	-3.1168	3.1218
		Oregano	.1192	.97405	.999	-3.0001	3.2384
		Kontroll	-.2917	.97405	.990	-3.4109	2.8276
	Kontroll	Bergtee	.2942	.97405	.990	-2.8251	3.4134
		Oregano	.4108	.97405	.973	-2.7084	3.5301
		Thymian	.2917	.97405	.990	-2.8276	3.4109
Games-Howell	Bergtee	Oregano	.1167	1.15599	1.000	-4.8210	5.0544
		Thymian	-.0025	1.12650	1.000	-4.9323	4.9273
		Kontroll	-.2942	1.02086	.990	-5.5632	4.9748
	Oregano	Bergtee	-.1167	1.15599	1.000	-5.0544	4.8210
		Thymian	-.1192	.92488	.999	-3.8959	3.6575
		Kontroll	-.4108	.79283	.950	-4.0168	3.1951
	Thymian	Bergtee	.0025	1.12650	1.000	-4.9273	4.9323
		Oregano	.1192	.92488	.999	-3.6575	3.8959
		Kontroll	-.2917	.74916	.977	-3.6033	3.0200
	Kontroll	Bergtee	.2942	1.02086	.990	-4.9748	5.5632
		Oregano	.4108	.79283	.950	-3.1951	4.0168
		Thymian	.2917	.74916	.977	-3.0200	3.6033

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 1,423.

NOVA- PostHoc

MANOVA

Paarweise Vergleiche

Abhängige Variable	(I) Kraut	(J) Kraut	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^a	95% Konfidenzintervall für Differenz ^a	
						Untergrenze	Obergrenze
Mzp1	Bergtee	Oregano	-4.223	2.311	.630	-12.3	
		Thymian	-.727	2.311	1.000	-8.3	
		Kontroll	-5.943	2.311	.198	-13.3	
	Oregano	Bergtee	4.223	2.311	.630	-3.3	
		Thymian	3.497	2.311	1.000	-4.3	
		Kontroll	-1.720	2.311	1.000	-9.3	
	Thymian	Bergtee	.727	2.311	1.000	-7.3	
		Oregano	-3.497	2.311	1.000	-11.3	
		Kontroll	-5.217	2.311	.324	-13.3	
	Kontroll	Bergtee	5.943	2.311	.198	-2.3	
		Oregano	1.720	2.311	1.000	-6.3	
		Thymian	5.217	2.311	.324	-2.3	
Mzp2	Bergtee	Oregano	.863	.948	1.000	-2.3	
		Thymian	.093	.948	1.000	-3.3	
		Kontroll	2.210	.948	.288	-1.3	
	Oregano	Bergtee	-.863	.948	1.000	-4.3	
		Thymian	-.770	.948	1.000	-4.3	
		Kontroll	1.347	.948	1.000	-1.3	
	Thymian	Bergtee	-.093	.948	1.000	-3.3	
		Oregano	.770	.948	1.000	-2.3	
		Kontroll	2.117	.948	.336	-1.3	
	Kontroll	Bergtee	-2.210	.948	.288	-5.3	
		Oregano	-1.347	.948	1.000	-4.3	
		Thymian	-2.117	.948	.336	-5.3	
Mzp3	Bergtee	Oregano	3.380	1.684	.478	-2.479	9.239
		Thymian	.477	1.684	1.000	-5.382	6.336
		Kontroll	1.777	1.684	1.000	-4.082	7.636
	Oregano	Bergtee	-3.380	1.684	.478	-9.239	2.479
		Thymian	-2.903	1.684	.738	-8.762	2.956
		Kontroll	-1.603	1.684	1.000	-7.462	4.256
	Thymian	Bergtee	-.477	1.684	1.000	-6.336	5.382
		Oregano	2.903	1.684	.738	-2.956	8.762
		Kontroll	1.300	1.684	1.000	-4.559	7.159
	Kontroll	Bergtee	-1.777	1.684	1.000	-7.636	4.082
		Oregano	1.603	1.684	1.000	-4.256	7.462
		Thymian	-1.300	1.684	1.000	-7.159	4.559
Mzp4	Bergtee	Oregano	.447	.293	.996	-.573	1.466
		Thymian	.147	.293	1.000	-.873	1.166
		Kontroll	.780	.293	.173	-.240	1.800
	Oregano	Bergtee	-.447	.293	.996	-1.466	.573
		Thymian	-.300	.293	1.000	-1.320	.720
		Kontroll	.333	.293	1.000	-.686	1.353
	Thymian	Bergtee	-.147	.293	1.000	-1.166	.873
		Oregano	.300	.293	1.000	-.720	1.320
		Kontroll	.633	.293	.376	-.386	1.653
	Kontroll	Bergtee	-.780	.293	.173	-1.800	.240
		Oregano	-.333	.293	1.000	-1.353	.686
		Thymian	-.633	.293	.376	-1.653	.386

Basiert auf geschätzten Randmitteln

a. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

MANOVA

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable		(I) Kraut	(J) Kraut	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall	
							Untergrenze	Obergrenze
Mzp1	Tukey-HSD	Bergtee	Oregano	-4.2233	2.31084	.328	-11.6235	3.1768
			Thymian	-.7267	2.31084	.988	-8.1268	6.6735
			Kontroll	-5.9433	2.31084	.122	-13.3435	1.4568
		Oregano	Bergtee	4.2233	2.31084	.328	-3.1768	11.6235
			Thymian	3.4967	2.31084	.473	-3.9035	10.8968
			Kontroll	-1.7200	2.31084	.877	-9.1201	5.6801
		Thymian	Bergtee	.7267	2.31084	.988	-6.6735	8.1268
			Oregano	-3.4967	2.31084	.473	-10.8968	3.9035
			Kontroll	-5.2167	2.31084	.188	-12.6168	2.1835
		Kontroll	Bergtee	5.9433	2.31084	.122	-1.4568	13.3435
			Oregano	1.7200	2.31084	.877	-5.6801	9.1201
			Thymian	5.2167	2.31084	.188	-2.1835	12.6168
	Games-Howell	Bergtee	Oregano	-4.2233	2.54023	.446	-14.7608	6.3141
			Thymian	-.7267	2.76864	.993	-11.9975	10.5442
			Kontroll	-5.9433	2.06566	.208	-17.7355	5.8488
		Oregano	Bergtee	4.2233	2.54023	.446	-6.3141	14.7608
			Thymian	3.4967	2.53240	.570	-6.9982	13.9916
			Kontroll	-1.7200	1.73627	.768	-10.9945	7.5545
		Thymian	Bergtee	.7267	2.76864	.993	-10.5442	11.9975