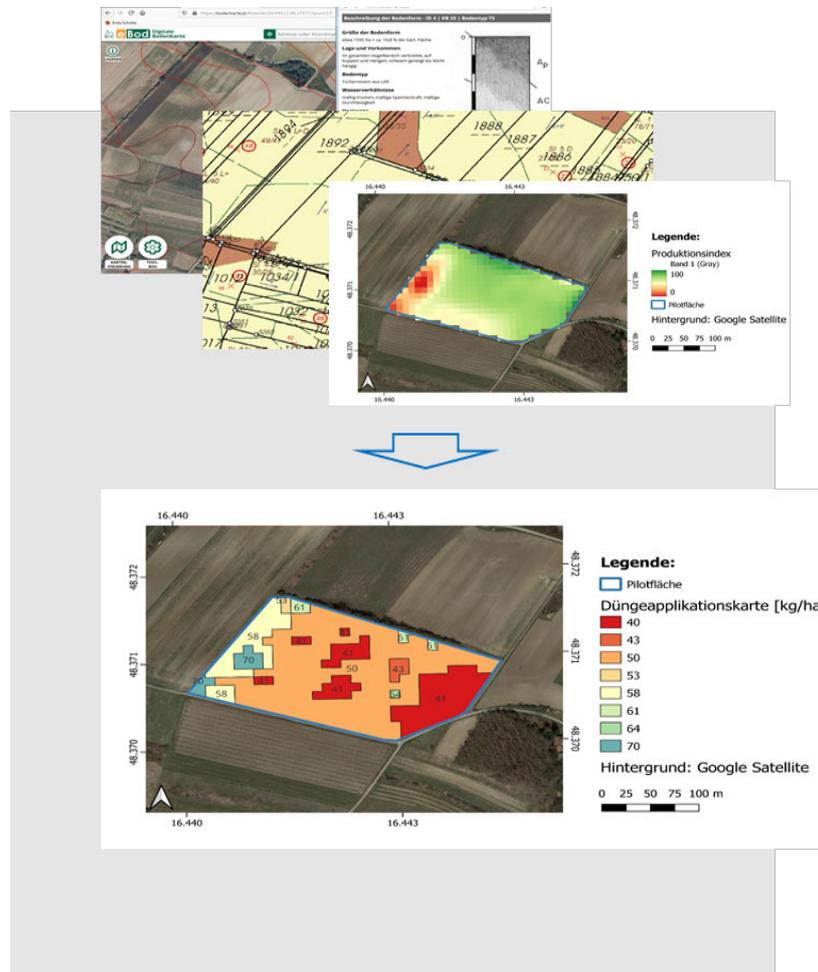


BODAT -

Bodendatenanalyse Finanzbodenschätzung und Bodenkartierung

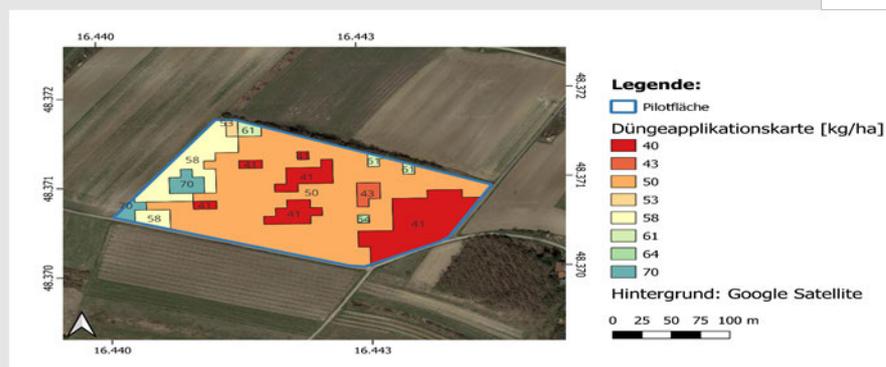
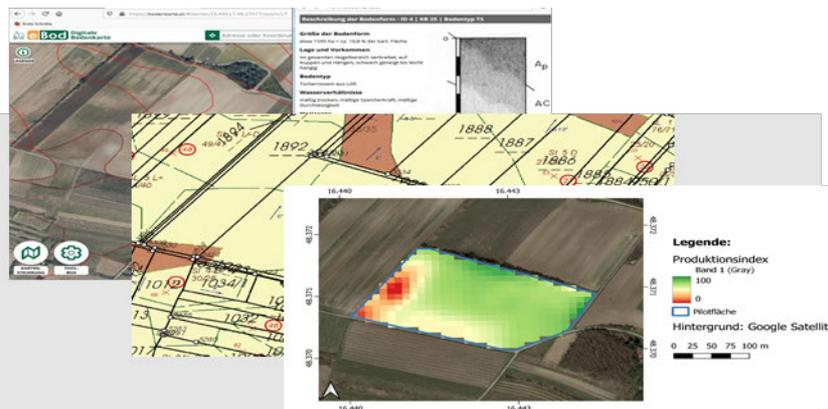


BODAT -

Bodendatenanalyse Finanzbodenschätzung und Bodenkartierung



Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen



Wien, 2022

Impressum

Projektnehmer/in: AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion

Adresse: Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

Projektleiter/in: Dr. Andreas Baumgarten

Tel.: 0664/8398099

E-Mail: andreas.baumgarten@ages.at

Projektmitarbeiter/in: Dr. Hans-Peter Haslmayr & DI (FH) Michael Schwarz

Tel.: 0650/2633326

E-Mail: hahape@gmx.at

Kooperationspartner/in: BFW – Bundesforschungszentrum für Wald: Günther Aust, Stefan Forstner; Büro Christian Rodlauer; Umweltbundesamt: Martin Neuwirth, Erik Obersteiner; Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer: Josef Springer; Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen: Roland Neissl; Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie Wieselburg: Philipp Kastenhofer, Markus Gansberger.

Finanzierungsstellen: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Projektlaufzeit: 2020-2022

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.



Wien, 2022. Stand: 13. Oktober 2022

Inhalt

1 Zusammenfassung	6
2 Einleitung	7
3 Material und Methoden.....	9
3.1 Österreichische Finanzbodenschätzung	9
3.1.1 Allgemeine Grundlagen	9
3.1.2 Bodenklimakurven	14
3.2 Österreichischen Bodenkartierung	16
3.2.1 Grundlegende Begriffe der Bodenkartierung	16
3.2.2 Aufbau	18
3.3 Fernerkundung	20
3.3.1 Indizes.....	24
3.3.2 Beschreibung Produktionsindex.....	25
3.3.3 Präzisionslandwirtschaft	28
3.4 Datenaufbereitung für die Pilotfläche KG Putzing	33
3.4.1 Schätzungsreinkarte	34
3.4.2 Vergleichsstücke (VSt)	35
3.4.3 Datenauszug Schätzungsbuch	41
3.5 Feldtage	41
4 Ergebnisse	42
4.1 Finanzbodenschätzung.....	42
4.1.1 Datenstruktur Vorschlag	42
4.1.2 Möglichkeiten des Precision Farmings	43
4.2 Zusammenführung der Daten aus Finanzbodenschätzung und Bodenkartierung	44
4.2.1 Ergebnis der Gegenüberstellung	46
4.3 Ergebnis Fernerkundung	47
4.4 Ergebnisse aus den Pilotgebieten	49
4.4.1 Untersuchungsgebiet in der KG Putzing	49
4.4.2 Untersuchungsgebiet in der KG Dörnbach	57

4.4.3 Untersuchungsgebiet in der KG Neufeld an der Leitha	63
4.4.4 Untersuchungsgebiet in der KG Nonsbach.....	66
4.4.5 Untersuchungsgebiet in der KG Ebenzweier	69
4.4.6 Untersuchungsgebiet in der KG Altirdning.....	74
5 Schlussfolgerungen und Diskussion	78
5.1 Finanzbodenschätzungsdaten	81
5.1.1 Digitale Nacherfassung der Schätzungsbuchdaten.....	81
5.2 Ausblick	85
6 Literatur	90
7 Anhang.....	92

1 Zusammenfassung

Die Digitalisierung ist derzeit dabei auch in der Landwirtschaft Einzug zu halten. Das wirtschaftliche und ökologische Potential, welches in der Technologie „Precision Farming“ steckt, kann vor allem dann umfassend ausgeschöpft werden, wenn grundlegende Informationen aus Bodenkarten und Satellitendaten bestmöglich genutzt werden. Die in jüngerer Vergangenheit beträchtlich erhöhte Verfügbarkeit von zeitlich, räumlich und radiometrisch hochaufgelösten Satellitendaten ermöglicht ein aktuelles Monitoring der Erdoberfläche. Mit Hilfe dieser Daten kann jederzeit der aktuelle Zustand der Vegetation auf landwirtschaftlichen Flächen beurteilt werden. In Kombination mit beiden österreichischen Bodeninformationssystemen – Finanzbodenschätzung und Bodenkartierung – eröffnen sich potentiell neue Möglichkeiten aktueller indirekte Information zu Bodeneigenschaften zu erhalten. Der erzielbare Mehrwert einer Zusammenführung dieser Grundlagen wurde im gegenständlichen Projekt innerhalb von sechs Pilotflächen überprüft und dabei die auftretenden Schwierigkeiten und daraus resultierende Unsicherheiten erfasst.

Nach den durchgeführten Arbeiten lässt sich das Potential der verschiedenen Datenquellen erkennen. Vor allem die Kombination von Fernerkundungsdaten mit im Feld erhobenen Daten eröffnet neue Möglichkeiten. So können die Informationen der Satellitenaufnahmen für die Abgrenzung von Bodeneinheiten, vor allem solcher mit extremen Eigenschaften (z.B. Minderertragsstandorte wie Böden über hoch anstehenden Schotterkörpern), im Feld sehr aufschlussreich sein. Weiters ist die ständige Verfügbarkeit und Aktualität der Fernerkundungsdaten von sehr hohem Wert. Aus den Satellitendaten wurde ein Vegetationsindex (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) und drei biophysikalische Variablen (Leaf Area Index – LAI, Fraction of absorbed photosynthetically active radiation – FAPAR, Fraction of Green Vegetation Cover – FCOVER, Enhanced Vegetation Index – EVI) berechnet und daraus für den Boden wichtige Indikatoren abgeleitet. Durch Hinzuziehung von Bodeneigenschaften aus den Bodendaten (Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserstufe und Grobbodenanteil) wurden Düngeapplikations- und Aussaatkarten für manche Flächen der Pilotgebiete erstellt.

Während der Versuch einer Zusammenführung der beiden Bodendatenbestände zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis geführt hat und dies in der derzeit vorliegenden Datenstruktur für größere Untersuchungsgebiete automatisiert auch grundsätzlich gar nicht möglich ist, konnte gezeigt werden, dass in der Kombination der Finanzbodenschätzungsdaten mit jenen der Fernerkundung durchaus Potential für die Erstellung von Karten als Grundlage für eine Präzisionslandwirtschaft gegeben ist.

2 Einleitung

Die Digitalisierung ist derzeit dabei auch in der Landwirtschaft Einzug zu halten. Während die Technologien der sogenannten Präzisionslandwirtschaft („Precision Farming“) weltweit immer mehr an Bedeutung gewinnen, wurden sie im Jahr 2016 in Österreich nur von ca. 6% der LandwirtInnen genutzt. Das wirtschaftliche und ökologische Potential (etwa durch den effizienteren Einsatz von Betriebsmitteln), welches dem Precision Farming innewohnt, kann jedoch voraussichtlich dann bestmöglich ausgeschöpft werden, wenn bereits vorhandene Bodeninformationen zusammen mit neuen Datenprodukten (z.B. Satellitendaten) gemeinsam genutzt werden. Der erzielbare Mehrwert einer Zusammenführung dieser Grundlagen soll im geplanten Projekt überprüft sowie dabei auftretende Schwierigkeiten und daraus resultierende Unsicherheiten erfasst werden. Die Eingangsdaten können schließlich zu einer verlässlicheren Anwendung moderner Technologien im Sinne eines „ground truthings“ und damit zu einem verbesserten Landnutzungsmanagement führen.

Die beträchtlich erhöhte Verfügbarkeit von zeitlich, räumlich und radiometrisch hochaufgelösten Satellitendaten ermöglicht ein sehr aktuelles Monitoring der Erdoberfläche. Mit Hilfe der Daten kann jederzeit der aktuelle Zustand der Vegetation auf landwirtschaftlichen Flächen beurteilt werden. In Kombination mit zwei nahezu flächendeckend verfügbaren österreichischen Bodeninformationssystemen, Finanzbodenschätzung und der Bodenkartierung, eröffnen sich dadurch neue Möglichkeiten die Information zu Bodeneigenschaften in ihrer räumlichen Auflösung und Aktualität erheblich zu verbessern. Dieses Projekt liefert wertvolle Grundlagen um die Österreichische Landwirtschaft im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung des Sektors sowohl nachhaltiger als auch effizienter zu gestalten.

1.1 Projektziele

Folgende Zielsetzungen wurden für das gegenständliche Projekt formuliert:

- Evaluierung der beiden flächenbezogenen Bodendatenbestände Österreichs hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeiten in Bezug auf Digitalisierung in der Landwirtschaft sowie der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP);
- Aufzeigen der Möglichkeiten einer Verwendung der beiden Datensätze für betriebswirtschaftliche und agrarpolitische Maßnahmen;

- Identifizierung von Korrelationen einzelner Parameter aus beiden Datensätzen mit Fernerkundungsdaten (Sentinel-2);
- Identifizierung von Korrelationen einzelner Parameter aus beiden Datensätzen mit Ergebnissen des Projektes GIS-ELA;
- Prüfung der Möglichkeiten und des anlassspezifischen Mehrwertes einer Zusammenführung beider Datensätze in deren inhaltlichen Überschneidungszonen sowie Klärung der Frage, wie in Zukunft eine optimierte Bodenkarte aussehen kann;
- Prüfung der Möglichkeiten einer Zusammenführung von terrestrischen und Fernerkundungs-Datensätzen zur Optimierung und Weiterentwicklung der beiden bestehenden Bodeninformationssysteme (Bodenkartierung und Finanzbodenschätzung);
- Dokumentation der dafür notwendigen Abläufe zur Datenaufbereitung von Bodenkartierung und Finanzbodenschätzung.

3 Material und Methoden

Zunächst erfolgte die Auswahl von sechs Pilotgebieten mit einer Flächenausdehnung von je mindestens einem Quadratkilometer anhand von bodenkundlichen Gesichtspunkten in folgenden Katastralgemeinden (KG):

- KG Dörnbach (Gemeinde Wilhering, Oberösterreich)
- KG Ebenzweier (Gemeinde Altmünster, Oberösterreich)
- KG Neuhaus (Gemeinde Stainach-Pürgg, Steiermark), Irdning, Altirdning, Raumberg (Gemeinde Irdning-Donnersbachtal, Steiermark)
- KG Neufeld an der Leitha (Gemeinde Neufeld an der Leitha, Burgenland)
- KG Nonsbach (Gemeinde St. Georgen bei Obernberg am Inn, Oberösterreich)
- KG Putzing (Gemeinde Großebersdorf, Niederösterreich)

Von diesen Untersuchungsgebieten wurden die vorhandenen Informationen der Finanzbodenschätzung (Schätzungskarte und -buch), der Bodenkartierung sowie des Sentinel-2-Programms beschafft und aufbereitet.

3.1 Österreichische Finanzbodenschätzung

3.1.1 Allgemeine Grundlagen

Die Daten der Bodenschätzung stellen eine weltweit einmalige flächendeckende Bodendatenbasis aller landwirtschaftlich genutzten Flächen (ca. 2,6 Mio. ha) dar, wie es sie in vergleichbarer Weise nur noch in Deutschland gibt.

Die Daten liegen in der höchst möglichen Schärfestufe – d.h. katasterscharf – vor. Sie setzen sich aus flächenbezogenen Daten (Schätzungsreinkarte, GIS-Datensatz) und detaillierten Bodenbeschreibungen (Schätzungsbuch) zusammen.

3.1.1.1 Kennzahlen und Inhalte

- Es liegen rund 460 Musterstücke sowie rund 35 000 sog. Vergleichstücke als Punktdaten und ca. 2,5 Mio. Polygone als Flächendaten vor.
- Die Bodeninformation reicht bis mindestens einen Meter Tiefe.

- Die **digitale Schätzungsreinkarte -DBE** (d.i. der Schätzungskartenlayer plus Kataster) enthält folgende Informationen:
 - Bodentyp;
 - Kulturart lt. § 7 Abs. 1 Bodenschätzungsgesetz 1970 (Acker, Acker-Grünland, Grünland, Grünland-Acker, Hutweide, Streuwiese, Bergmahd);
 - Klassenbeschreibung (Acker: Bodenart, Zustandsstufe, Entstehungsart; Grünland: Bodenart, Zustandsstufe, Klimastufe, Wasserstufe);
 - Wertzahlen (Bodenzahl/Grünlandgrundzahl, Klassenzahl, Acker/-Grünlandzahl);
 - Geländeneigung;
 - Abgrenzungen der Polygone.

- Das **Schätzungsbuch** enthält folgende Informationen (rd. 2.5 Mio. Datensätze dzt. zu **60 % analog** d.s. ca. 1,9 Mio. Datensätze):
 - Bodentyp;
 - Kulturart lt. § 7 Abs. 1 Bodenschätzungsgesetz 1970 (Acker, Acker-Grünland, Grünland, Grünland-Acker, Hutweide, Streuwiese, Bergmahd);
 - Bezugsmusterstück (Bundes- oder Landesmusterstück);
 - Klassenbeschreibung (Acker: Bodenart, Zustandsstufe, Entstehungsart; Grünland: Bodenart, Zustandsstufe, Klimastufe, Wasserstufe);
 - Bodenhorizontierung und Beschreibung (Horizontmächtigkeit, Humus, Bodenart, Grobanteil, Kalk, sonstige Merkmale);
 - Geländeneigung;
 - Standortbeschreibung – Zu-/Abschläge (Gelände, Regional- und Lokalklima Bodenoberfläche, Welligkeit, Versteinung, Überschwemmungsgefährdung usw.);
 - Wertzahlen (Bodenzahl/Grünlandgrundzahl, Klassenzahl, Acker/-Grünlandzahl).

- Die Verknüpfung der Polygone der DBE mit den Daten des Schätzungsbuches erfolgt über den eine eindeutige Identifikationsnummer (ID), welche aus der 5-stelligen KG-Nummer, der Klassenflächennummer sowie der Sonderflächensuffixe (a-z) gebildet wurde.
- Die quantifizierte Einstufung der Ertragsfähigkeit der Böden erfolgt nach einem österreichweit standardisierten System (1-100 Punkte) basierend auf der Bewertung von Musterstücke.

- Aus den Daten des Schätzungsbuches können auch folgende Aussagen zu folgenden abgeleiteten Bodeneigenschaften getroffen werden:
 - die nutzbare Feldkapazität
 - Kationenaustauschkapazität
 - Versickerungsverhältnisse (Durchlässigkeit) der Böden abgeleitet werden.

- Die acht Bodenarten der Bodenschätzung sind in einem eigenen Texturdreieck definiert und können in andere Standards (z.B. ÖNORM) übertragen werden (eine Übertragung ist anhand einer durchschnittlichen Zusammensetzung der Bodenartenklassen (Sand/Schluff/Ton) aus den Musterstückanalysen möglich).
 - S Sand
 - SI anlehmiger Sand
 - IS lehmiger Sand
 - SL stark sandiger Lehm, stark lehmiger Sand
 - sL sandiger Lehm
 - L Lehm
 - IT lehmiger Ton
 - T Ton

- Die Klimaverhältnisse werden regional über Bodenklimakurven, Klimatische Wasserbilanz (K-Wert), Trockenindex, Klimastufen, Heutrocknung, Schneedecken, lokal betreffenden Frost, Wind und Sturm sowie Horizonteinengung berücksichtigt.

3.1.1.2 Schätzungsrahmen

Der Schätzungsrahmen ist ein Hilfsmittel für die Bewertung der Böden. Bodenzahl bzw. Grünlandgrundzahl (1 - 100) basieren auf den Klassenbeschreibungen und Wertzahlen (Boden- bzw. Grünlandgrundzahl) der Bundes- und Landesmusterstücke. Diese dienen funktional als Eichreihe bei der Erstellung des Schätzungsrahmens. Mit Hilfe des Rahmens können die übrigen Böden in Österreich im Vergleich zu den Musterstücken (Bodenzahl bzw. Grünlandgrundzahl) bewertet werden.

3.1.1.2.1 Ackerschätzungsrahmen

Beim Ackerschätzungsrahmen sind das die Kriterien:

- **Bodenart**
- 8 mineralische Bodenarten
 - S Sand
 - SI anlehmiger Sand
 - IS lehmiger Sand
 - SL stark lehmiger Sand / stark sandiger Lehm
 - sL sandiger Lehm
 - L Lehm
 - LT lehmiger Ton
 - T Ton
- 1 organische Bodenart
 - Mo - Moor
- **Zustandsstufe**
1 (beste) – 7 (ungünstigste)
- **Entstehungsart**
 - D Diluvium
 - Dg Diluvium mit hohem Grobanteil im Oberboden
 - Al Alluvium
 - Alg Alluvium mit hohem Grobanteil im Oberboden
 - V autochthon verwitterte Böden
 - Vg autochthon verwitterte Böden mit hohem Grobanteil im Oberboden
 - Lö Löss

		2.Überprüfung						
Bodenart	Entstehungsart	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D		43-36	35-29	28-22	21-17	16-12	11-7
	Dg			32-25	24-19	18-14	13-9	8-7
	Al		50-42	41-34	33-27	26-21	20-17	16-10
	Alg			38-31	30-26	25-20	19-12	11-7
	V		42-35	34-28	27-21	20-16	15-12	11-7
SI	Vg			30-24	23-19	18-14	13-9	8-7
	D	60-53	52-45	44-37	36-29	28-22	21-17	16-11
ST	Dg			40-33	32-25	24-19	18-14	13-7
	Al	68-60	59-51	50-43	42-35	34-28	27-22	21-15
	Alg			46-39	38-32	31-25	24-18	17-10
	V		50-43	42-36	35-29	28-21	20-16	15-10
	Vg			39-33	32-25	24-19	18-14	13-7
S/IS)	D	68-60	59-52	51-45	44-38	37-30	29-22	21-16
	Dg			48-42	41-34	33-26	25-20	19-13
	Lö	73-65	64-56	55-48	47-41	40-33	32-25	24-18
	Al	76-67	66-59	58-52	51-44	43-35	34-27	26-18
	Alg			55-48	47-38	37-31	30-23	22-16
IS	V	65-58	57-50	49-44	43-37	36-29	28-21	20-16
	Vg			47-41	40-33	32-25	24-20	19-12
	D	77-69	68-61	60-53	52-46	45-38	37-30	29-20
	Dg			56-50	49-42	41-33	32-25	24-15
	Lö	82-74	73-65	64-56	55-48	47-41	40-33	32-25
SL	Al	84-75	74-66	65-58	57-51	50-44	43-36	35-26
	Alg			61-55	54-48	47-40	39-30	29-21
	V	73-66	65-58	57-50	49-44	43-36	35-29	28-20
	Vg			53-48	47-40	39-33	32-25	24-15
	D	87-78	77-69	68-60	59-53	52-46	45-38	37-28
is/sL)	Dg			63-57	56-50	49-42	41-32	31-22
	Lö	92-83	82-74	73-65	64-56	55-48	47-41	40-32
	Al	94-84	83-75	74-66	65-58	57-50	49-42	41-32
	Alg			69-62	61-54	53-46	45-36	35-26
	V		73-65	64-57	56-49	48-42	41-34	33-24
sL	Vg			60-53	52-46	45-38	37-28	27-18
	D	92-83	82-74	73-66	65-58	57-50	49-42	41-33
	Dg			69-62	61-54	53-46	45-37	36-29
	Lö	100-90	89-80	79-71	70-62	62-55	54-46	45-36
	Al	100-90	89-80	79-71	70-62	61-54	53-45	44-35
L	Alg			74-66	65-58	57-49	48-39	38-29
	V		79-71	70-62	61-54	53-45	44-37	36-27
	Vg			65-58	57-49	48-40	39-29	28-18
	D	84-75	74-66	65-58	57-51	50-43	42-35	34-26
	Dg			61-55	54-47	46-39	38-31	30-21
LT	Al	90-80	79-71	70-62	61-54	53-46	45-38	37-27
	Alg			65-58	57-50	49-42	41-33	32-22
	V		70-63	62-54	53-46	45-38	37-29	28-20
	Vg			57-50	49-42	41-32	31-25	24-15
	D		67-60	59-53	52-45	44-38	37-28	27-18
T	Dg			56-49	48-42	41-32	31-23	22-14
	Al		73-65	64-56	55-48	47-39	38-29	28-18
	Alg			59-52	51-43	42-35	34-26	25-14
	V		64-56	55-48	47-40	39-32	31-23	22-15
	Vg			51-44	43-36	35-26	25-18	17-10
Mo			45-37	36-29	28-22	21-16	15-10	9-7

Abbildung 1: Ackerschätzungsrahmen

3.1.1.2.2 Grünlandschätzungsrahmen

Im Grünlandschätzungsrahmen sind folgende Kriterien maßgebend:

- **Bodenart**
- 4 mineralische
 - S Sand (S, SI)
 - IS lehmiger Sand (IS, SL)
 - L Lehm (sL, L)
 - T Ton (IT, T)
- 1 organische
 - Mo Moor
- **Zustandsstufe**
I (beste) - IV (ungünstigste)
- **Klimastufe - Regionalklima**
a (günstigste) - e (ungünstigste) Klimastufe
- **Wasserstufe (14 Stufen):**
 - 1 sehr gut, frisch
 - 2 gut
 - 3 feucht
 - 3- trocken
 - 3+- wechselfeucht
überwiegend feucht
 - 3++ wechselfeucht
überwiegend trocken
 - 4 sehr feucht - nass
 - 4- sehr trocken
 - 4+- sehr wechselfeucht
 - 4++ sehr wechselfeucht
überwiegend trocken
 - 5 nass
 - 5- extrem trocken
 - 5+- extrem wechselfeucht
überwiegend feucht
 - 5++ extrem wechselfeucht
überwiegend trocken

Bodenart	Zustandsstufe	Klimastufe	Wasserverhältnisse					2. Überprüfung Geländeneigung			
			1	2	3	4	5	Grad.	A	AGr GrA	Gr
			a	b	c	d	e				
S	I	a	65-56	55-47	46-38	-	-	4	4	-	-
		b	57-49	48-40	39-31	-	-	4	4	-	-
		c	51-43	42-34	33-25	-	-	6	6	4	-
		d	-	36-28	27-20	-	-	8	8	5	4
	II	a	56-47	46-39	38-30	29-22	-	10	10	7	5
		b	49-41	40-33	32-26	25-18	-	12	12	9	6
		c	43-35	34-28	27-21	20-14	-	14	14	10	8
		d	-	30-24	23-17	16-10	-	16	16	13	9
	III	a	47-39	38-31	30-23	22-14	-	18	19	15	10
		b	41-34	33-26	25-20	19-13	-	20	21	17	12
		c	36-29	28-23	22-17	16-10	-	22	24	19	14
		d	-	26-20	19-14	13-7	-	24	27	21	16
	IV	a	38-31	30-23	22-17	16-10	9-7	26	30	24	18
		b	33-26	25-20	19-14	13-8	7-5	28	34	26	20
		c	28-23	22-17	16-11	10-7	6-5	30	37	29	22
		d	-	19-14	13-9	8-6	5	32	41	32	24
IS	I	a	75-65	64-55	54-45	-	-	34	44	35	26
		b	67-57	56-48	47-39	-	-	36	48	38	29
		c	58-50	49-41	40-32	-	-	38	52	42	32
		d	-	42-34	33-26	-	-	40	56	45	35
	II	a	65-56	55-47	46-38	37-28	-	-	-	-	-
		b	58-49	48-40	39-32	31-25	-	-	-	-	-
		c	51-43	42-35	34-27	26-19	-	-	-	-	-
		d	-	37-31	29-22	21-15	-	-	-	-	-
	III	a	56-48	47-39	38-30	29-20	-	-	-	-	-
		b	50-42	41-34	33-26	25-18	-	-	-	-	-
		c	43-36	35-29	28-23	22-16	-	-	-	-	-
		d	-	30-25	24-18	17-13	-	-	-	-	-
	IV	a	48-39	38-31	30-23	22-17	16-9	-1	-2	1001	66-70
		b	41-34	33-26	25-20	19-14	13-7	-2	-4	1204	71-75
		c	35-29	28-23	22-17	16-10	9-5	-4	-6	1404	76-80
		d	-	24-19	18-13	12-8	7-5	-6	-8	1604	81-85
L	I	a	85-75	74-64	63-53	-	-	8	10	>1800	>85
		b	76-66	65-55	54-44	-	-	-	-	-	-
		c	66-56	55-46	45-34	-	-	-	-	-	-
		d	-	46-38	37-29	-	-	-	-	-	-
	II	a	75-65	64-54	53-44	43-33	-	-	-	-	-
		b	65-56	55-48	47-36	35-25	-	-	-	-	-
		c	57-50	49-40	39-31	30-20	-	-	-	-	-
		d	-	41-33	32-24	23-16	-	-	-	-	-
	III	a	63-55	54-46	45-35	34-26	-	-	-	-	-
		b	57-48	47-39	38-31	30-20	-	-	-	-	-
		c	49-42	41-35	34-25	24-16	-	-	-	-	-
		d	-	36-27	26-18	17-12	-	-	-	-	-
	IV	a	54-46	45-36	35-28	27-19	18-10	-	-	-	-
		b	48-41	40-32	31-24	23-15	14-9	-	-	-	-
		c	42-35	34-27	26-19	18-11	10-6	-	-	-	-
		d	-	28-22	21-14	13-8	7-5	-	-	-	-
T	I	a	78-68	67-59	58-48	-	-	8	1004	66-70	
		b	70-61	60-52	51-41	-	-	10	1204	71-75	
		c	62-54	53-44	43-35	-	-	12	1404	76-80	
		d	-	44-37	36-29	-	-	14	1604	81-85	
	II	a	67-58	57-50	49-41	40-32	-	-	-	-	-
		b	60-53	52-44	43-35	34-25	-	-	-	-	-
		c	53-46	45-37	36-27	26-18	-	-	-	-	-
		d	-	37-29	28-21	20-14	-	-	-	-	-
	III	a	57-49	48-41	40-32	31-23	-	-	-	-	-
		b	51-44	43-35	34-26	25-19	-	-	-	-	-
		c	43-36	35-28	27-21	20-14	-	-	-	-	-
		d	-	28-23	22-17	16-10	-	-	-	-	-
	IV	a	48-40	39-33	32-23	22-15	14-9	-	-	-	-
		b	42-35	34-26	25-20	19-14	13-9	-	-	-	-
		c	36-29	28-22	21-17	16-11	10-7	-	-	-	-
		d	-	25-19	18-12	11-8	7-5	-	-	-	-
Mo	I	a	50-43	42-35	34-27	-	-	-	-	-	
		b	46-40	39-32	31-25	-	-	-	-	-	
		c	43-38	37-30	29-23	-	-	-	-	-	
		d	-	32-25	24-18	-	-	-	-	-	
	II	a	45-38	37-31	30-24	23-16	-	-	-	-	
		b	41-35	34-28	27-21	20-14	-	-	-	-	
		c	37-33	32-26	25-18	17-12	-	-	-	-	
		d	-	28-21	20-15	14-9	-	-	-	-	
	III	a	38-31	30-25	24-18	17-12	11-7	-	-	-	
		b	34-28	27-21	20-15	14-9	8-5	-	-	-	
		c	30-24	23-18	17-13	12-8	7-5	-	-	-	
		d	-	20-15	14-10	9-7	6-5	-	-	-	
	IV	a	30-25	24-19	18-13	12-8	7-5	-	-	-	
		b	27-22	21-16	15-11	10-7	6-5	-	-	-	
		c	24-19	18-14	13-9	8-6	5	-	-	-	
		d	-	16-12	11-9	8-6	5	-	-	-	

Abbildung 2: Grünlandschätzungsrahmen

3.1.1.3 Texturdreieck der Bodenschätzung

Das Texturdreieck der Bodenschätzung definiert die Feinbodenanteile von Sand, Schluff und Ton für die 8 Bodenarten des Ackerschätzungsrahmens. Durch die graphische Definition der Bodenarten im Texturdreieck können diese Bodenarten (Klassen) auch auf andere Systeme, wie das ÖNORM-System (siehe Abbildung 3) übertragen werden.

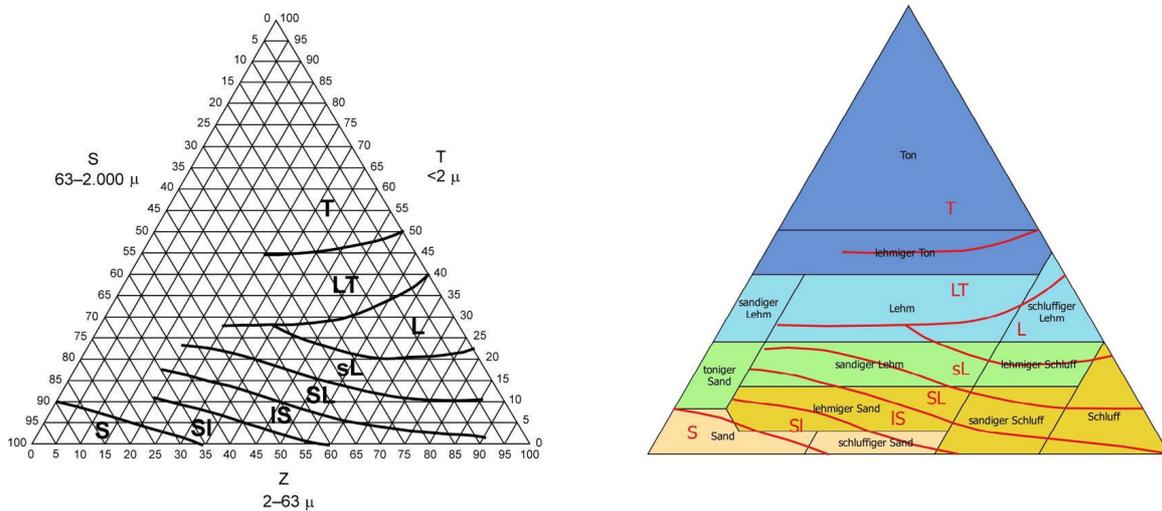


Abbildung 3: Texturdreieck der Bodenschätzung und Verschneidung mit dem ÖNORM-Texturdreieck

3.1.2 Bodenklimakurven

Die Bodenklimakurven beruhen auf Erfahrungswerten in Abstimmung mit dem Schätzungsrahmen. Sie dienen der Abschätzung des Einflusses des Regionalklimas (Temperatur und Niederschlagsverhältnisse) im Zusammenspiel mit den durchschnittlichen Bodenartverhältnissen auf die natürliche Ertragsfähigkeit eines Bodens anhand folgender Eingangsparameter:

- Bodenart (lt. Texturdreieck Bodenschätzung)
- Jahresniederschlag mm
- 14:00-Temperatur (IV-VIII)
- Jahreswärmesumme (Harlfinger/Knees)

=> Mittelwert der Bodenklimakurvenwerte Zu- / Abschlagswerte aus 14:00 - Temperatur (IV-VIII)/Jahresniederschlag und Jahreswärmesumme/Jahresniederschlag der durchschnittlichen Bodenart der Klassenfläche (Polygon).

Für jede Kombination aus Wärmesummen (bzw. 14:00-Temperaturen) und Jahresniederschlagsmengen wird ein prozentueller Zuschlag oder Abschlag der natürlichen Ertragsfähigkeit des Bodens dargestellt.

Sie bilden die Relation der Bodenfruchtbarkeit für die 8 Bodenarten (Sand bis Ton) in Abhängigkeit von der Bodenschwere <-> Regionalklima (Niederschlag, Temperatur) und sich daraus abzuleitenden unterschiedlichen Bodeneigenschaften ab, z.B.

- Sandböden – warme Böden - rasche Erwärmung im Frühjahr,
- Tonböden - kalte Böden – langsame Erwärmung im Frühjahr.

Diese Kurven geben die Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit, die nutzbare Feldkapazität in Zusammenspiel mit den regionalen Klimaverhältnissen in Form eines Zu- oder Abschlags von der Bodenzahl wieder. Denn auch ein sehr fruchtbarer Boden kann ohne das passende Klima seine potentielle Ertragsfähigkeit nicht realisieren.

Über die Parameter Bodenart/14:00-Temperatur/ Wärmesumme kann auch ein Konnex zwischen Bodendaten und Klima hergestellt werden.

Weitere wesentliche regionalklimatische Klimafaktoren sind die Klimatische Wasserbilanz und der Trockenindex. Der Klimarahmen der Bodenschätzung ist im Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung dokumentiert (Harlfinger & Knees, 1999).

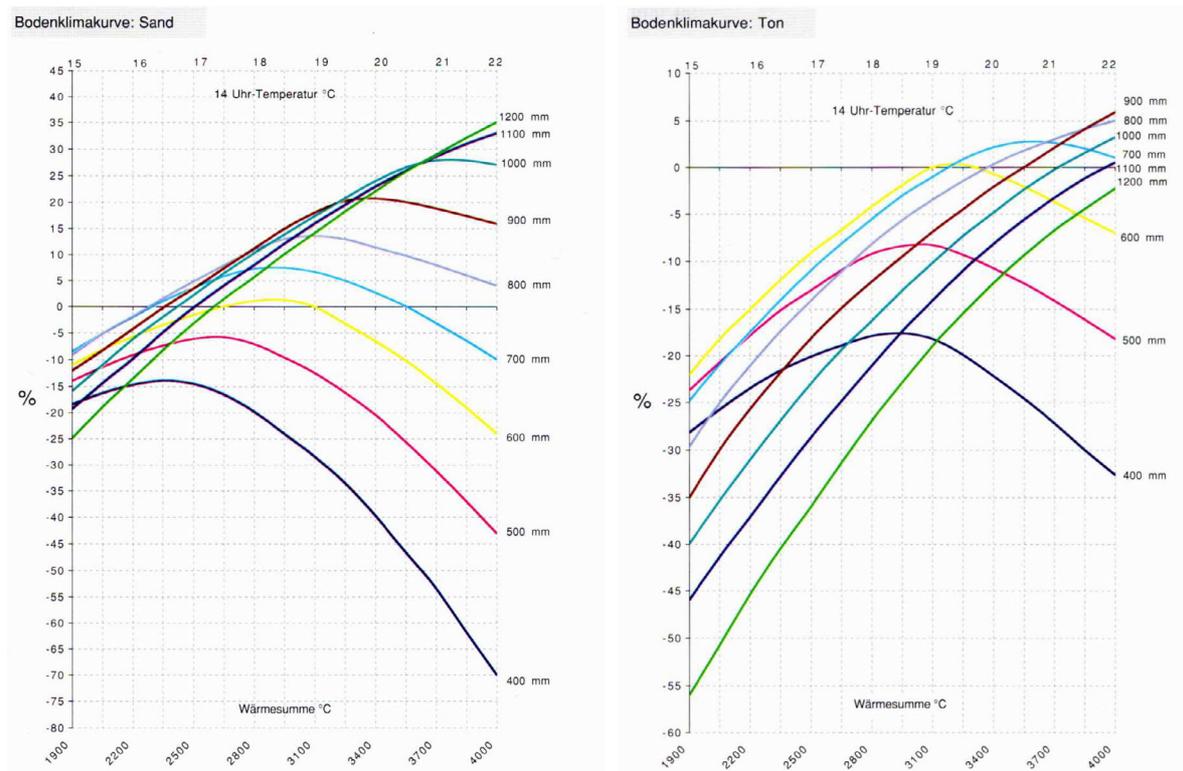


Abbildung 4: Beispiele von Bodenklimakurven für die Bodenarten Sand bzw. Ton ; 14:00-Temperatur/Jahreswärmesumme

Weitere Beschreibungen der Grundlagen zu den Daten der Finanzbodenschätzung finden sich im Kap. 3.4.

3.2 Österreichischen Bodenkartierung

Die Landwirtschaftliche Bodenkarte der Österreichischen Bodenkartierung stellt die Bodenverhältnisse der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs übersichtlich und leicht verständlich dar. Die anwenderfreundliche Aufbereitung der Daten erlaubt auch Nutzern ohne besondere Fachkenntnis einen kostenfreien und unkomplizierten Zugang zu bodenkundlicher Information der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs (www.bodenkarte.at).

3.2.1 Grundlegende Begriffe der Bodenkartierung

Bodentyp (allgemein gültig)

Der Bodentyp bezeichnet ein bestimmtes bodenkundliches Erscheinungsbild, aus dem Entstehung (Genese) und Dynamik eines Bodens sowie in der Folge dessen grundsätzliche Horizontabfolge hervorgehen. Die Klassifizierung folgt einer systematischen Einteilung nach festgelegten Kriterien. Im Fall der Österreichischen Bodenkartierung sind diese Kriterien in der Anweisung zur Durchführung der Kartierung festgelegt (Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft 1967). Böden, die demselben Bodentyp angehören können aber, abgesehen von den grundsätzlichen, für diesen Bodentyp charakteristischen und definierten Merkmalen, sehr unterschiedlich ausgeprägt sein.

Bodenhorizont (allgemein gültig)

Annähernd horizontal (oberflächenparallel) verlaufende Schicht in einem Bodenprofil, welche im Vergleich zu darüber oder darunterliegenden Schichten deutlich abweichende Eigenschaften, wie z.B. Farbe, Durchwurzelung, Humus- oder Steingehalt aufweist. In einem Bodenprofil ist in der Regel von oben nach unten eine Horizontabfolge erkennbar. Horizonte sind durch bodenbildende Prozesse entstanden und nicht mit Schichten zu verwechseln, die durch Sedimentation entstanden sind. Die Horizontbezeichnungen werden mit einem Großbuchstaben abgekürzt (für die Österreichische Bodenkartierung vgl. Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft 1967; für die allgemein gültigen Horizontsymbole vgl. Nestroy et al. 2011).

Bodenart (Textur)

Die Bodenart der Österreichischen Bodenkarte ergibt sich aus der Verteilung der mineralischen Bodenbestandteile auf definierte Korngrößenklassen (Sand, Schluff, Ton; vgl. Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft 1967, S.77 ff). Die im Texturdreieck abgegrenzten Klassen entsprechen jenen der ÖNORM L 1050 (Abbildung 5).

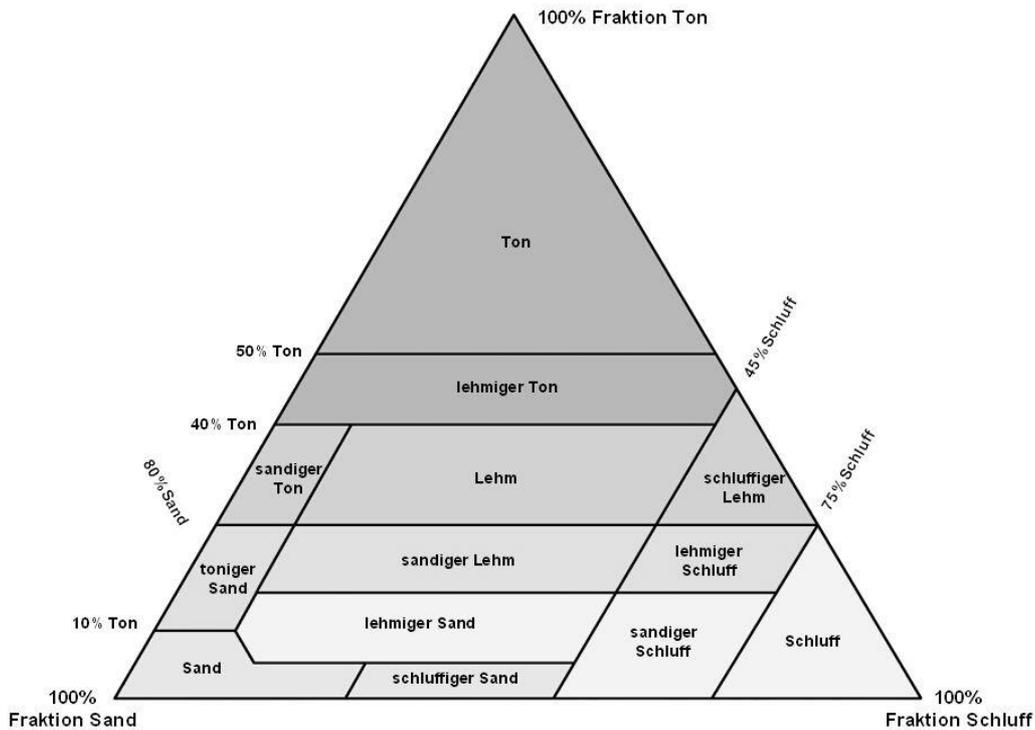


Abbildung 5: Texturdreieck der Österreichischen Bodenkartierung

Bodenform

Die Bodenform ist die Kartierungseinheit der Landwirtschaftlichen Bodenkarte. Flächen die derselben Bodenform angehören, zeigen ähnliche, in einer definierten Schwankungsbreite übereinstimmende, allgemeine Standortmerkmale und horizontspezifische Eigenschaften. Sie stimmen in Horizontabfolge und Bodentyp überein. Zu den allgemeinen Standortmerkmalen einer Bodenform zählen z.B. der Landschaftsraum, die Wasserverhältnisse oder die Geländeneigung. Daher liefert die Angabe der Bodenform eine sehr umfangreiche Beschreibung eines Standortes nach bodenkundlichen Gesichtspunkten.

Bodenformkomplex

Ein Bodenformkomplex ist eine Kartierungseinheit, welche verschiedene Bodenformen umfasst, die sich kleinräumig abwechseln, so dass die einzelnen Bodenformen wegen ihrer geringen Ausdehnung der zusammenhängenden Flächen nicht getrennt dargestellt werden können. Die einzelnen Bodenformen eines Komplexes kommen in der Regel auch als eigene Kartierungseinheiten vor. Eine quantitative Auswertung von Bodeneigenschaften ohne lagebezogene Information innerhalb eines Komplexes ist möglich.

3.2.2 Aufbau

3.2.2.1 Bodenformbeschreibung (Flächendaten)

Auf der Bodenkarte sind die Bodenformen als rot abgegrenzte Polygone dargestellt. Die Beschreibung der Bodenform gilt für alle Polygone, die dieser Bodenform angehören. Deshalb sind die Eigenschaften mit einer für diese Bodenform definierten, Schwankungsbreite angegeben. Auf der Profilzeichnung zeigen schräg verlaufende Horizontgrenzen die mögliche Schwankungsbreite der Horizontmächtigkeiten an. Ebenso sind Mehrfachangaben zu Bodeneigenschaften möglich.

3.2.2.2 Profilbeschreibung (Punktdaten)

Für jede Bodenform wurden bei der Kartierung typische Bodenprofile (Referenzprofile) geöffnet, beschrieben und analysiert. Die Beschreibung eines Referenzprofiles mit den Analysedaten findet man in der Bodenkarte. Die Profilbeschreibung beinhaltet exakte Daten zu dieser Stelle, die sich in der Schwankungsbreite der zugehörigen Bodenform befinden müssen.

3.2.2.3 Datenumfang

3.2.2.3.1 Daten zur Bodenform

Die Daten zur Bodenform enthalten folgende Inhalte:

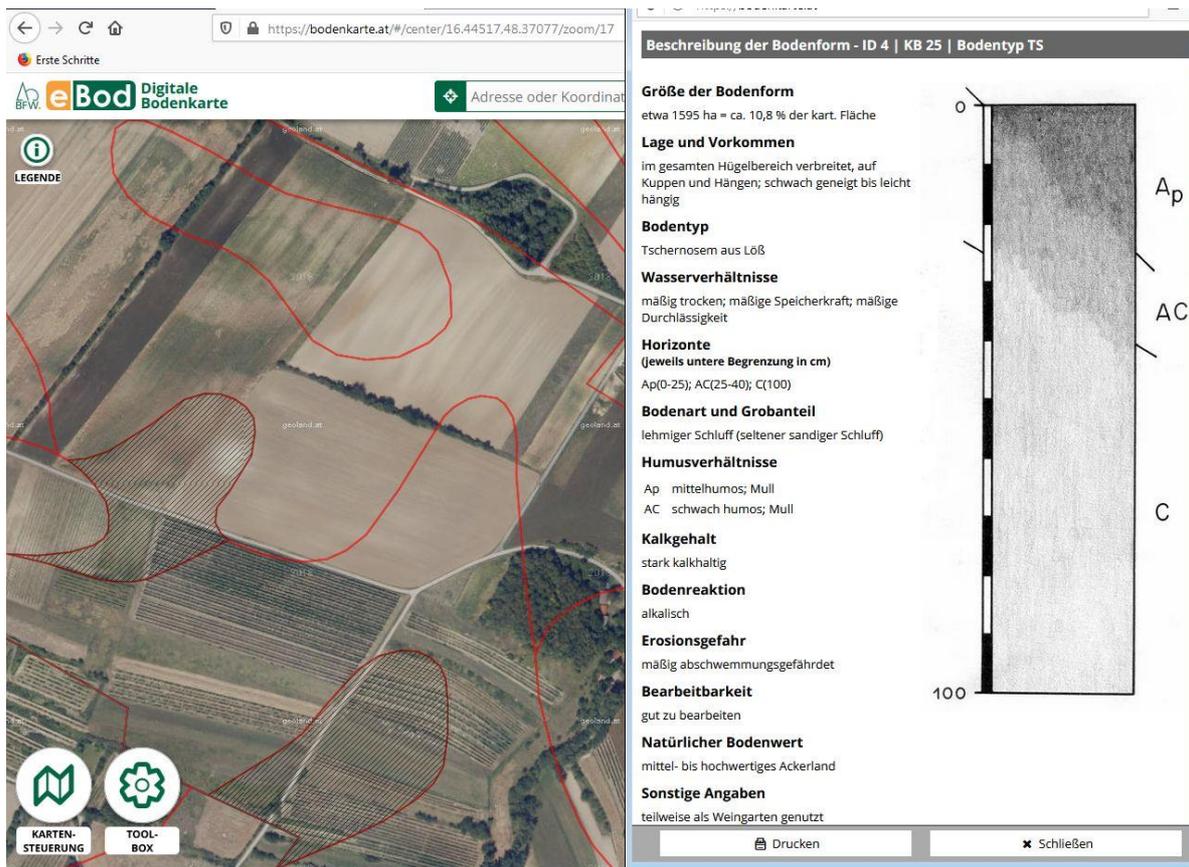


Abbildung 6: Pilotgebiet 2 (Putzing), Flächenbeschreibung der Bodenform 4 des Kartierungsbereiches 25

3.2.2.3.2 Daten zum Referenzprofil

Die Daten zum Referenzprofil enthalten folgende Inhalte:

Profil der Bodenform - ID 4 | KB 25

Profilstelle:

Kulturart: Acker; Seehöhe: 235m; Relief: Verebnung, 2° S; Wasserverhältnisse: mäßig trocken

Profilbeschreibung

- Ap 0 - 25cm; erdtrocken; lehmiger Schluff; mittelhumos; Mull; stark kalkhaltig; deutlich mittelkrümelig; feinporös; leicht aufbrechbar; dunkelbraun; gut durchwurzelt; geringe Regenwurm-tätigkeit; übergehend
- AC 25 - 35cm; erdtrocken; lehmiger Schluff; schwach humos; Mull; stark kalkhaltig; undeutlich mittelkrümelig; feinporös; leicht aufbrechbar; dunkelbraun; wenig durchwurzelt; geringe Regenwurm-tätigkeit; übergehend
- C 35 - 200cm; erdtrocken; lehmiger Schluff; stark kalkhaltig; undeutlich feinblockig/Kanten gerundet; Lößgefüge; leicht aufbrechbar; braun; nicht durchwurzelt; keine Regenwurm-tätigkeit

Ausgangsmaterial

Löß

Bodentyp

Tschernosem

Analyseergebnisse

Entnahme-tiefe cm	Zusammensetzung des Feinbodens in %			Humus (Walkley) %	Kalk (Scheibler) %	pH in 0,01 m CaCl ₂
	2,000 - 0,060 mm	0,060 - 0,002 mm	unter 0,002 mm			
25	11	70	19	1.9	13.8	7.4
30	14	68	18	1.2	19.7	7.5
65	12	72	16	-	26	7.6

Abbildung 7: Pilotgebiet 2 (Putzing), Beschreibung des Referenzprofils der Bodenform 4 des Kartierungsbereiches 25

3.3 Fernerkundung

In Projekt BODAT kommen Sentinel-2 – Fernerkundungsdaten, im Rahmen des EU-Erdbeobachtungsprogramms Copernicus zum Einsatz. Das Programm wird von der europäischen Kommission koordiniert und in Zusammenarbeit mit den Mitgliedsstaaten, mit der europäischen Weltraumorganisation (ESA), EUMETSAT, ECMWF, u.a. implementiert.

Im Rahmen des Programms wurde eine Flotte bestehend aus sieben Satellitentypen, welche enorme Datenmengen in unterschiedlicher zeitlicher, räumlicher und radiometrischer Auflösung liefern konstruiert und gestartet. Einer dieser Satelliten ist Sentinel-2, dessen Daten für das Biodiversitäts-Monitoring der österreichischen Kulturlandschaft verwendet wurden. Sentinel-2 besteht aus zwei Satelliten Sentinel-2A und Sentinel-2B und nimmt hochaufgelöste multispektrale Bilder mit globaler Abdeckung und einer hohen Wiederholungsrate auf, welche kostenfrei bezogen und weiterverarbeitet werden können.

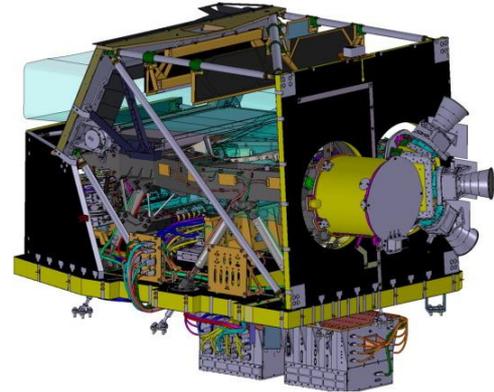
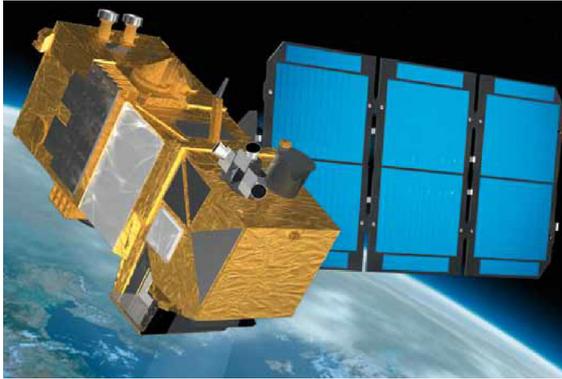


Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung von Sentinel-2A - Raumfahrzeug (links) und installiertes Multispektralinstrument (rechts) (Drusch et al., 2012)

Sentinel-2A wurde im Juni 2015 von Französisch-Guyana aus gestartet und umkreist seitdem die Erde in ca. 786 km Flughöhe in einem sonnensynchronen Erdorbit. Im März 2017 erfolgte der Start des Zwillingsatelliten Sentinel-2B.

Die beiden Satelliten sind jeweils mit einem Multispektralsensor (Abbildung 8) ausgestattet, welche das elektromagnetische Spektrum im Wellenlängenbereich zwischen 443 und 2190 nm in 13 spektralen Bändern erfassen. Die Sensoren weisen eine Schwadbreite von 290 km und eine räumliche Auflösung zwischen 10 und 60 m auf und ermöglichen es, Daten der Erdoberfläche alle 5 Tage aufzunehmen (ESA, 2016).

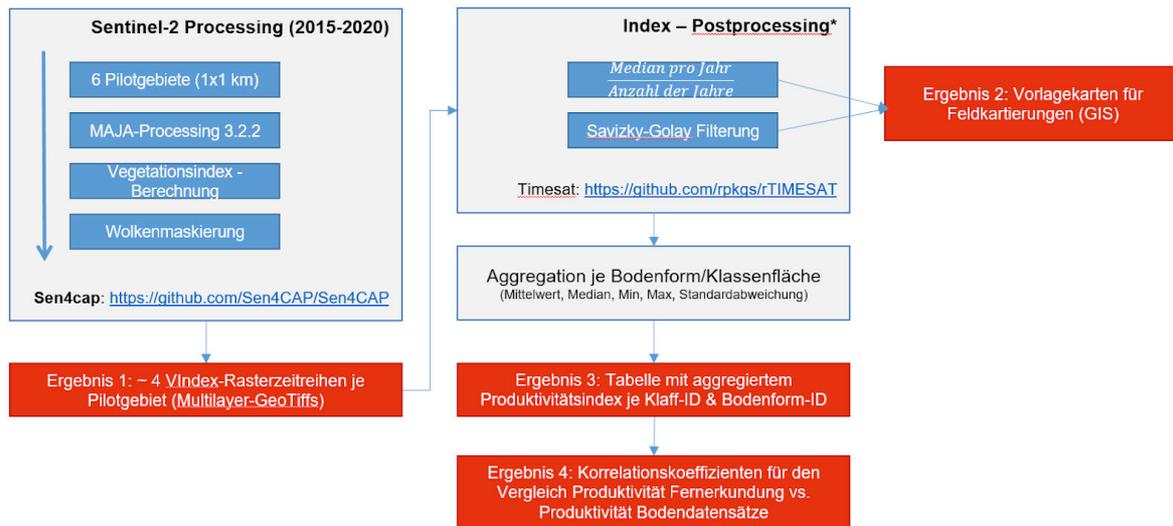


Abbildung 9: Workflow Vorprozessierung Fernerkundungsdaten

Bisher wurden für das vorliegende Projekt alle Sentinel-2 Aufnahmen, welche über den Pilotgebieten liegen bezogen und weiterverarbeitet. Die einzelnen Bilder werden in einem von der ESA vordefinierten Raster mit den Abmessungen von 1000 x 1000 km unterteilt (ESA, 2016) (Abbildung 10).

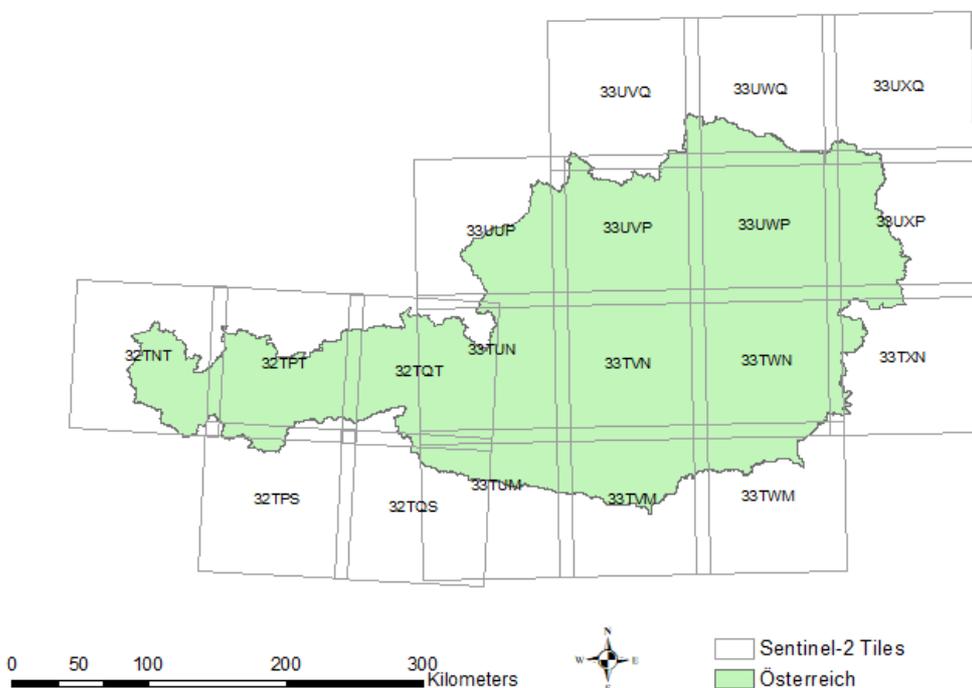


Abbildung 10: Überblick der Sentinel-2 Tiles (graue Polygone inkl. Bezeichnung) für Österreich; Projektion: MGI Austria Lambert; eigene Darstellung

Alle verwendeten Satellitenbilder von Sentinel-2 wurden mit Hilfe der frei zugänglichen Software Sen4cap (Version 2.0.1, URL: <http://www.esa-sen4cap.org/>, (Udroiu et al., 2017)) bezogen. Das System wurde am Proxmox-Cluster der Bundesanstalt für Bergbauernfragen (BABF) installiert. Nach dem Download von mehr als 3000 Sentinel-2 Level-1C Produkten konnte unter Verwendung des in Sen4Cap implementierten MAJA-Algorithmus (Ver. 3.2.2) die Atmosphären- und Terrainkorrektur durchgeführt werden. Dabei wurden nur jene Aufnahmen berücksichtigt die einen Bedeckungsgrad von 90% nicht überschritten. Dies erfolgte um Rechenkapazitäten einzusparen.

Der Algorithmus stellt des Weiteren eine Maske zur Verfügung, welche Wolken, Wolkenschatten und mit Schnee bedeckte Teile der Erdoberfläche ausmaskiert, um fehlerhafte Bildpunkte aus den Analysen ausschließen zu können (Abbildung 11).



Abbildung 11: Veranschaulichung der Wolkenmaske von MAJA 3.2.2 für eine Sentinel-2 Aufnahme (T33UVP). Die rot abgegrenzten Polygone wurden vom Algorithmus erfolgreich als Wolke detektiert. Die in Echtfarben abgebildete Szene wurde am 09.08.2017 aufgenommen.

Mit Hilfe des Level-3 Prozessors in Sen4Cap wurden im nächsten Schritt ein Vegetationsindex und drei biophysikalische Variablen für alle verfügbaren Sentinel-2 Level-2A Produkte

abgeleitet, um den zeitlichen Verlauf darstellen zu können. Die Variablen sind im Folgenden detailliert beschrieben.

3.3.1 Indizes

3.3.1.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Der Vegetationsindex ist ein Maß für die Vitalität der Vegetation. Der NDVI verknüpft Daten im nahen Infrarot (NIR) mit Daten im roten Spektralbereich (ROT), welche durch die Biomasse und Chlorophyllabsorption beeinflusst werden (Rouse et al. 1973). Er wird mit folgender Formel berechnet:

$$NDVI = \frac{NIR - ROT}{NIR + ROT}$$

3.3.1.2 Leaf Area Index (LAI)

Der LAI ist die Summe der einseitigen Blattfläche je Einheit Bodenfläche. Der Parameter ist als offizielle Essential Climate Variable (ECV) vom UN Global Climate Observing System (GCOS) anerkannt worden. Mit den Level-3 Prozessoren von Sen4-Cap konnte der Blattflächenindex durch das Training eines neuronalen Netzwerks mit PROSAIL-Simulationen abgeleitet werden (Jacquemoud et al., 2009; Li et al., 2015).

3.3.1.3 Fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FAPAR)

Die biophysikalische Variable FAPAR quantifiziert die Menge an Licht welche von lebenden Blättern für die Photosynthese absorbiert wird. FAPAR ist abhängig von der Struktur der Bodenbedeckung, von den optischen Eigenschaften der Vegetation sowie dem Aufnahmewinkel des Sensors. FAPAR wurde als eine von 50 ECV's vom GCOS anerkannt (Li et al., 2015).

3.3.1.4 Fraction of Green Vegetation Cover (FCOVER)

FCOVER wird zur Trennung von Vegetation und Boden für die Modellierung der Oberflächentemperatur und der Evapotranspiration verwendet. Die Variable wird u.a. vom Blattflächenindex abgeleitet, ist unabhängig von der Beleuchtungsrichtung und reagiert sensitiv auf der Menge an vorhandener Vegetation (Li et al., 2015).

3.3.1.5 Enhanced Vegetation Index (EVI)

Der Vegetationsindex EVI ist ein "optimierter" Vegetationsindex nach Heute et. al 2002, der das Vegetationssignal mit einer verbesserten Sensitivität in Gebieten mit vergleichsweise hoher Biomasse sehr gute Ergebnisse erzielt. Der EVI wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$EVI = G * \frac{NIR - ROT}{NIR + C1 * ROT - C2 * BLAU + L}$$

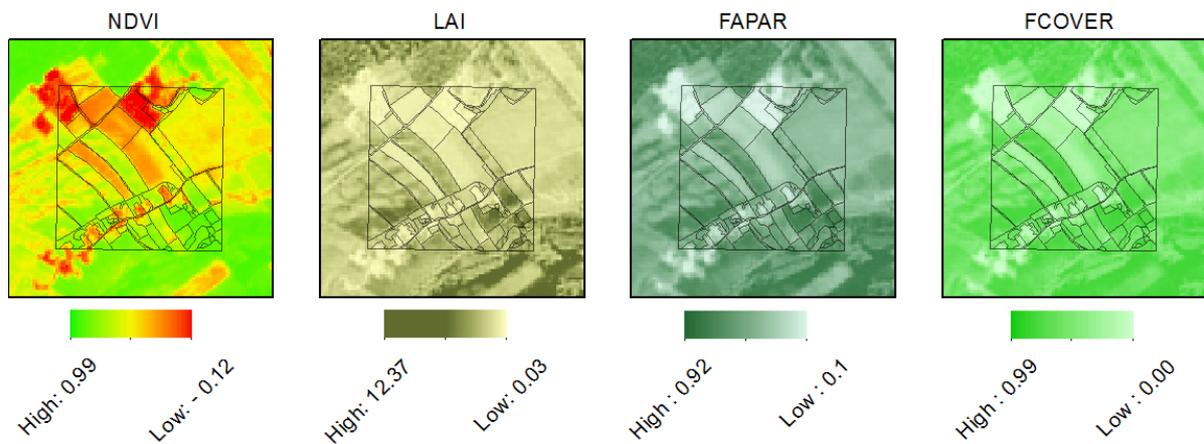


Abbildung 12: Abgeleitete Sentinel-2 - Variablen vom 20.06.2017 in Oberösterreich; Maßstab 1:24000; Projektion: WGS 1984 UTM Zone 33N

3.3.2 Beschreibung Produktionsindex

Mit Hilfe der Software Timesat Version 3.3 und dessen Implementierung in R (Package: rTimesat) konnten die verfügbaren Zeitreihen der oben beschriebenen Variablen für jedes Jahr von 2016-2020 geglättet, gefiltert und zu für den Boden sehr wichtige Indikatoren weiterverarbeitet werden (Eklundh 2016). Folgende Parameter können mit Hilfe von Timesat für jeden Pixel der Zeitreihe für jedes Untersuchungs Jahr abgeleitet werden:

- Beginn der Vegetationsperiode (a)
- Ende der Vegetationsperiode (b)
- Länge der Vegetationsperiode (c)
- Minimum Wert (d)
- Mitte der Vegetationsperiode (e)
- Maximum Wert (f)
- Amplitude (g)
- kleines Integral (h)

- großes Integral (i)

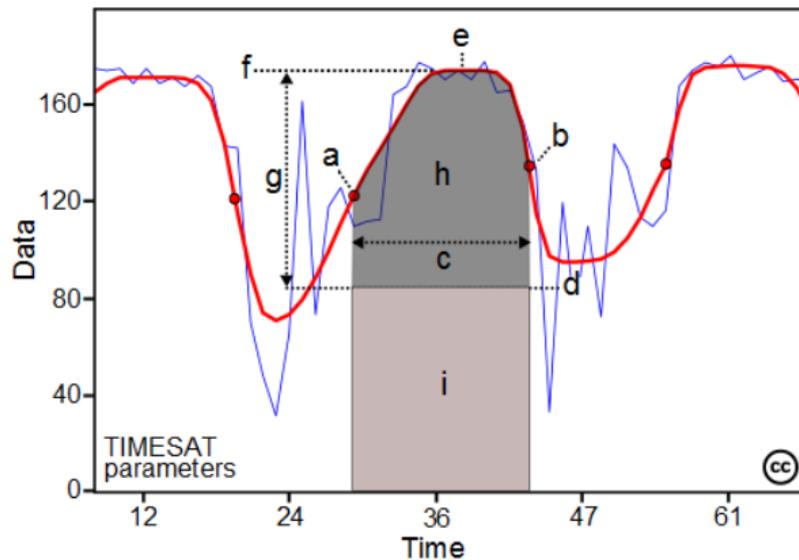


Figure 1. Some of the seasonality parameters generated in TIMESAT: (a) beginning of season, (b) end of season, (c) length of season, (d) base value, (e) time of middle of season, (f) maximum value, (g) amplitude, (h) small integrated value, (h+i) large integrated value. This figure is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.5 Sweden License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/se/). It is free to copy and use in other work.



Abbildung 13: Timesat Parameter

Zum Glätten der Zeitreihen wurde ein Savitzky-Golay Filter mit einer Fenstergröße von 4 gewählt. Zur Berechnung der phänologischen Parameter wurde die seasonal amplitude als Parameter gesetzt. Nähere Informationen zu den Einstellungen und deren Vor- und Nachteile sind im Benutzerhandbuch angegeben (Eklund & Jönsson 2017).

Die oben angegebenen einzelnen Ausgangsprodukte von Timesat geben die Information für jede Vegetationsperiode einzeln aus und sind deswegen sehr stark von der jeweiligen Kulturart abhängig. Die Abbildung 14 zeigt exemplarisch den Parameter „Beginn der Vegetationsperiode“ für die einzelnen Feldstücke 2020. Der spätere Start der vegetativen Phase von den Körnermais-Feldstücken, im Gegensatz zu den früheren Weizen-Schlägen, ist gut erkennbar.

Pilotgebiet 4: GISELA4 (KG Kirchberg/Dörsbach)

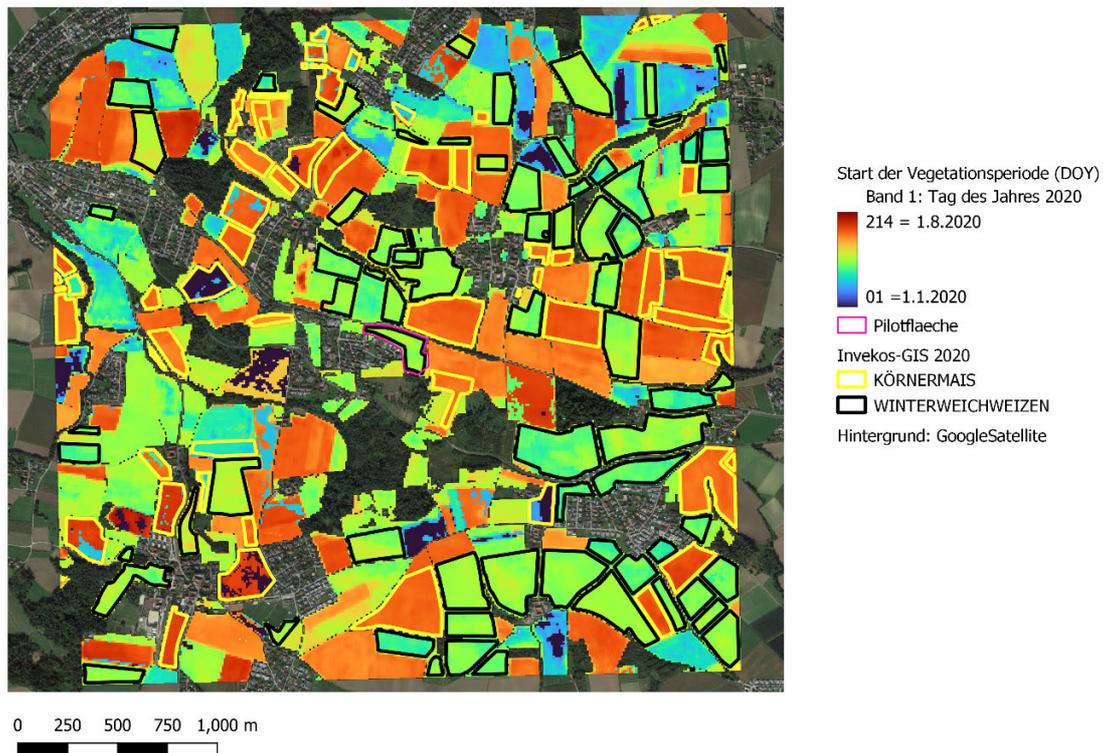


Abbildung 14: Darstellung des Starts der Vegetationsperiode 2020 für die Pilotfläche (rose Umrandung) und umgebende landwirtschaftlich genutzte Flächen in der KG Dörsbach (OÖ); gelb umrandete Feldstücke: Schlagnutzungsart Körnermais, schwarz umrandete Feldstücke: Schlagnutzungsart Winterweichweizen.

Um Aussagen über die Produktivität und etwaige Ertragszonen abzuleiten, wurden in einem weiteren Analyseschritt wie in Abbildung 9 im Abschnitt „Index-Postprocessing“ dargestellt, die Daten je Vegetationsperiode zwischen Start und Ende der Vegetationsperiode summiert um für jedes Jahr nur die kulturartenabhängige Wachstumsphase herauszufiltern. In einem letzten Schritt werden die aggregierten Layer aus den einzelnen Wachstumsphasen von 2017 bis 2021 gemittelt.

Für Feldstücke mit Grünlandbewirtschaftung wurde die Berechnung des Produktionsindex etwas angepasst. Der Grund dafür liegt in der erhöhten Komplexität der Vegetationsindex-Zeitreihen aufgrund der mehreren Mähereignisse je Vegetationsperiode und die im Bergland geringere Datendichte durch erhöhte Bedeckungsgrade (mehr Bewölkung im Durchschnitt). Deshalb wurden ausschließlich die Zeiträume vom Start der Vegetationsperiode bis zum ersten Grünlandschnitt je Vegetationsperiode berücksichtigt.

3.3.3 Präzisionslandwirtschaft

Fernerkundungsdaten finden heutzutage aufgrund der steigenden Verfügbarkeit und kostenfreien Nutzung in vielen Bereichen Anwendung. Dies gilt auch für die Landwirtschaft und dabei vor allem die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Mögliche Anwendungsfelder sind die Erstellung von Dünge-Applikationskarten, Aussaatkarten oder teilflächenspezifische Grünlandnachsaat.

Im folgenden Kapitel wird der methodische Ansatz zur Ableitung von Informationen für eine mögliche Anwendung in der Präzisionslandwirtschaft beschrieben. Dazu wurden auf Basis der oben beschriebenen Daten der Finanzbodenschätzung, der österreichischen Bodenkartierung und der Fernerkundung folgender Workflow (Abbildung 15) entwickelt. Der Workflow wurde unter Berücksichtigung der Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage (bmlrt.gv.at) erstellt.

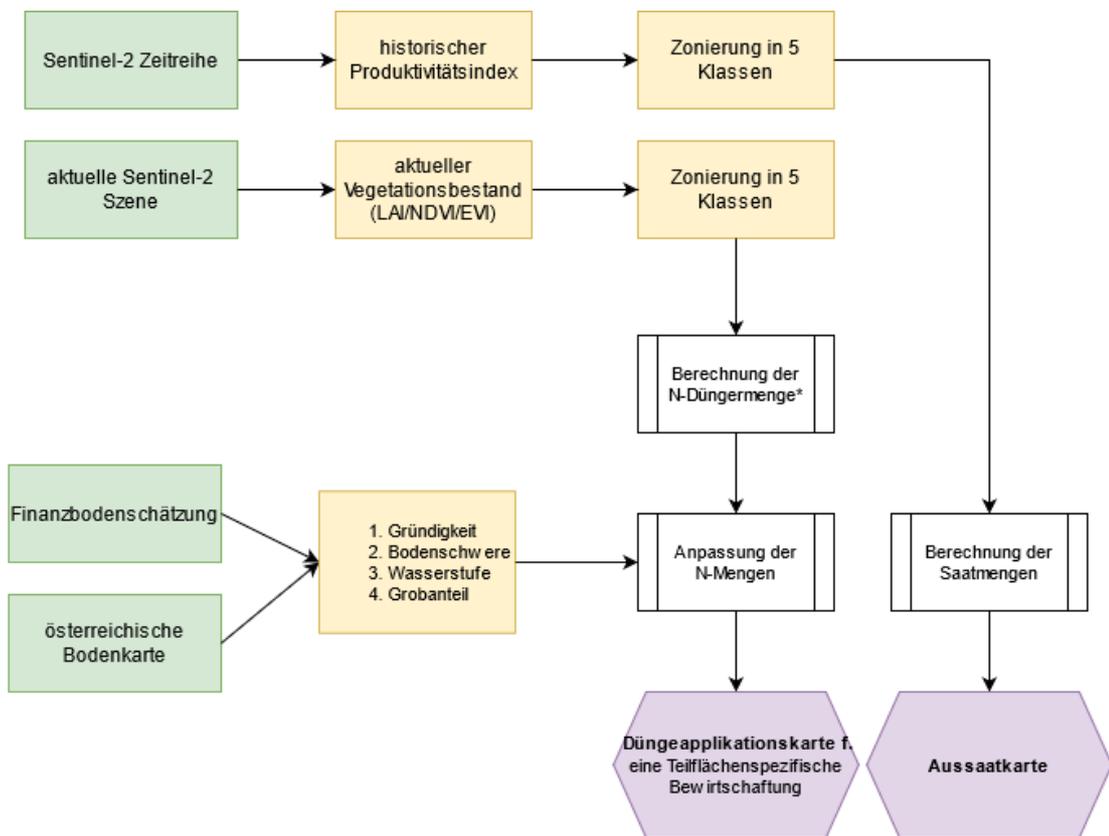


Abbildung 15: Workflow zur Ableitung von Informationen für Anwendungen in der Präzisionslandwirtschaft – zur Erstellung einer Düngeapplikationskarte sowie einer Aussaatkarte aus den österreichischen Bodendatensätzen; *) unter Verwendung der Terrazo-Applikation bei Getreide-Flächen und unter Berücksichtigung der Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage (bmlrt.gv.at).

Wie in Kapitel 3.4 beschrieben, wurde auf Basis der Sentinel-2 Fernerkundungsdaten je Pilotfläche ein historischer Produktionsindex erstellt. Dies wird vor allem deswegen gemacht, um den Effekt des kulturartenspezifischen Managements in diesen Daten herauszufiltern. Derartige Informationen werden in der Präzisionslandwirtschaft häufig verwendet um für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung Aussaatkarten zu erstellen¹. Für die Erstellung einer Dünge-Applikationskarte für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung wird hingegen ein aktuelles Satellitenbild herangezogen um den gegenwärtigen Bestand am Feld bestmöglich zu erfassen und in Zonen einteilen zu können. Nach Festlegung der Düngestrategie und der Düngeempfehlung für die vorliegende Kulturart wird die Düngemenge in 5 Klassen zugewiesen. Die Festlegung der Düngermenge in den jeweiligen Klassen kann/wird für Getreidefelder nach dem Düngemodell Terrazo berechnet/werden. Die maximal mögliche Düngermenge richtet sich dabei immer nach den gesetzlichen Rahmenbedingungen. Um etwaige Boden- und Umweltfaktoren miteinbeziehen, ermöglicht uns die Verschneidung mit den Bodendaten, Zu- und Abschläge bei der Düngemenge kalkulieren zu können. Die Variablen Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserstufe und der Grobbodenanteil wurden auf Grundlage der Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland ausgewählt. Ein Auszug aus der Richtlinie ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Zu- und Abschläge bei der Stickstoffdüngung in Abhängigkeit verschiedener Bodenfaktoren; Angaben in % vom Wert der Empfehlungsgrundlage für mittlere Ertragserwartung (BMLRT, 2022)

Bodenvariable	Einstufung	Korrektur der Düngermenge
Gründigkeit	seicht, mittel	0
	tief	+5 %
Bodenschwere	sehr leicht, leicht	-5 %
	mittelschwer	0
	schwer, sehr schwer	+5 %
Wasserstufe	sehr trocken	-5 %
	trocken bis mäßig feucht	0
	feucht, nass	-5 %
Grobbodenanteil	Kein Grobbodenanteil	0
	Grobbodenanteil vorhanden	-5 %

Um die vier in Tabelle 1 dargestellten Bodenvariablen verwenden zu können mussten die Daten aus den beiden österreichischen Bodendatensätzen extrahiert und in weiterer Folge

¹ Siehe http://www.alva.at/images/Publikationen/Tagungsband/Tagungsband_2022.pdf (Seite 113)

reklassifiziert werden. Dazu wurden die Information in vier LookUp-Tables (siehe Tabelle 2-Tabelle 6) aufbereitet und Gewichtungsfaktoren berechnet.

3.3.3.1 Gründigkeit

Die Variable Gründigkeit wurde aus den Bodenformen der österreichischen Bodenkarte entnommen und die Düngermenge wie folgt gewichtet. Grundsätzlich wird ein Dünger-Zuschlag von 5 % bei einem tiefgründigen Boden empfohlen.

Tabelle 2: Lookup-Table für die Variable Gründigkeit aus der Österreichischen Bodenkarte (Spalte 1 und 2); Spalte 3 ist der Gewichtungsfaktor für die Düngermenge nach der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (Seite 31).

Gründigkeit	Code	Gewichtungsfaktor
seichtgründig	1	1
seicht - mittelgründig	2	1
mittelgründig	3	1
mittel - tiefgründig	4	1
tiefgründig	5	1,05

3.3.3.2 Bodenschwere

Die Variable Bodenschwere wurde aus dem Attribut „Bodenart“ der Finanzbodenschätzung entnommen und wie folgt reklassifiziert.

Tabelle 3: Lookup-Table für die Variable Bodenschwere extrahiert aus der Bodenart der Finanzbodenschätzung. Spalte 3 ist der Gewichtungsfaktor für die Düngermenge nach der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (Seite 24).

Bodenart	Bodenschwere	Gewichtungsfaktor
S	leicht	0,95
SI	leicht	0,95
IS	leicht	0,95
SL	mittel	1
sL	mittel	1
L	schwer	1,05
LT	schwer	1,05
T	schwer	1,05

3.3.3.3 Wasserstufe (Grünland)

Die Variable Wasserstufe wurde für Grünland aus der Finanzbodenschätzung entnommen und wie folgt reklassifiziert.

Tabelle 4: Lookup-Table für die Variable Wasserstufe im Grünland der Finanzbodenschätzung. Spalte 3 ist der Gewichtungsfaktor für die Düngermenge nach der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (Seite 31).

BEV-Codes	Schätzung-Codes	Gewichtungsfaktor
0	-	
1	1	1,05
2	2	1,05
3	3	1
4	3-	1
5	3+-	1
6	4	0,95
7	4-	0,95
8	4+-	0,95
9	5	0,9
10	5-	0,9
11	5+-	0,95
12	3-+	1
13	4-+	0,95
14	5-+	0,9

3.3.3.4 Wasserstufe (Acker)

Die Variable Wasserstufe wurde für Ackerland aus der Bodenkartierung entnommen und wie folgt reklassifiziert.

Tabelle 5: Lookup-Table für die Variable Wasserstufe im Acker aus der österreichischen Bodenkarte. Spalte 3 ist der Gewichtungsfaktor für die Düngermenge nach der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (Seite 31).

eBOD-Codes	Übersetzung	Gewichtungsfaktor
0	uneinheitlich	1
1	sehr trocken	0,95
2	sehr trocken bis trocken	0,95
3	trocken	0,95
4	trocken bis mäßig trocken	1
5	mäßig trocken	1
6	mäßig trocken bis gut versorgt	1
7	gut versorgt	1,05
8	gut versorgte bis mäßig feucht	1,05
9	mäßig feucht	1
10	mäßig feucht bis feucht	1
11	feucht	0,95
12	feucht bis nass	0,95
13	nass	0,95
14	wechselfeucht	0,95
15	wechselfeucht mit Überwiegen der trockenen Phase	0,95
16	wechselfeucht mit Überwiegen der feuchten Phase	0,95

3.3.3.5 Grobbodenanteil

Der Grobbodenanteil wurde aus den Zusatzkürzel (siehe Spalte 1 Tabelle 6) des Klassenzeichens der Finanzbodenschätzung entsprechend dem Attribut „Bodenart“ eruiert. Da daraus nur das grundsätzliche Vorhandensein von Grobbodenmaterial abgeleitet werden kann, musste die Gewichtung wie folgt vereinfacht werden. Ist in der untersuchten Ertragszone grundsätzlich Grobbodenmaterial vorhanden, wurde ein Düngermenge-Abschlag von 5% berechnet. Laut Richtlinie für die sachgerechte Düngung wäre eigentlich erst beim Vorhandensein von mehr als 20% Grobbodenanteil im Boden ein solcher Abschlag miteinzukalkulieren.

Tabelle 6: Lookup-Table zu Bestimmung des Gewichtungsfaktors für den Grobanteil. Das Kürzel in Spalte 1 wurden aus der Variable Bodenart der Finanzbodenschätzung extrahiert.

Grobbodenanteil	Gewichtungsfaktor
Scho	0.95
Schu	0.95
Schü	0.95
Fe	0.95
Me	0.95
Gz	0.95
St	0.95
Schlier	0.95
Ki	0.95
KaScho	0.95
KaSChu	0.95
KaFe	0.95
KaKi	0.95

Wie in Abbildung 15 dargestellt, können die Bodeninformationen nun verwendet werden, um, entsprechend den Gewichtungsfaktoren, Zu- und Abschläge zur N-Düngermenge gemäß den oben angeführten Tabellen zu berechnen. Damit kann sichergestellt werden, dass bei Anwendungen von neuen Technologien in der Präzisionslandwirtschaft (wie z.B. die teilflächenspezifische Ausbringung von Stickstoffdünger) die Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland entsprechend umgesetzt wird.

3.4 Datenaufbereitung für die Pilotfläche KG Putzing

In diesem Kapitel wird anhand des Beispiels der KG Putzing die Aufbereitung und Struktur der Finanzbodenschätzungsdaten dargestellt.

3.4.1 Schätzungsreinkarte

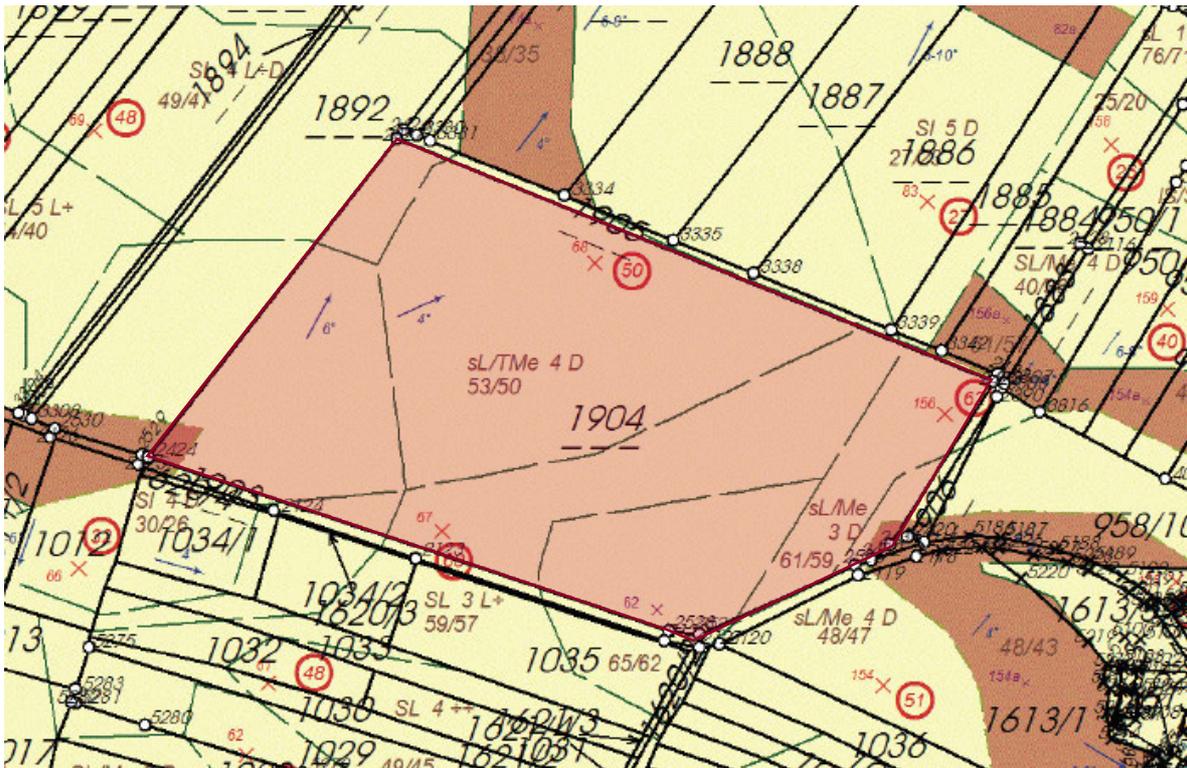


Abbildung 16: Schätzungsreinkarte KG Putzing (15214) GSt-Nr. 1904

KlassenflN	Klasse	Kulturart	Grabloch	GgrdZl/Boz	GgrdZl/Bo	GrZl/AZl
62	SL 2 Lō	A		65	65	62
64	IS 3 D	A		50	48	43
66	SI 4 D	A		32	30	26
67	SL 3 Lō	A		60	59	57
68	sL/TMe 4 D	A		50	53	50
154	sL/Me 4 D	A		51	48	47
156	sL/Me 3 D	A		62	61	59
154a	sL/Me 4 D	A		51	48	43
66a	SI 4 D	A		32	30	28

Abbildung 17: Klassenflächenliste auf GISELA-Fläche KG Putzing

Die Auflösung der Polygonabgrenzungen entspricht der Katasterebene. Als Reinschätzungskarte wird ein eigenständiger Layer (Digitale Bodenschätzungsergebnisse DBE) bezeichnet, in dem Klassen- und Sonderflächenpolygone enthalten sind. Die Darstellung, die durch Verschneidung des Katasters mit der Reinschätzungskarte ergibt die Schätzungsreinkarte, wie sie üblicherweise verwendet wird.

Die Datenhaltung und Verwaltung der DBE erfolgt durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV).

Die Kartierung der Klassen- und Sonderflächen wird unabhängig von den Eigentumsverhältnissen und Grundstücken durchgeführt. Das entscheidende Kriterium ist ausschließlich die Abgrenzung von Flächen mit einheitlichen Boden-, Gelände- und sonstigen Standortverhältnissen. Daher können Klassen- bzw. Sonderflächen Grundstücksteile aber auch mehrere Grundstücke bzw. Teilflächen davon umfassen. Um in die Karte aufgenommen zu werden, muss eine Kartierungsfläche eine Mindestgröße von 100 m² haben.

Klassen- und Sonderflächen sind grundsätzlich eigenständige, abgrenzte Polygone. Sonderflächen sind eine Hilfskonstruktion für die rationelle händische Durchführung der Kartierung.

Für den Fall der Pilotfläche in der KG Putzing zeigt der Vergleich mit den anderen Datensätzen die hohe Auflösung der Bodenschätzungsdaten:

- eBOD 3 Flächen- Bodenformen
- Fernerkundung 2 Flächen
- Bodenschätzung **10 Flächen** – Polygone davon 8 Klassenflächen und 2 Sonderflächen

3.4.2 Vergleichsstücke (VSt)

Um vor der eigentlichen Kartierung einen Überblick über Boden, Gelände und Geologie einer Katastralgemeinde zu gewinnen, werden im Vorfeld der eigentlichen Kartierung sog. Vergleichsstücke als Profilgruben aufgedigelt und detailliert beschrieben. Vergleichsstücke sind Punktdaten. Auf der Pilotfläche und in der näheren Umgebung war kein Vergleichsstück vorhanden.

Vergleichsstück Nr.: <u>1</u>		geschätzt unter Zugrundelegung des Bundes-/Lan.Jesmusterstückes Nr. <u>18</u>		Finanzlandesdirektion: <u>Wien</u>		Seehöhe <u>180</u> m																													
Kat. Gemeinde: <u>Putzing</u>		Kat. Gemeinde: <u>Aspersdorf</u>		Finanzamt: <u>Mistelbach</u>		Exposition: <u>eben</u>																													
Grundstücks-Nr.: <u>1404</u> M. Bl. <u>24</u>		Klasse <u>4 Dg</u> Werschofen <u>32/27</u>		Ortsgemeinde: <u>Großbebersdorf</u>		Relief: <u>Terrasse</u>																													
Tag der Besichtigung: <u>800820</u>						Lage: <u>windoffen</u>																													
Temperatur				Niederschlag mm				Windverhältnisse		Abrechnung für Lokalklima - %		Bergschatten																							
°C		°C		Jahr		Winter		Frühling		Sommer		Herbst		Schneefreie Tage		m/sec		Sturmstage		1. Exposition		4. Wind		Bergschatten											
1/4 IV-VIII		Jahr		Winter		Beginn		Anfang		Tage		Klimanote		Jahr		Winter		Frühling		Sommer		Herbst		Schneefreie Tage		m/sec		Sturmstage		1. Exposition		4. Wind		Bergschatten	
20.5		9.6		-0.3		18.3		24.2		2		600		105		140		225		130		30		8.0		45		1. Exposition		4. Wind		Bergschatten			
Horizonte		Mächtigkeit		Bodenfeuchte		Humus		Bodenart		Grobanteil		Kohlenstoff		Lagerung		Konsistenz		Struktur		Hohlräume		Bodenfarbe		sonstige Merkmale (z. B. Flecken, Konkretionen, Durchwurzelung, Übergänge)											
A _{po}		0-20/25		erdfr		h		Ls		ki "echo"		-		norm		pl nkl		krü + blok g		por		dbr		g durchw überg											
A		25-35		"		h		Ls		ki "scho"		-		d'		pl nkl		kor		por		dgraubr		g durchw überg											
A _D		35-45		"		h-hfl				scho im L-l's Packung																									
D		45-50		"						Quarzschiefer u. Grls																									
Bodentyp		Paratschernosem		Wasserverhältnis des Standortes		trocken		Kulturart		Klasse		Boden- bzw. Grünlandgrundzahl		Besonderheiten		±%		Acker- bzw. Grünlandzahl																	
Ausgangsmaterial		Flugsand auf altquart. Schotter		Bearbeitbarkeit		gut		Erosion/Akkumulation		A		Ls Scho 40		32		-6		29																	
Gründigkeit		mittel																																	

Vergleichsstücke für Acker- und Grünland

Bo 6 FLD: 1. Wien, Niederösterreich u. Burgenland. — 1. 76. 10.000 (Berichtigte Auflage) — Österreichische Staatsdruckerei, L61 05426

Handwritten signature

Abbildung 18: Beispiel VSt-Blatt Überprüfung 1

3.4.2.1 Schätzungsbuch

Die letzte Schätzung in der KG Putzing erfolgte 1980 Schätzung in der Überprüfungsperiode 1 (Digitaler Status des Schätzungsbuches ist – PDF – analog). Bei der Bodenschätzung erfolgt die Erfassung der Bodendaten auf Basis einer hinsichtlich Minimierung der Schreibarbeit optimierten Aufzeichnungsmethodik, die sich bei der analogen Feldaufnahme bewährt hat. Grundsätzlich haben Klassenflächen und zugehörige Sonderflächen eine idente Bodenbeschreibung (Horizontierung, Bodentyp) sowie Boden- bzw. Grünlandgrundzahl. Abweichungen zur Klassenfläche liegen in Unterschieden bei den Standortverhältnissen insbes. Gelände und sonstige Verhältnisse (z.B. Waldschatten, Grobsteine usw.) begründet.

Schätzungsbuch			Überprüfung Nachschätzung		Kat. Gemeinde <i>Putzing</i>					Tag der Schätzung <i>26.8.80</i>			
Profil Nr.	Horizont		Bodengefüge	Bodentyp	Bezugs-VSt	Kulturart	Klasse	Boden- bzw. Grün-landgrundzahl		Abweichungen bzw. Besonderheiten	±%	Acker- bzw. Grün-landzahl	Hinweise u. Erläuterungen
	Sym- bol	Mächtigkeit						Grab- loch	Klasse				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5F zu 66										Ki Wind	-2 -5	28	
67	Ap	0-25	h TzF	TJ	5	F	SL 3L°	60	59	Ki Wind	-7 -3	57	
	A	25-40	h-h' TzF-fzL										
	AC	40-48	h-h' fzL										
68	A	0-20	hAL	LB	6	F	1/2 Me 4II	50	53	Gel No 4° Wind	-4 -1	50	
	Ac	20-25	h'-(h') at'L										
	C	25-4	FMe										
69	Ap	0-25	h' TzF	4	5	F	SL 4L°II	48	49	Ki Wind	-3	47	
	A	25-50	TzF										
	C	50-4	TzF										
70			wie Kif 5	KLI	5	F	SL 5L°	44	44	Gel No 4-8° Ki Wind	-6 -7 -3	40	

Schätzungsbuch

Lager-Nr. **80 11** FLD. f. Wien, Niederösterreich u. Burgenland. — 4.78.20.000. (Unveränderter Nachdruck.) — Österreichische Staatsdruckerei. (St.) L61 06518

Abbildung 19: Beispiel Schätzungsbuch Überprüfung 1

3.4.2.2 Klassenflächen

Klassenflächen enthalten die vollständige Information betreffend:

- Boden-Horizontbeschreibung
- Bezugsmusterstück
- Klassenbeschreibung:
 - Acker Bodenart & Zustandsstufe & Entstehungsart,
 - Bodenart (S, SI, IS, SL, sL, L, IT, T+ Mo)
 - Zustandsstufe (1-7)
 - Entstehungsart (D, Dg, Al, Alg, V, Vg, Lö)
 - Grünland Bodenart & Zustandsstufe & Klimastufe & Wasserstufe
 - Bodenart (S, IS, L, T+ Mo),
 - Zustandsstufe (I-IV),
 - Klimastufe (a- e),
 - Wasserstufe (14 Stufen 1, 2, 3, 3-, 3+, 3+, 4, 4-, 4+, 4+, 5, 5-, 5+, 5+)
- Grablochzahl (Bodenzahl/Grünlandgrundzahl) des lagemäßig in die Karte eingetragenen Grablochs der Klassenfläche
- Klassenzahl (Bodenzahl/Grünlandgrundzahl) durchschnittlicher Wert der Bohrstiche in der Klassenfläche
- Zu-/Abschläge (%) (Gelände, Klima, Wind, Grobsteine, ...)
- Ackerzahl/Grünlandzahl (Klassenzahl + Zu-/ - Abschläge) – ist für die Berechnung der EMZ und die Bodenklimazahl relevant

67	Horizont	0-25	h TzF	TJ	5	F	SL 3L	60	59	Kl Wind	-7 -3	57	✓
	Horizont	25-40	h-h'zFf-fzL										
	Horizont	40-45	h'-(h')fzL										
	Horizont	45-4	TzF										
68	Horizont	0-20	h zL	LB	6	F	AL 4I	50	53	Gel 100% Wind	-4 -1	50	✓
	Horizont	20-25	h'-(h')zL										
	Horizont	25-4	FMe										
	Horizont												
69	Horizont	0-25	h' TzF	4	5	F	SL 4L	48	49	Kl Wind	-3	47	✓
	Horizont	25-50	TzF										
	Horizont	50-4	TzF										
	Horizont												

Abbildung 20: Auszug aus Schätzungsbuch – Klassenflächenbeschreibungen

3.4.2.3 Wie-Grablöcher

Um eine effiziente Kartierung mit minimalem Schreibaufwand zu ermöglichen, werden einmal beschriebene Bodenprofile, wenn diese auf anderen Flächen wieder vorgefunden werden, als sogenannte Wie-Grablöcher durch Angabe der Klassenflächennummer unter der die inhaltlich vollständige Profilbeschreibung angeführt ist, (wie Klfl. ##) dargestellt. Zur Demonstration der Beschreibung der Bodenprofile bei der gegenständlichen Probefläche werden im Schätzungsbuch die Wie-Grablöcher blau, hingegen die die Pilotfläche tatsächlich betreffenden Klassen- und Sonderflächen rot eingekreist (Abbildung 21).

42	Profil: 11/11 15-1/15	77	A	15 2 II	46 46	Kl. Wind B8	10 3	40	✓	
43	Wie 7		4	77	15 2 II	59 59	Kl. Wind	3 3	53	✓
44	Profil: 11/11 15-1/15		7	77	5 1 4 II	32 33	Kl. Wind B8, Ver	10 6	26	✓
63	Wie 42			77	15 2 II	42 42	Kl. Wind	3 3	43	✓
64	Profil: 11/11 15-1/15	Terf. Koll.		77	5 1 2 II	50 46	Kl. Wind	10 5	43	✓
65	Wie 55	Terf. Rohh.		77	1 1 5 II	24 26	Kl. Wind	7 5	22	✓
66	Wie 44			77	1 1 4 II	32 30	Kl. Wind	10 5	26 5F 1, 16	✓

Abbildung 21: Auszug aus dem Schätzungsbuch, Beispiel: Wie-Klassenflächen

3.4.2.4 Klassenabschnittsflächen

Klassenabschnittsflächen sind Klassenflächen die eine idente Klassenbeschreibung wie die unmittelbar angrenzende Fläche aufweist – ähnlich einer Wie-Klassenfläche – aber sich in der Boden- bzw. Grünlandgrundzahl (höher/niedriger) unterscheidet. In der Karte ist die Grenzlinie zwischen einer Klassenfläche und Klassenabschnittsfläche strichliert gezeichnet - im Gegensatz zur Grenze zwischen Klassenflächen (durchgehende Linie). Klassenabschnittsflächen werden heute nicht mehr verwendet. Es ist heute zulässig, dass Klassenflächen mit der identen Klassenbeschreibung aneinandergrenzen dürfen.

3.4.2.5 Zugehakte Klassenflächen

Zugehakte Klassenflächen sind in der Beschreibung mit der Klassenfläche, der sie zugeordnet (= zugehakt) werden, vollkommen ident, liegen aber als eigenes Polygon vor und sind durch andere Klassenflächen in der Nähe der eigentlichen Klassenfläche unterbrochen. Diese werden nur in der Karte dargestellt, da sie im Schätzungsbuch mit der Klassenfläche(nummer), auf die sie sich beziehen, vollkommen ident sind (Bodenhorizontierung, Bodentyp, Klasse, Wertzahlen usw.). In der Karte sind sie daran zu erkennen, dass sie nur das Kreuz mit der gleichen Klassenflächennummer wie die Klassenfläche, auf die sie sich beziehen, dargestellt werden, aber keine eingeringelte Grablochzahl - ausweisen.

3.4.2.6 Sonderflächen

Sonderflächen sind Flächen, welche die identen Bodenverhältnisse und Klassenzahl aufweisen, wie die Klassenfläche, auf die sie sich beziehen. Sie unterscheiden sich nur bei den Zu- und Abschlägen von der Bezugsflächenfläche (sind somit eigentlich eine Sonderform der Wie-Klassenfläche).

Profil Nr.	Horizont		Bodengefüge	Bodencyp	Bezugs-VSt	Kulturart	Klasse	Boden- bzw. Grünlandgrundzahl		Abweichungen bzw. Besonderheiten	Acker- bzw. Grünlandzahl	Hinweise u. Erläuterungen		
	Symbol	Mächtigkeit						Grabloch	Klasse					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	± %	12	13	14
Sf zu 66									30	Kl. Wäld	-2 -5	28		

Abbildung 22: Auszug aus Schätzungsbuch - Beschreibung einer Sonderfläche

Sonderflächen sind in der Karte und in den neuen Schätzungsbüchern (seit 1997) immer mit einem Suffix a - z ergänzend zur Klassenflächennummer dargestellt (z.B. 66a, 154a usw.). Gibt es mehrere Sonderflächen zu einer Klassenfläche, so sind diese mit den Suffixen aufsteigend von a – z nummeriert. Im Gegensatz zu den Klassenflächen gibt es aber keine Zuhakungen (d.h. jede Sonderfläche kommt auch in der Karte nur einmal vor).

In älteren Schätzungsbüchern (Erstschätzungen 1950 - 1970 bzw. Überprüfung 1970 -1997), wie bei der GISELA-Fläche in Putzing, ist die Sonderfläche, sofern nur eine vorliegt, unmittelbar unter der Klassenfläche ohne Bezeichnung in der Spalte 1 (siehe z.B. 154) bzw. mit der Bezeichnung Sf zu Klassenflächennummer z.B. (Sf zu 66) beschrieben. In der Karte wird diese jedoch mit dem Suffix a = 66a dargestellt (d.h. sie ist bereits auf die aktuelle Nomenklatur umgeschlüsselt).

3.4.3 Datenauszug Schätzungsbuch

Im beiliegenden Datenauszug sind die Schätzungsbuchdaten bereits in der aktuellen alphanumerischen Beschreibung erfasst. Die Übersetzung in die aktuelle Beschreibungsmethodik der Abkürzungen und Maß der Ausprägung der Merkmale (z.B. Grobanteil) sind im Datenschlüssel Bodenkunde (SCHWARZ et al., 1999) aufgeführt.

Fläche/KG	KG-Nr.	KG	GSt	Klassenfl. Nr.	Sf	KlNr	Kl/Sf_Nr	Klasse	Kulturart	Grabloch Grgrd/L/Boz	GrgrdZl/Boz	GrZl/AZI	Index	Bodenart	Zust	Entst. andr. stehuna/ r- st. Klima	Wasse	Bodenart	Bodenart	Bodenart	Bodentyp	H_Horz ont	H_von	H_bis	H_Hum us	H_Bodena rt	H_Grob anteil	H_Ka	H_Sonstige
15214	15214	Putzing	1904	62		0062	0062	SL 2 L6	A	65	65	62	SL	2 L6		SL	s3Z	TS	Ap	0	25	h3		t5z3F5					
15214	15214	Putzing	1904	62		0062	0062	SL 2 L6	A	65	65	62	SL	2 L6		SL	s3Z	TS	AC	25	45	h3		z4f53L					
15214	15214	Putzing	1904	62		0062	0062	SL 2 L6	A	65	65	62	SL	2 L6		SL	s3Z	TS	C	45	100			z4f53L+t5z3F5					
15214	15214	Putzing	1904	63		0063	0063	IS 3 D	A	47	48	43	IS	3 D		IS	IS5	TS	Ap	0	45	h2		IS5					
15214	15214	Putzing	1904	63		0063	0063	IS 3 D	A	47	48	43	IS	3 D		IS	IS5	TS	AC	45	50	h2-h01		IS5					
15214	15214	Putzing	1904	63		0063	0063	IS 3 D	A	47	48	43	IS	3 D		IS	IS5	TS	C	50	100			IS5					
15214	15214	Putzing	1904	66		0066	0066	SI 4 D	A	32	30	26	SI	4 D		SI	z3S	TS	Ap	0	25/30		h2					ka3	
15214	15214	Putzing	1904	66		0066	0066	SI 4 D	A	32	30	26	SI	4 D		SI	z3S	TS	AC	25/30		35	h1					ka4	
15214	15214	Putzing	1904	66		0066	0066	SI 4 D	A	32	30	26	SI	4 D		SI	z3S	TS	C	35	100			l2-11S					
15214	15214	Putzing	1904	66	a	0066	0066a	SI 4 D	A	32	30	28	SI	4 D		SI	z3S	TS	Ap	0	25/30		h2					ka3	
15214	15214	Putzing	1904	66	a	0066	0066a	SI 4 D	A	32	30	28	SI	4 D		SI	z3S	TS	AC	25/30		35	h1					ka4	
15214	15214	Putzing	1904	66	a	0066	0066a	SI 4 D	A	32	30	28	SI	4 D		SI	z3S	TS	C	35	100			l2-11S					
15214	15214	Putzing	1904	67		0067	0067	SL 3 L6	A	60	59	57	SL	3 L6		SL	s3Z	TS	Ap	0	25	h		t5z3F5					
15214	15214	Putzing	1904	67		0067	0067	SL 3 L6	A	60	59	57	SL	3 L6		SL	s3Z	TS	A	25	40	h3-h2		t5z3F5-f5z3L					
15214	15214	Putzing	1904	67		0067	0067	SL 3 L6	A	60	59	57	SL	3 L6		SL	s3Z	TS	AC	40	45	h2-h1		f5z3L					
15214	15214	Putzing	1904	67		0067	0067	SL 3 L6	A	60	59	57	SL	3 L6		SL	s3Z	TS	C	45	100			t5z3F5					
15214	15214	Putzing	1904	68		0068	0068	sl/TMe 4 D	A	50	53	50	sl/TMe	4 D		sl	s3L	LB	AC	0	20	h3		sl					
15214	15214	Putzing	1904	68		0068	0068	sl/TMe 4 D	A	50	53	50	sl/TMe	4 D		sl	s3L	LB	AC	20	25	h2-h1		s3t2L					
15214	15214	Putzing	1904	68		0068	0068	sl/TMe 4 D	A	50	53	50	sl/TMe	4 D		sl	s3L	LB	C	25	100							TMe	
15214	15214	Putzing	1904	154		0154	0154	sl/Me 4 D	A	51	48	47	sl/Me	4 D		sl	IS5	LB	A	0	20	h3		sl					
15214	15214	Putzing	1904	154		0154	0154	sl/Me 4 D	A	51	48	47	sl/Me	4 D		sl	s3Z	LB	AC	20	25	h2-h1		s3t2L					
15214	15214	Putzing	1904	154		0154	0154	sl/Me 4 D	A	51	48	47	sl/Me	4 D		sl	s3Z	LB	C	25	100							TMe	
15214	15214	Putzing	1904	154	a	0154	0154a	sl/Me 4 D	A	51	48	43	sl/Me	4 D		sl	s3Z	LB	A	0	20	h3		sl					
15214	15214	Putzing	1904	154	a	0154	0154a	sl/Me 4 D	A	51	48	43	sl/Me	4 D		sl	s3Z	LB	AC	20	25	h2-h1		s3t2L					
15214	15214	Putzing	1904	154	a	0154	0154a	sl/Me 4 D	A	51	48	43	sl/Me	4 D		sl	s3Z	LB	C	25	100							TMe	
15214	15214	Putzing	1904	156		0156	0156	sl/Me 3 D	A	62	61	59	sl/Me	3 D		sl	s3L	TS	Ap	0	30	h3-h2		s3L					
15214	15214	Putzing	1904	156		0156	0156	sl/Me 3 D	A	62	61	59	sl/Me	3 D		sl	s3L	TS	AC	30	40	h2-h1		s3L					
15214	15214	Putzing	1904	156		0156	0156	sl/Me 3 D	A	62	61	59	sl/Me	3 D		sl	s3L	TS	C	40	100			SMe					

Abbildung 23: Schätzungsbuchdatentabelle in aktueller Schreibweise

3.5 Feldtage

Im Sommer (11.06. und 27.07.) bzw. im Winter (10.12.) 2021 wurden Feldbegehungen auf den Pilotflächen in der KG Putzing (Grundstück 1904) bzw. der KG Dörnbach (Gst. 687/1) sowie KG Ebenzweier (Gst. 141/9) durchgeführt. Entlang von Catenen sowie unter Einbeziehung des vorhandenen und aufbereiteten Kartenmaterials wurden jeweils mehrere Bodensondierungen vorgenommen und erläutert.

4 Ergebnisse

4.1 Finanzbodenschätzung

Nach erfolgreicher Aufbereitung der drei unabhängig erhobenen Datenquellen (Fernerkundung, Finanzbodenschätzung und Österreichische Bodenkarte) werden im vorliegenden Kapitel die Ergebnisse der Finanzbodenschätzung für das erste von sechs Pilotgebieten dargestellt.

4.1.1 Datenstruktur Vorschlag

Um für die Nutzer, insbes. Landwirte aber auch andere (z.B. Raumplaner), einen praxisgerechten Zugang zu den Daten zu ermöglichen, erscheint die Möglichkeit einer katasterbezogenen Selektion über Katastralgemeinde – Einlagezahl bzw. Grundstücksnummer sinnvoll.

Betreffend der Bodendaten soll der Anwender zwischen den Bodendatensätzen oder einer Kombination der Bodendatensätze (eBOD, Bodenschätzung; Sentinel-2) wählen können. Unten ist anhand der Daten der eBOD und der Bodenschätzung ein Datenmodell erstellt worden, das über die Kriterien Katastralgemeinde und Grundstücksnummer die für das Grundstück vorhandenen Bodendatensätze bereitstellt. Methodisch handelt es sich um eine Verschneidung des Katasters auf Grundstücksebene mit den jeweiligen Bodendaten. Bei der Bodenschätzung kann über den Schlüssel (ID) Katastralgemeindenummer (5-stellig) & Klassenflächennummer_&_Sonderflächensuffix eine direkte Verknüpfung zwischen Schätzungsreinkarte und Schätzungsbuch hergestellt werden (s.u.).

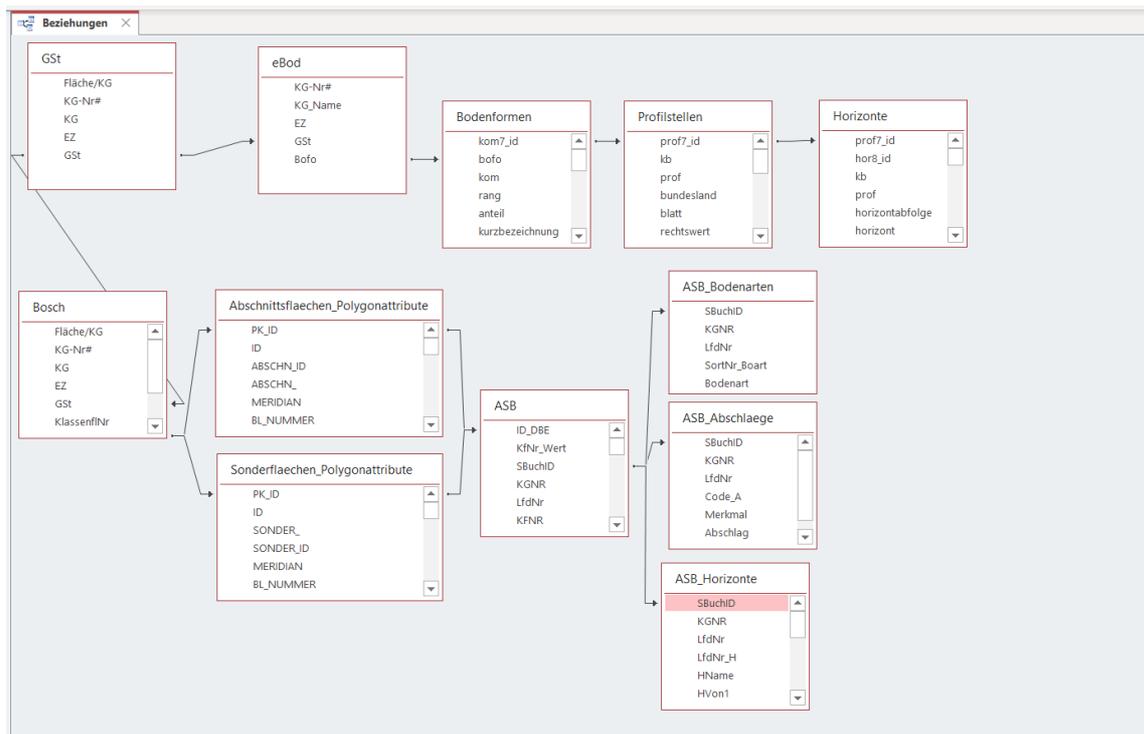


Abbildung 24: Datenmodell Bodenschätzung-eBOD

Alternativ wären bundesweite Karten denkbar, die in die Geräte geladen und entsprechend der Position des Trägerfahrzeugs die Informationen/Steuersignale an die Geräte übertragen.

4.1.2 Möglichkeiten des Precision Farmings

- Die Daten können für die Nutzer auf Katasterbasis (Einlagezahl, Grundstücksnummer) siehe (Pkt. 4.1.1) bereitgestellt werden.
- Die Bodendaten des Schätzungsbuches enthalten die Informationen über den Bodenaufbau, die Durchlässigkeit, die Wasserverhältnisse der Böden u.a. z.B. bei Bewirtschaftung von Wasserschongebieten kann die Höhe und Lage des Schotterkörpers entsprechend berücksichtigt werden, die Bodenzahlen allein sind dafür nicht ausreichend.
- Der hohe Differenzierungsgrad der Bodenschätzungskartierung im Vergleich zur eBOD und Fernerkundungsdaten war auf der GIS-ELA-Fläche in der Katastralgemeinde Putzing eindeutig erkennbar:
 - eBOD 3 Flächen- Bodenformen
 - Fernerkundung 2 Flächen
 - Bodenschätzung **10 Flächen** - Polygone
- Fernerkundungsdaten in Kombination mit den Schätzungsdaten könnten zu einer Nachschärfung und damit zu einer zusätzlichen Verbesserung der Information über die Ertragsfähigkeit und weitere Eigenschaften (z.B. Erträge bei unterschiedlichen Kulturen) der einzelnen Teilflächen (Klassen- und Sonderflächen) und damit u.U. eine Anpassung nicht nur an die Anwendung und das Gerät, sondern auch an die auf der

Fläche befindliche Kulturen für Precision Farming verwendet werden. Diese Variante ist zu evaluieren.

4.2 Zusammenführung der Daten aus Finanzbodenschätzung und Bodenkartierung

Für die Pilotgebiete 2 (KG Putzing) und 5_3 (KG Raumberg) wurden die Geometriedaten der Kartierung und der FBS in einer Karte gemeinsam dargestellt.



Abbildung 25: Pilotfläche 2 - Überlagerung der Geometriedaten von Finanzbodenschätzung (farbige Polygone) und Bodenkartierung (blaue Begrenzungslinien)

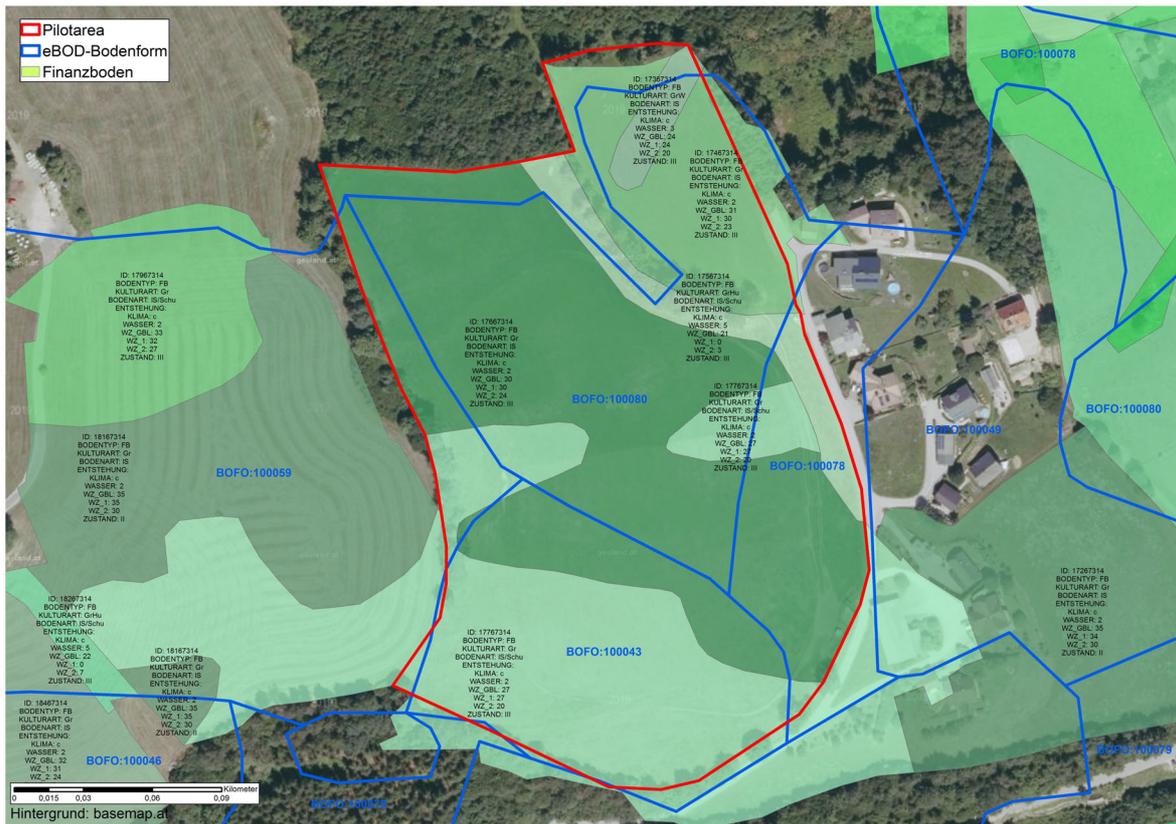


Abbildung 26: Pilotfläche 5_3 - Überlagerung der Geometriedaten von Finanzbodenschätzung (farbige Polygone) und Bodenkartierung (blaue Begrenzungslinien)

Darüber hinaus erfolgte eine Zusammenführung der Attributdaten aus beiden Datensätzen um deren Inhalte vergleichen zu können. Die Abbildung 27 zeigt für das Pilotgebiet 5_3 (KG Raumberg) einen Auszug dieses Vergleichs einer Bodenform der Bodenkarte (BOFO 100080) mit den in ihr enthaltenen Klasseflächen der Bodenschätzung (KIFI. 17667314, 17467314, 17767314, 17367314, 17567314). Die vollständigen Tabellen sind im Anhang (Kap. 7) enthalten.

Deckungsanteil der Kl.FI. von BOFO bezogen auf das Feldstück in %:						
	≤ 25					
	26 - 84					
	≥ 85					
Abc	konform					
Abc	nicht konform					
Pilotgebiet 5-3	BOFO-ID	Kl.FI.-ID	Kl.FI.-ID	Kl.FI.-ID	Kl.FI.-ID	Kl.FI.-ID
	100080	17667314	17467314	17767314	17367314	17567314
Deckung %		60	30	5	< 5	< 5
Bodentyp	LB	FB	FB	FB	FB	FB
Boden-Subtyp	sLB					
Entstehung						
Ausgangsmaterial	feines kolluv. Mat./Quart.-Sed.					
Horizonte	Ap/A1(25/30)-AB/A2(55/60)-B					
Kulturart	A/GL	Gr	Gr	Gr	GrW	GrHu
Bodenart ÖN L1050	Ap/A1(IS/sZ), AB/A2(IS/sZ), B(Z/IS)	IS/sZ (sL/zS/Z)				
Bodenart FBS		IS	IS	IS/Schu	IS	IS/Schu
S	Ap/A1(38), AB/A2(26), B(10)					
Z	Ap/A1(53), AB/A2(63), B(77)					
T	Ap/A1(9), AB/A2(11), B(13)					
Grobanteil Gehalt	A/AB(gering), B(kein/gering(mäßig))					
Grobanteil Art	Gru/St/Ki/Scho					
Speicherkraft	mäßig (bis hoch)					
Durchlässigkeit	mäßig					
Humus	Ap(h2/3), AB(h1)					
Humus n. Walkley	Ap/A1(6), AB/A2(1,9), B(0,6)					

Abbildung 27: Pilotfläche 5_3 - auszugswise Vergleich der Attributdaten von Bodenschätzung und Bodenkartierung, ausgehend von der Gegenüberstellung der Geometriedaten

4.2.1 Ergebnis der Gegenüberstellung

Wegen der genaueren Differenzierung der Finanzbodenschätzungsdaten entfallen in der Regel auf eine Bodenform mehrere Klassenflächen. Auch bei einem hohen Deckungsgrad einer Klassenfläche mit einer Bodenform ist ein eindeutiger Schluss betreffend der Zuweisung derselben Bodeneinheit nicht verlässlich und daher nicht automatisierbar. Eine Verknüpfung von Attribut-Daten anhand der Deckung der Geometrie ist nicht möglich.

4.2.1.1 Ursachen betreffend die Kartierung

Vor der Digitalisierung musste ein festgelegter Ausgabemaßstab berücksichtigt werden. Dieser wurde, um Ressourcen zu sparen, im Laufe der Kartierung auf 1:25.000 verringert. Daher war es zwingend notwendig Generalisierungen vorzunehmen, um eine lesbare Karte zu produzieren. Die weitaus detailreicheren und lagemäßig genaueren Feldkarten wurden aber bedauerlicherweise aus Kostengründen nicht als Digitalisierungs-Grundlage herangezogen. Obwohl beim freihändigen Verkleinern und Umzeichnen die Geländemorphologie durch Orientierung an den Höhenschichtlinien beachtet wurde, brachte diese Vorgangsweise Lageabweichungen von bis zu mehreren Zehnermetern gegenüber der ursprünglichen Feldkarte mit sich. Außerdem konnten wegen der Beschriftung keine Kartierungseinheiten

dargestellt werden, die nicht zumindest in einer Richtung eine Ausdehnung von 100 Metern erreichen.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Landwirtschaftliche Bodenkartierung immer als Übersichtskarte, z.B. auf Gemeindeebene, gedacht war, und eine parzellenscharfe Interpretation nur in Verbindung mit einer Geländebegehung zulässig ist. Aus diesem Grund wird auch in der öffentlich zugänglichen Internet-Version eBOD die AnwenderIn darauf hingewiesen, sobald eine bestimmte Zoomstufe überschritten wird. Für qualitative Bodeninformation, etwa im Hinblick auf die Erstellung einer Mischprobe aus homogenen Flächen eines Feldstückes, ist die Möglichkeit des weiteren Hineinzoomens aber durchaus sinnvoll.

4.2.1.2 Feststellung betreffend die Finanzbodenschätzung

Die Bodenschätzung weist eine wesentlich größere Differenzierung der Bodenverhältnisse auf als die Bodenkartierung. Da für länger zurückliegende Erhebungen der Bodenschätzung noch nicht die heute vorhandenen Orientierungsmöglichkeiten (Luftbilder, GPS) verfügbar waren, sind jedoch Unschärfen bezüglich der Abgrenzungen der Kartierungseinheiten möglich. Außerdem können sich durch gezielt umgesetzte optimierte Bewirtschaftungsmaßnahmen (Düngung, Fruchtfolgen), von den durch die Bodenschätzung unterstellten langfristigen natürlichen Ertragsbedingungen (30 Jahre), abweichende Ertragsfähigkeitspotentiale ergeben. Obwohl eine Differenzierung der Bodenverhältnisse anhand der Fernerkundungsdaten nicht möglich ist, können Minderertragsflächen aus den Fernerkundungsdaten den Klassenflächen der Finanzbodenschätzung zugeordnet werden.

4.3 Ergebnis Fernerkundung

Das abgeleitete Ergebnis aus den Fernerkundungsdaten in Abbildung 28 zeigt ganz deutlich, dass verschiedene Ertragszonen rein visuell über das Bild zu erkennen sind. Die rot dargestellten niedrigen Werte zeigen laut Satellitenbildinformation deutlich weniger Pflanzenwachstum und -vitalität über die letzten Jahre als die in grün dargestellten sehr produktiven Bereiche. Im Detail zeigt die vorliegende Pilotfläche in der KG Putzing (blaue Umrandung) im Großen und Ganzen gute potentielle Produktivität. Allerdings kann man im Westen des Feldstückes eine sehr deutlich ausgeprägte Minderertragsstelle erkennen. Ein Blick auf weiter nördlich liegende Felder zeigt aber hier noch Feldstücke mit deutlich größeren Anteilen an Minderertragsstellen.



Abbildung 28: Sentinel-2 Ergebnis der mittleren Produktivität für Pilotregion 6 in Putzing (NÖ); Hintergrund: Google Satellite

4.4 Ergebnisse aus den Pilotgebieten

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse für die im Projekt definierten Pilotflächen aufbereitet. Für die Analysen im Ackerbau wurde der NDVI (siehe Kap. 3.3.1.1) als Vegetationsindex verwendet. Für die Analysen im Grünland hat sich der Blattflächenindex (siehe Kap. 3.3.1.2) als am besten geeigneter Parameter zur Ableitung von Bodeninformationen bewährt.

4.4.1 Untersuchungsgebiet in der KG Putzing

Das Grundstück 1904 in der KG Putzing (15214) liegt im Nördlichen Wiener Becken. Laut Geologischer Karte von Niederösterreich (M 1:200.000) besteht der Untergrund aus Sedimenten des Sarmatium, die auf der Kuppenlage im Westen der Fläche in Form von Muschelkalken auch oberflächlich angetroffen werden können. Vermutlich ebenfalls aus dem Sarmatium, jedenfalls aber aus dem Neogen, stammen die grünlich gefärbten Tonmergel, die im den zentralen Bereichen des Schlages die lithologische Basis der Bodenbildung darstellen. Die Geologische Karte zeigt außerdem, dass innerhalb des Bereichs des anstehenden Sarmats, diese miozänen Sedimente teilweise von Löss überlagert sind. Auch diesen findet man als Ausgangsmaterial der Bodenbildung auf der Fläche, allerdings in einer stärker sandigen Ausprägung als in einer für einen typischen Löss charakteristischen Schluff-dominierten Bodenart. Darüber hinaus scheint das Untersuchungsgebiet in Putzing auch Teil einer altpleistozänen Terrasse gewesen zu sein, da über das gesamte Feld Reste fluvialer Schotter (vorwiegend quarzitischer Komponenten) vorhanden sind.

Dieses große lithologische Spektrum führte im Zusammenspiel mit der vorhandenen abwechslungsreichen Topographie zur Ausprägung sehr unterschiedlicher Bodenformen aus den Typengruppen Braunerde und Tschernosem.

Es zeigte sich, dass beide Grundlagen, Bodenkarte und Schätzungskarte, abweichende Ergebnisse liefern. Der Grund für die Diskrepanzen liegt in der unterschiedlichen Zielsetzung mit der die beiden Datensätze erarbeitet wurden sowie im abweichenden Kartierungsmaßstab (1:25.000/1:2.000). Darüber hinaus besteht bei jeder Kartierung des Bodens die Herausforderung darin, aus vielen einzelnen Punktinformationen zusammenhängende und darstellbare Flächeneinheiten (z.B. Klassenflächen) zu generieren. Die terrestrische Vororterhebung bietet allerdings den Vorteil, dass auch auf örtliche Gegebenheiten bzw. nicht messbare Parameter bei der Abgrenzung der Bodeneinheiten berücksichtigt werden können.

Die Bodenkarte weist drei Bodenformen (Tschernosem aus Sand und Löß, Tschernosem aus Löß sowie kalkhaltige Lockersediment-Braunerde aus Löß) aus, die Schätzungskarte unterteilt den Schlag in acht Klassenflächen (und 2 Sonderflächen).

Bodenkarte: Tschernosem aus Sand und Löß:

- Wasserverhältnisse: mäßig trocken; mäßige Speicherkraft, hohe Durchlässigkeit
- Horizonte: A1p (0-25/35 cm), A2 (25/35-50/80 cm), C (50/80-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: A1p und A2: lehmiger Sand, z.T. auch sandiger Schluff oder sandiger Lehm; C: lehmiger Sand, z.T. auch sandiger Schluff oder Sand
- Humusverhältnisse: A1p, A2 – mittelhumos oder schwach humos, Mull
- Kalkgehalt: stark kalkhaltig
- Bodenreaktion: alkalisch
- Erosionsgefahr: nicht gefährdet
- Bearbeitbarkeit: sehr gut zu bearbeiten
- Natürlicher Bodenwert: mittel- bis hochwertiges Ackerland

Bodenkarte: Tschernosem aus Löß:

- Wasserverhältnisse: mäßig trocken; mäßige Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit
- Horizonte: Ap (0-25 cm), AC (25-40 cm), C (40-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: lehmiger Schluff (seltener sandiger Schluff)
- Humusverhältnisse: Ap – mittelhumos, Mull; AC – schwach humos; Mull
- Kalkgehalt: stark kalkhaltig
- Bodenreaktion: alkalisch
- Erosionsgefahr: mäßig abschwemmungsgefährdet
- Bearbeitbarkeit: gut zu bearbeiten
- Natürlicher Bodenwert: mittel- bis hochwertiges Ackerland

Bodenkarte: Kalkhaltige Lockersediment-Braunerde aus Löß:

- Wasserverhältnisse: mäßig trocken; mäßige Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit
- Horizonte: Ap (0-20/25 cm), Bv (20/25-45/55 cm), C (45/55-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: lehmiger Schluff
- Humusverhältnisse: Ap – mittel oder schwach humos, Mull
- Kalkgehalt: Ap, Bv mäßig oder stark kalkhaltig, C stark kalkhaltig
- Bodenreaktion: alkalisch; Ap- und Bv-Horizont vereinzelt neutral
- Erosionsgefahr: mäßig abschwemmungsgefährdet

- Bearbeitbarkeit: gut zu bearbeiten
- Natürlicher Bodenwert: mittelwertiges Ackerland

Schätzungskarte:

- Klassenfläche 69: Lockersediment-Braunerde SL 4 LÖD 49/47
- Klassenfläche 66: Kulturrohboden SI 4 D 30/26
- Klassenfläche 68: Lockersediment-Braunerde sL/TMe 4 D 53/50
- Klassenfläche 156: Tschernosem sL/Me 3 D 61/59
- Klassenfläche 62: Tschernosem SL 2 LÖ 65/62
- Klassenfläche 67: Tschernosem SL 3 LÖ 59/57
- Klassenfläche 63: Tschernosem IS 3 LÖ 48/43
- Klassenfläche 154: Tschernosem sL/Me 4 D 48/47

Der Boden des Minderertragsstandorts auf der Kuppe am Westrand des Grundstücks ist aufgrund seiner Horizontabfolge und -mächtigkeit (Mächtigkeit des A-Horizontes bei knapp 30 cm) zwischen einem Kulturrohboden (siehe Klassenfläche 66 der Schätzungskarte) und einem Tschernosem (siehe Tschernosem aus Löß der Bodenkarte) anzusprechen. Aufgrund seiner leichten Bodenart (SI) und der Zustandsstufe 4 wurde sein Ertragspotential mit einer Bodenzahl von 30 bewertet. Dies spiegelt auch der Zustand der vorhandenen Kulturart (Kartoffel) wider, die hier eine schlecht entwickelte oberirdische Biomasse aufweist. In der Bodenkarte wird die Minderertragsstelle aufgrund ihrer geringen Ausdehnung nicht als eigene Bodenform ausgewiesen und passt nicht zu der weitläufig dargestellten Bodenform, dem Tschernosem aus Löß, der als mittel- bis hochwertiges Ackerland eingestuft ist. Auch in den Daten der Fernerkundung ist der Minderertragsstandort deutlich zu erkennen, wenngleich ansonsten der Index auf dem Rest des Schlages einen relativ einheitlichen potentiellen Ertrag ausweist. Die unterschiedlichen Bodeneigenschaften haben offenbar auf die Ausprägung des Indexes keine differenzierende Wirkung. Leichte Wachstumsdepressionen der Kartoffel konnten auch nicht anhand von augenscheinlichen Unterschieden von voneinander abweichenden Bodeneigenschaften erklärt werden.

Im Zuge der Begehung fiel auf, dass der Kartoffelbestand mit dem Kalkgehalt des Oberbodens scheinbar korrelierte. Dort wo der Kalkgehalt der oberen Horizonte hoch war, zeigte die Kartoffel, die grundsätzlich saure Standorte bevorzugt, ein geringeres Wachstum.

4.4.1.1 Finanzbodenschätzungsdaten

Zur Vorbereitung wurden erhoben:

- die Lage der Fläche aus dem Kataster – Katastralgemeinde, Grundstücksnummer

- die Geologie als Ausgangsmaterial für die Bodenbildung - Mergel (Sand, Ton)
- Schätzungsreinkarte digital/analog
- Jahr der Schätzung 1980
- Die Schätzungsreinkarte weist für die Pilotfläche 10 Teilflächen davon 8 Klassenflächen und 2 Sonderflächen aus.
- Schätzungsperiode Überprüfung 1 (1970 -1997)
- Schätzungsbuch analog – PDF-Datei
- Das Schätzungsbuch wurde digital, nach den aktuellen Abkürzungsschlüssel nacherfasst
- Die Einschätzung der Ertragsfähigkeit hat ein Spektrum von 32 bis 65 für die Bodenzahl bzw. 26 bis 62 Punkte für die Ackerzahl

4.4.1.2 Fernerkundungsdaten

In Abbildung 29 ist ein aktueller NDVI-Layer vom 30.05.2022 abgebildet. In grün dargestellt sind Bereiche mit höherer Biomasse bzw. erhöhter Pflanzenvitalität mit einem Maximum von 0.7. Im Osten des Feldes ist ein Bereich mit vergleichsweise schlechterem Vegetationszustand zu erkennen. Die Daten wurden, wie in Kapitel (3.3) beschrieben, prozessiert und für das Untersuchungsgebiet aufbereitet.

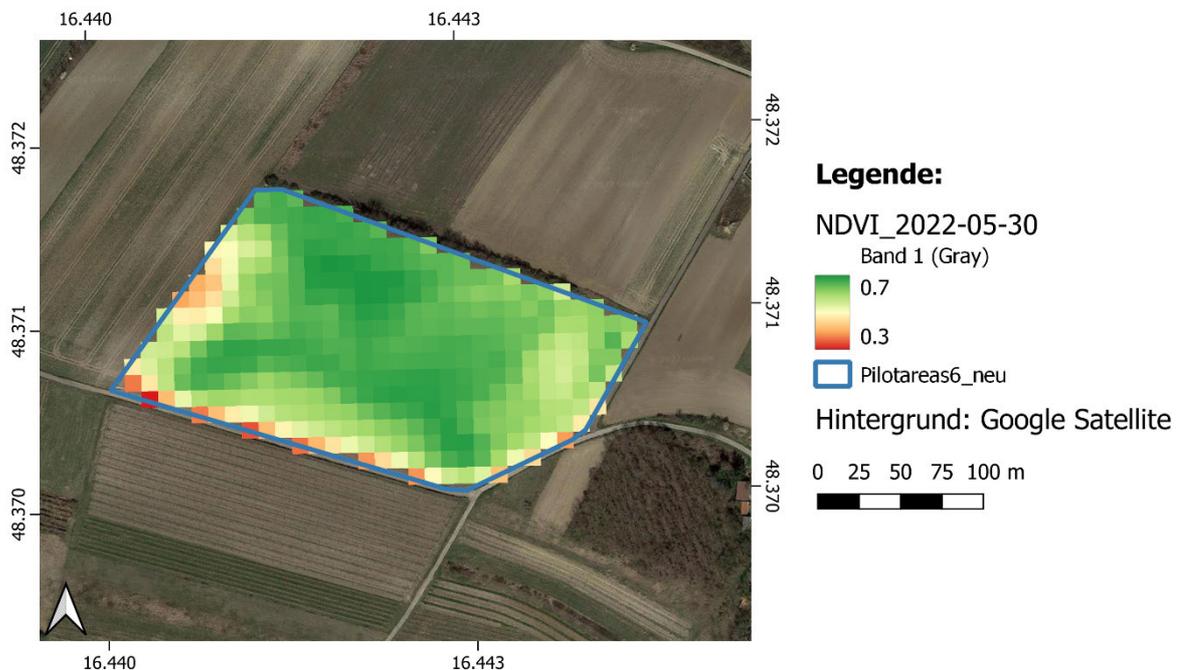


Abbildung 29: Aktueller NDVI-Layer abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (vom 30.05.2022); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Putzing (blaue Linie)

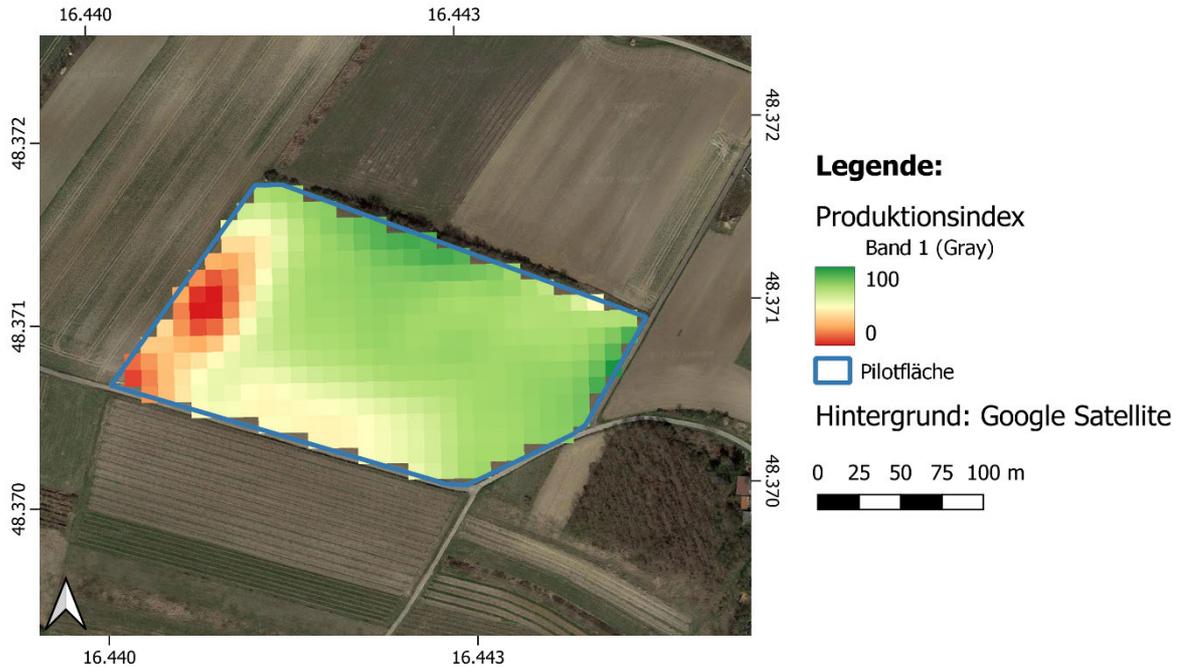


Abbildung 30: Historischer Produktionsindex abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (aufgenommen zwischen 2017 und 2021); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Putzing (blaue Linie);

Der historische Produktionsindex in Abbildung 30 wurde auf Basis aller Sentinel-2 Daten innerhalb der jeweiligen Vegetationsperiode ermittelt. Er zeigt, dass auch die langjährige Tendenz zu niedrigerer Produktivität an der westlichen Feldstück-Grenze neigt. Vergleichsweise bessere Stellen hinsichtlich der langjährigen Produktivität finden sich im zentralen und nördlichen Teil des Feldes wieder.

4.4.1.3 Gegenüberstellung von Fernerkundungsdaten, Bodenanalysen und Finanzbodenschätzungsdaten

In Abbildung 29 wird der Produktionsindex mit der Wertzahl 2 (Ackerzahl) der Finanzbodenschätzung gegenübergestellt. Der vom Produktionsindex als sehr ungünstig eingestufte Bereich im Westen des Feldes, wird auch von der Finanzbodenschätzung entsprechend mit einer Wertzahl von 26 eingestuft. Mit einem Korrelationskoeffizienten (Pearson r) von 0,62 gibt es eine schwache bis mittlere Korrelation zwischen der Beurteilung in der Finanzbodenschätzung und dem ermittelten Produktionsindex.

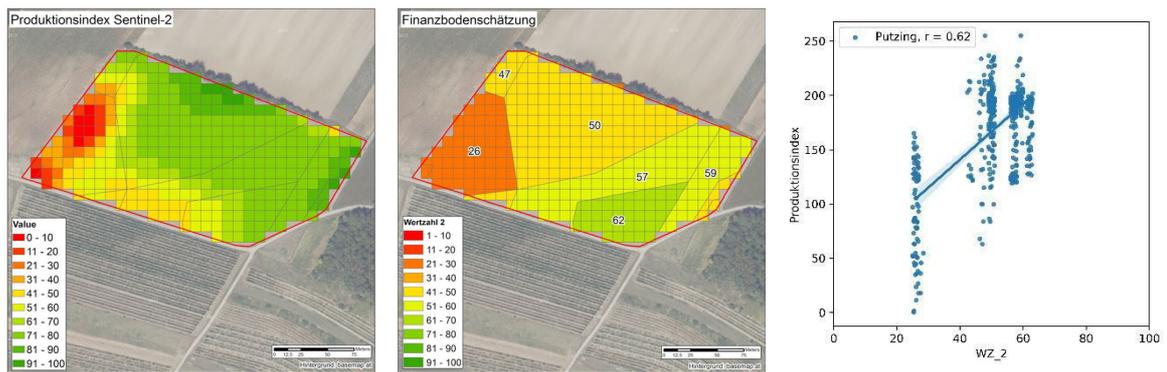


Abbildung 29: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Ackerzahl (WZ_2) der Finanzbodenschätzung

Auch zwischen den Bodenparametern und der Ackerzahl gibt es einen, wenn auch schwachen, Zusammenhang. Hervorzuheben ist vor allem der negative Zusammenhang mit der Bodenart Sand und der schwache positive Zusammenhang mit dem Humusgehalt (Abbildung 30). Die Korrelationen sind allerdings stark geprägt vom signifikant schlechteren Bereich im Westen, welcher sich sowohl in den Bodenparametern, in der Finanzbodenschätzung, als auch im Produktionsindex erkenntlich macht.

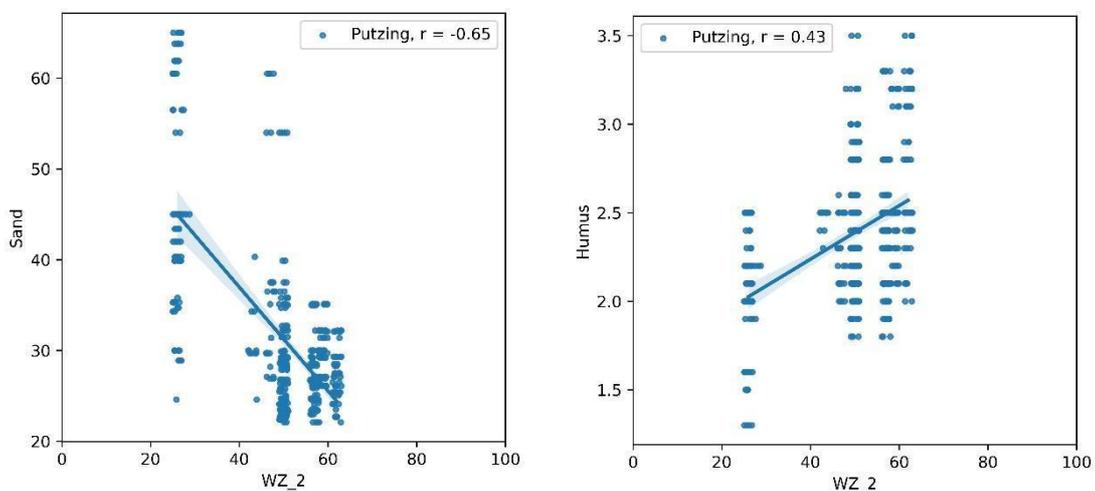


Abbildung 30: Gegenüberstellung der Bodenparameter Sand und Humusgehalt (Humus) mit der Ackerzahl (WZ_2)

In Abbildung 31 ist der Produktionsindex den verschiedenen Bodenparametern gegenübergestellt. Auch hier können die Unterschiede der diversen Bodenparameter durch den Produktionsindex teilweise gut differenziert werden.

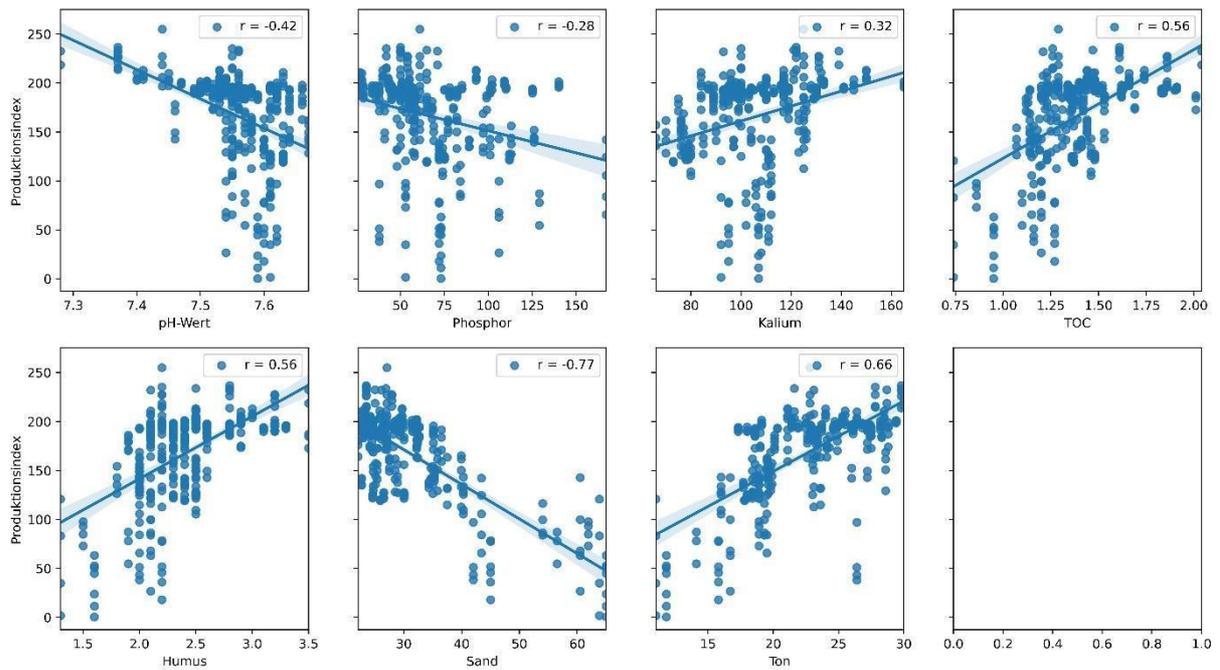


Abbildung 31: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Bodenparametern

4.4.1.4 Beispiel für die Anwendung einer Ausgleichsdüngung

Im folgenden Kapitel wird der Effekt einer teilflächenspezifischen Ausgleichsdüngung exemplarisch für die Pilotfläche in Putzing dargelegt. Auf Basis der TerrazoApp wurde das Sentinel-2 Bild vom 18.03.2020 in vier Zonen eingeteilt und, wie in Abbildung 32 dargestellt, für eine Düngeapplikationskarte aufbereitet.

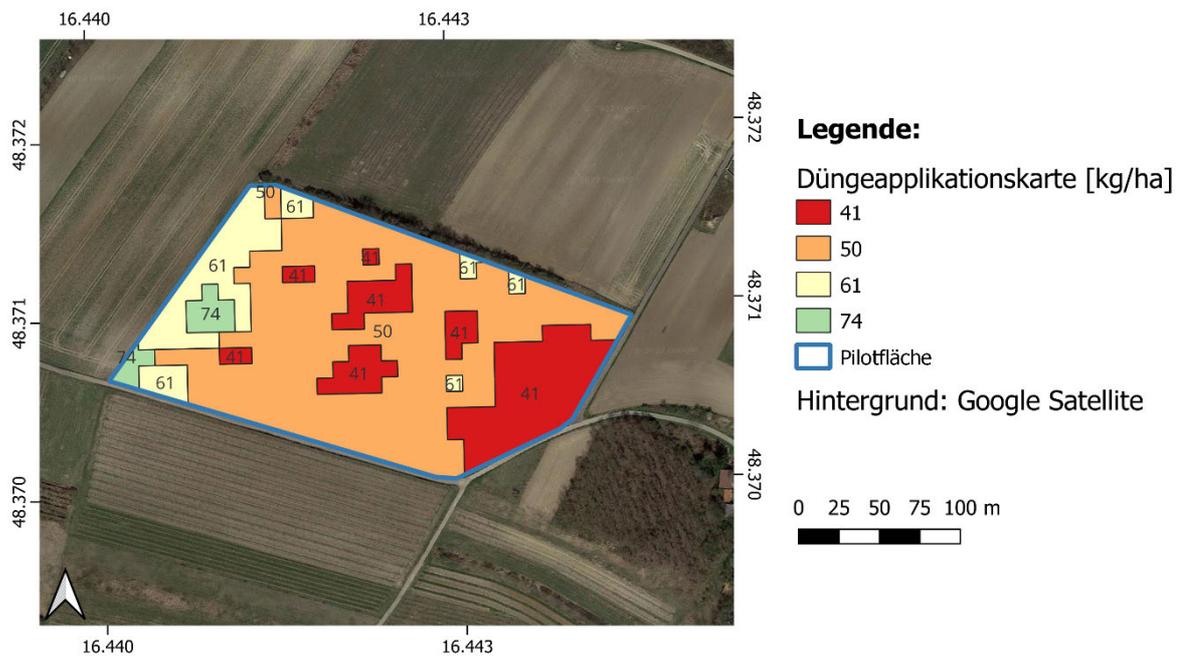


Abbildung 32: Düngerapplikationskarte auf Basis von Sentinel-2 Satellitendaten

Abbildung 33 zeigt eine Applikationskarte mit adaptierten Düngermengen (durch Zu- und Abschläge) berechnet mit Hilfe der Finanzbodenschätzungsdaten und der österreichischen Bodenkarte auf Basis der Richtlinie für die sachgerechte Düngung.

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Feldbegehung ist anzuführen, dass die Zone mit Wachstumsdepression im Westen des Feldes durch eine höhere Düngergabe wahrscheinlich nicht kompensiert werden kann, sondern im Gegenteil die Gefahr einer Stickstoffauswaschung erhöht wird. Dieser Bereich könnte aufgrund von Informationen aus der Finanzbodenschätzung (z.B. niedrige Wertzahl, hoher Sandanteil) detektiert und darauf individuell mit einer Mindestdüngemenge reagiert werden. Bei solchen Extremstellen sind die Stickstoffmengen-Abschläge aus der Richtlinie für die sachgerechte Düngung tendenziell unterbewertet.

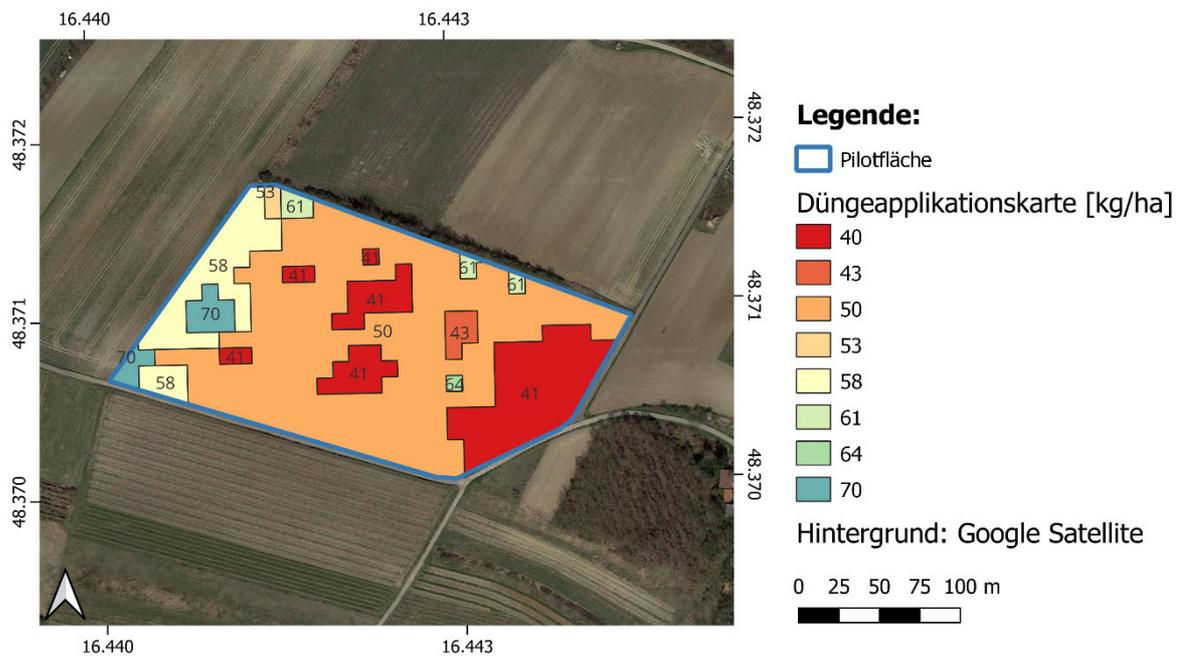


Abbildung 33: Düngemengekarte mit angepassten Düngermengen auf Basis der Zusatzinformation aus den Bodendatensätzen

4.4.2 Untersuchungsgebiet in der KG Dörnbach

Die benachbarten Grundstücke 687/1 in der KG Dörnbach (45302) bzw. 686/3 in der KG Kirchberg (45305) liegen am Nordrand der Molassezone. Der Untergrund wird von Älterem Schlier gebildet, einem sandig-tonig-mergeligem Sediment aus dem Egerium, das zum Teil eine Verwitterungsdecke trägt. Die Erhebungen zeigten, dass der Schlier im Nordwesten der Fläche von Lösslehm überlagert wird. Die Ackerfläche weist eine abwechslungsreiche Topographie, mit einem W-E verlaufenden Rücken im Norden und eine weite, nach Westen offene Mulde im Süden auf.

Die Bodenkarte weist drei Bodenformen aus, wobei die kalkhaltige Lockersediment-Braunerde aus Decklehmmaterial über Löss den weitaus größten Teil der Fläche einnimmt. In der Schätzungskarte findet man sechs unterschiedliche Klassenflächen.

Bodenkarte: kalkhaltige Lockersediment-Braunerde aus Decklehmmaterial über Löss:

- Wasserverhältnisse: gut versorgt; hohe Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit
- Horizonte: Ap (0-20/30 cm), B (20/30-50/60 cm), BC (50/60-60/80 cm), C (60/80-100 cm)

- Bodenart und Grobanteil: Ap: lehmiger Schluff, B: lehmiger Schluff oder schluffiger Lehm, BC: lehmiger Schluff, C: Schluff
- Humusverhältnisse: A – mittelhumos, Mull
- Kalkgehalt: Ap, B: kalkarm bis schwach kalkhaltig; BC, C: stark kalkhaltig
- Bodenreaktion: neutral
- Erosionsgefahr: bei starker Neigung mäßig abschwemmungsgefährdet
- Bearbeitbarkeit: gut zu bearbeiten
- Natürlicher Bodenwert: hochwertiges Ackerland

Bodenkarte: vergleyte, kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus kolluvialen Decklehmmaterial:

- Wasserverhältnisse: gut versorgt; hohe Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit
- Horizonte: Ap (0-25/35 cm), B (25/35-70/90 cm), Bg (70/90-120 cm)
- Bodenart und Grobanteil: Schluff bis lehmiger Schluff; vereinzelt im Unterboden schluffiger Lehm
- Humusverhältnisse: Ap – mittelhumos, Mull
- Kalkgehalt: kalkfrei; infolge Düngung Kalkgehalt möglich
- Bodenreaktion: neutral
- Erosionsgefahr: nicht gefährdet
- Bearbeitbarkeit: bei Ackernutzung: gut zu bearbeiten; bei Grünlandnutzung: gut zu befahren
- Natürlicher Bodenwert: hochwertiges Ackerland; hochwertiges Grünland
- Sonstige Angaben: sporadisch Kalkgehalt feststellbar

Bodenkarte: Stagnogley aus tonigem Schliermaterial:

- Wasserverhältnisse: wechselfeucht mit Überwiegen der feuchten Phase; hohe Speicherkraft, sehr geringe Durchlässigkeit
- Horizonte: Ap (0-15/20 cm), S1 (15/20-40/60 cm), S2 (40/60-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: Ap: lehmiger Ton, Lehm oder schluffiger Lehm; S1 und S2: Ton
- Humusverhältnisse: Ap – mittelhumos, Mull
- Kalkgehalt: kalkfrei (Oberboden auch schwach kalkhaltig infolge Düngung möglich)
- Bodenreaktion: neutral
- Erosionsgefahr: nicht gefährdet
- Bearbeitbarkeit: bei Ackernutzung: sehr schwer zu bearbeiten; bei Grünlandnutzung: gut zu befahren

- Natürlicher Bodenwert: geringwertiges Ackerland; mittelwertiges Grünland

Schätzungskarte:

- Klassenfläche 318: Typischer Pseudogley LT 3 D 62/56
- Klassenfläche 366: vergleyte Lössbraunerde sL/LT 4 D 56/50
- Klassenfläche 367: Parabraunerde sL 4 Lö 67/62
- Klassenfläche 368: Typischer Pseudogley LT 4 D 53/46
- Klassenfläche 369: vergleyte Lockersediment-Braunerde sL/LT 3 D 63/59
- Klassenfläche 371: Lössrohboden SL 4 Lö 51/47

Der Vergleich der vor Ort angetroffenen Böden mit der Ertragskarte aus den Fernerkundungsdaten zeigte, dass die Verteilung der Hoch- und Minderertragsflächen nicht vollständig durch die gegebenen Bodenverhältnisse erklärt werden kann. So zeigte sich etwa, dass auf dem Lösslehm-bedeckten Rücken, mit einem Vorkommen einer Braunerde mit sehr günstigen Texturverhältnissen, die relativ geringsten Erträge erzielt werden, während die Muldenlage mit dem dort angetroffenen tonreichen Hangpseudogley (LT/T) die günstigste Ertragslage darstellt. Offenbar bestimmt hier das Mikroklima die Ausbildung des Ertrages entscheidend mit.

4.4.2.1 Fernerkundungsdaten

In Abbildung 34 sind NDVI-Daten vom Mai 2022 dargestellt, die den aktuellen Vegetationsstatus widerspiegeln. Dunkelgrüne Bildpunkte zeigen Werte um 0,7, die für eine vitale und gesunde Vegetationsentwicklung stehen. Im Gegensatz dazu stehen die geringen Werte am westlichen Feldrand.

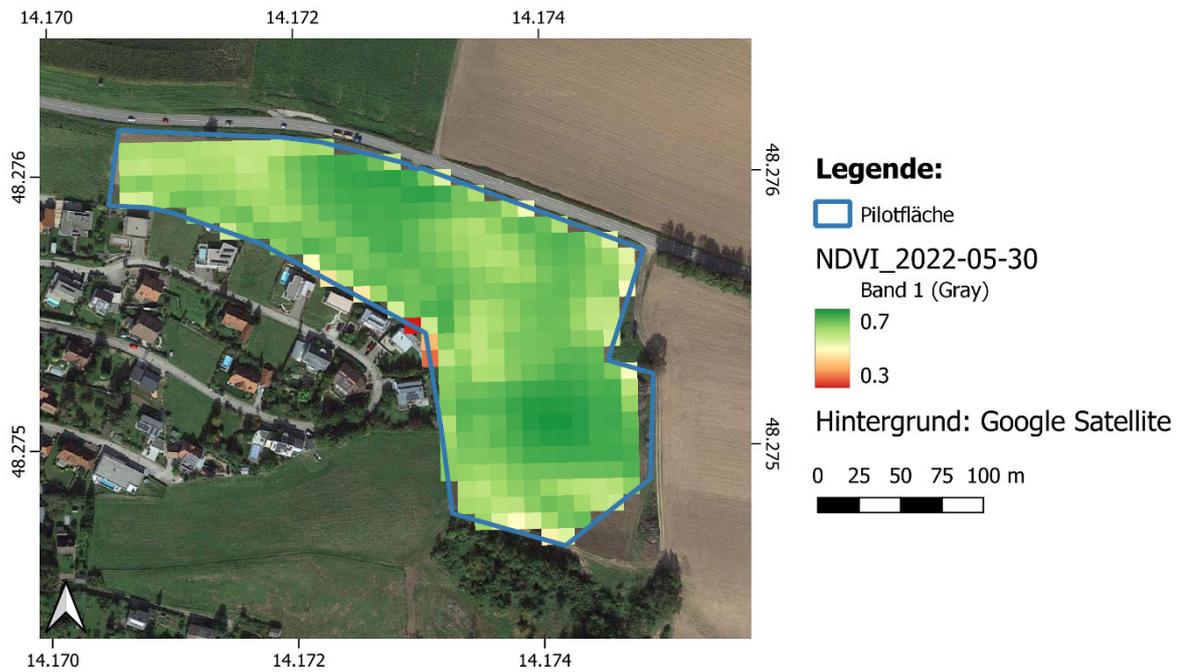


Abbildung 34: Aktuelle NDVI-Daten abgeleitet von der Sentinel-2 Aufnahme vom 30.5.2022.

Der historische Produktionsindex in Abbildung 35 zeigt die heterogenen Bedingungen dieser Fläche. Im langjährigen Trend wird deutlich ersichtlich, dass im westlichen Teilbereich des Feldes Produktivität und Vegetationsentwicklung deutlich schwächer sind als im östlichen Teil.

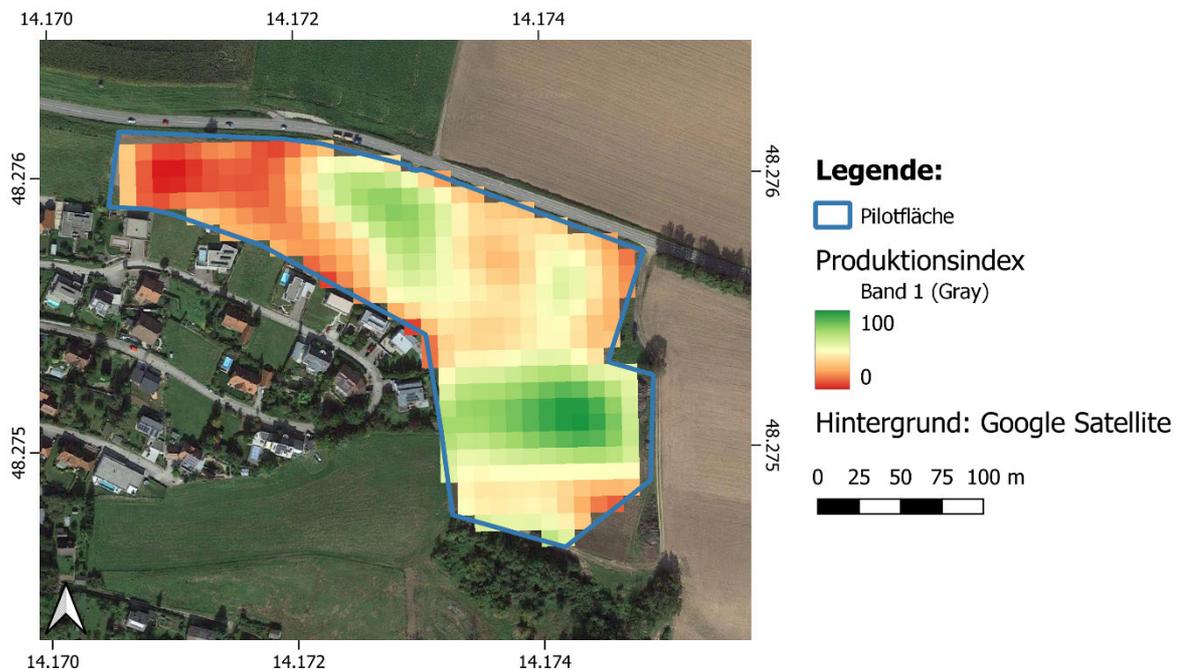


Abbildung 35: Historischer Produktionsindex abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (aufgenommen zwischen 2017 und 2021); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Dörnbach (blaue Linie)

4.4.2.2 Gegenüberstellung von Fernerkundungsdaten, Bodenanalysen, Finanzbodenschätzungsdaten und Ertragsdaten

Auch am Standort in der KG Dörnbach gibt es Tendenzen, dass sich die Wertzahl aus der Finanzbodenschätzung mit mehrjährigen Sentinel-2 Daten (Produktionsindex) erklären lässt (Abbildung 36). Die Zonierung der wesentlichen Ertragsbereiche kann bei den beiden Datenquellen als ähnlich aufgefasst werden, obwohl mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,31$ nur ein schwach positiver Zusammenhang besteht.

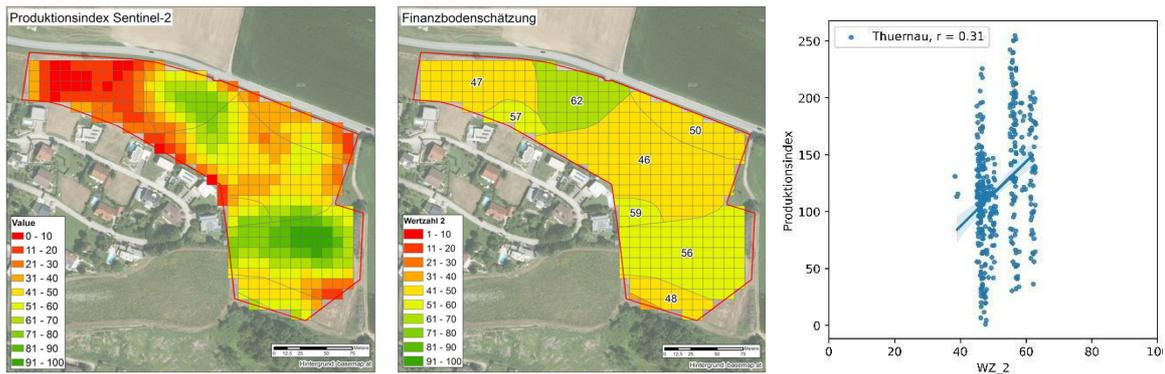


Abbildung 36: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Ackerzahl (WZ_2) der Finanzbodenschätzung

Stellt man die Ackerzahl mit den Bodenparametern Sand- und Humusgehalt gegenüber (Abbildung 37), so gibt es (ähnlich zu Pilotstandort KG Putzing) einen schwach negativen Zusammenhang zwischen Sandanteil und Ackerzahl sowie einen schwach positiven Zusammenhang zwischen Humusgehalt und Ackerzahl.

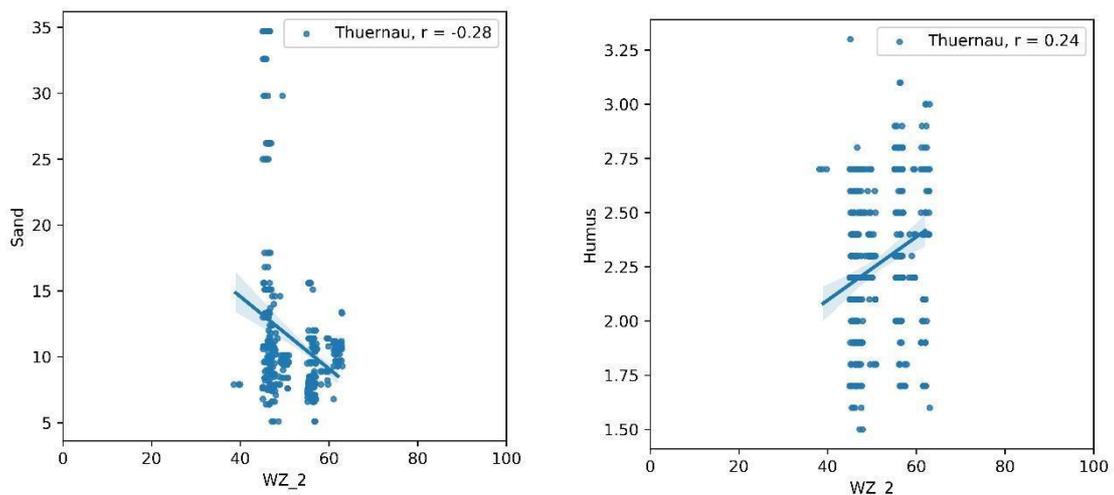


Abbildung 37: Gegenüberstellung der Bodenparameter Sand- und Humusgehalt mit der Ackerzahl (WZ_2)

In Abbildung 38 ist der Produktionsindex den verschiedenen Bodenparametern gegenübergestellt. Bei den meisten Parametern gibt es keinen Zusammenhang. Auffallend ist allerdings, dass bei TOC bzw. Humusgehalt ein leicht positiver Zusammenhang ($r=0,55$) beobachtbar ist.

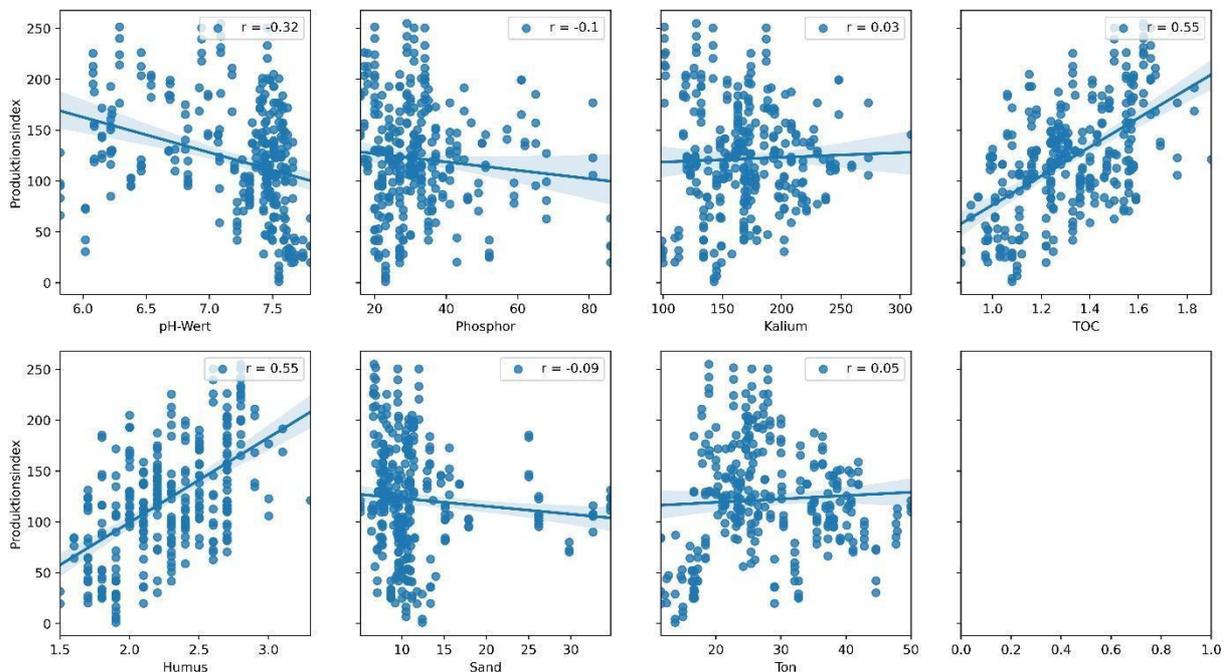


Abbildung 38: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Bodenparameter

An diesem Standort wurden vor der Ernte im Jahr 2020 an verschiedenen Punkten Kornertragsbeprobungen bei Winterweizen durchgeführt und dieser auf 14% TM pro Hektar korrigiert. Der Zusammenhang zwischen Ackerzahl und Produktionsindex zu Ertrag wird in Abbildung 39 dargestellt. Beide Kennzahlen können den Ertrag mit einem mittleren Zusammenhang erklären.

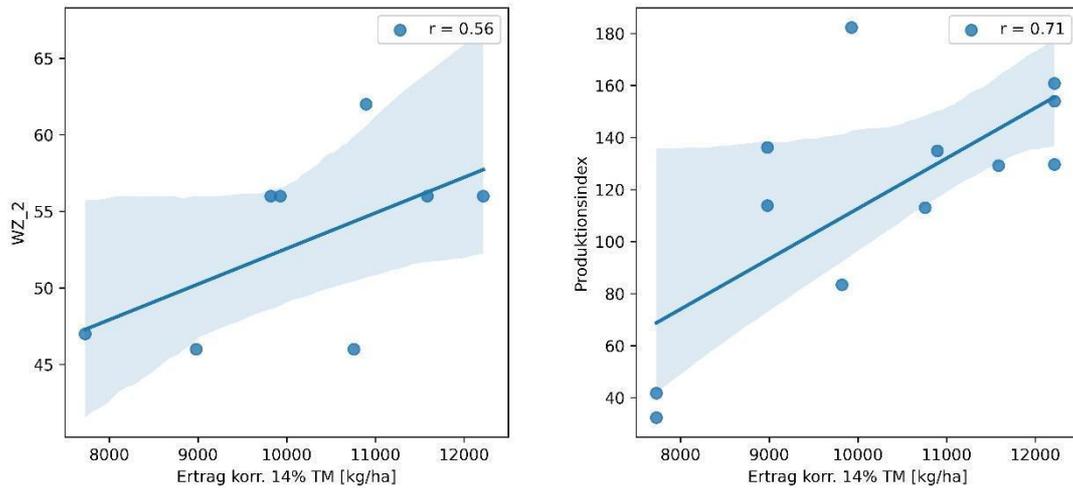


Abbildung 39: Gegenüberstellung von Ertrag mit Ackerzahl und Produktionsindex

4.4.3 Untersuchungsgebiet in der KG Neufeld an der Leitha

4.4.3.1 Fernerkundung

Abbildung 40 zeigt aktuelle NDVI-Daten aufgenommen am 27.5.2022. Man erkennt deutlich vitalere Bereiche im nordwestlichen Bereich der Pilotfläche.

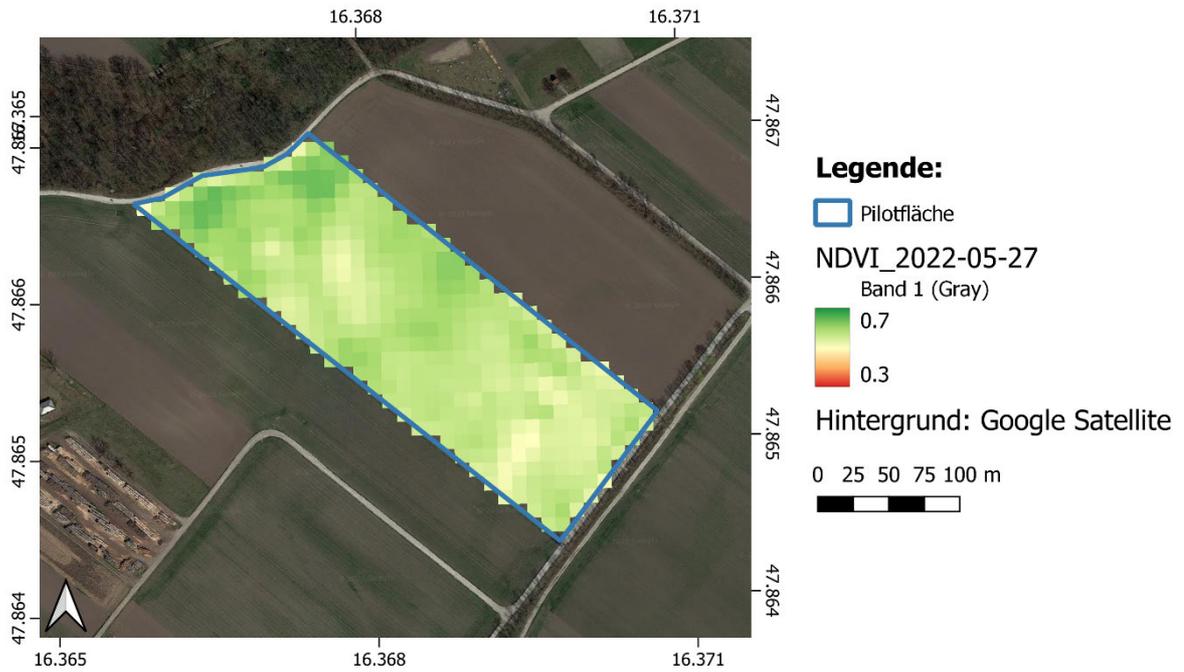


Abbildung 40: Aktuelle NDVI-Daten abgeleitet von der Sentinel-2 Aufnahme vom 27.05.2022

Der historische Produktionsindex zeigt die vergleichsweise weniger produktiven Bereiche im südöstlichen Teil der Pilotfläche.

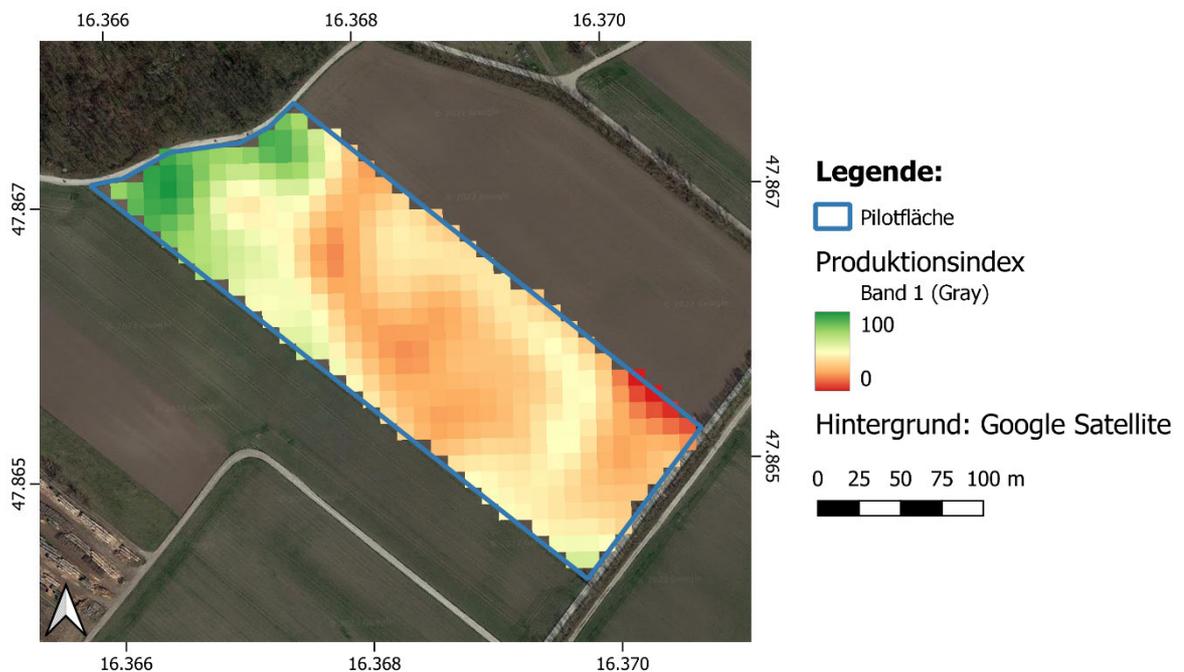


Abbildung 41: Historischer Produktionsindex abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (aufgenommen zwischen 2017 und 2021); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Neufeld an der Leitha (blaue Linie)

4.4.3.2 Gegenüberstellung von Fernerkundungsdaten, Bodenanalysen und Finanzbodenschätzungsdaten

Bei der Gegenüberstellung der Ackerzahl der Finanzbodenschätzung und des Produktionsindex (Abbildung 42) wird sowohl visuell als auch rechnerisch kein Zusammenhang ersichtlich.



Abbildung 42: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Ackerzahl (WZ_2) der Finanzbodenschätzung

Auch beim Vergleich von Ackerzahl und den Bodenparametern Sand- und Humusgehalt gibt es keinen Zusammenhang (Abbildung 43).

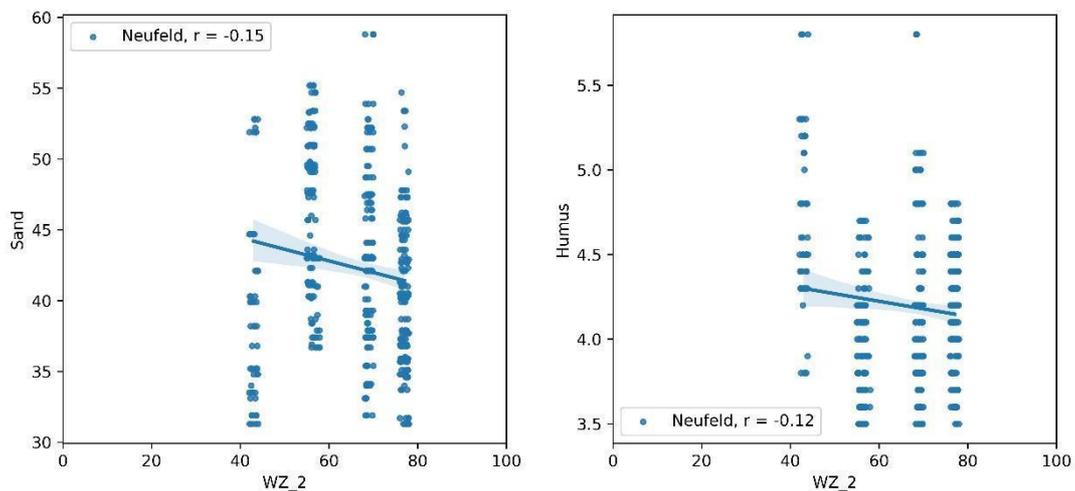


Abbildung 43: Gegenüberstellung der Bodenparameter Sand- und Humusgehalt mit der Ackerzahl (WZ_2)

Beim Vergleich von Produktionsindex und Bodenparametern (Abbildung 44) gibt es teilweise positive als auch negative Zusammenhänge zwischen den Parametern Phosphor, pH-Wert und Humusgehalt bzw. TOC und dem Produktionsindex.

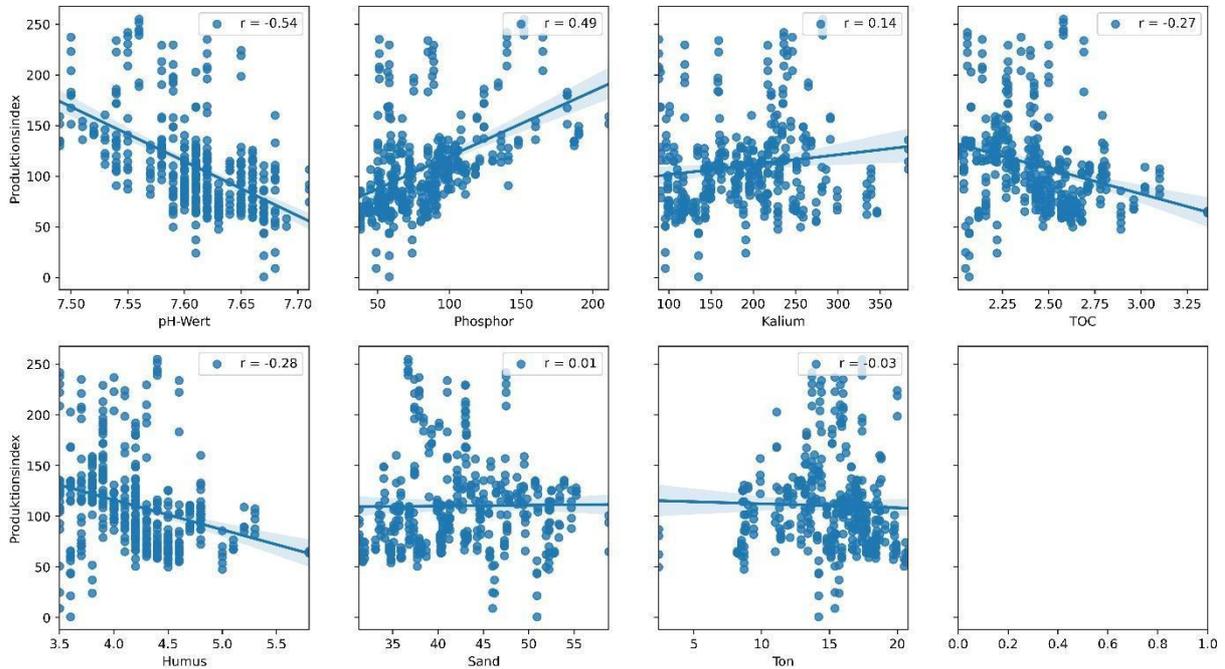


Abbildung 44: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Bodenparametern

4.4.4 Untersuchungsgebiet in der KG Nonsbach

4.4.4.1 Fernerkundung

Die aktuellen NDVI-Daten vom 20.05.2022 in Abbildung 45 zeigen einen homogenen und vitalen Pflanzenbestand auf der Pilotfläche in der KG Nonsbach. Der NDVI-Werte liegen zwischen 0.6 und 0.7.

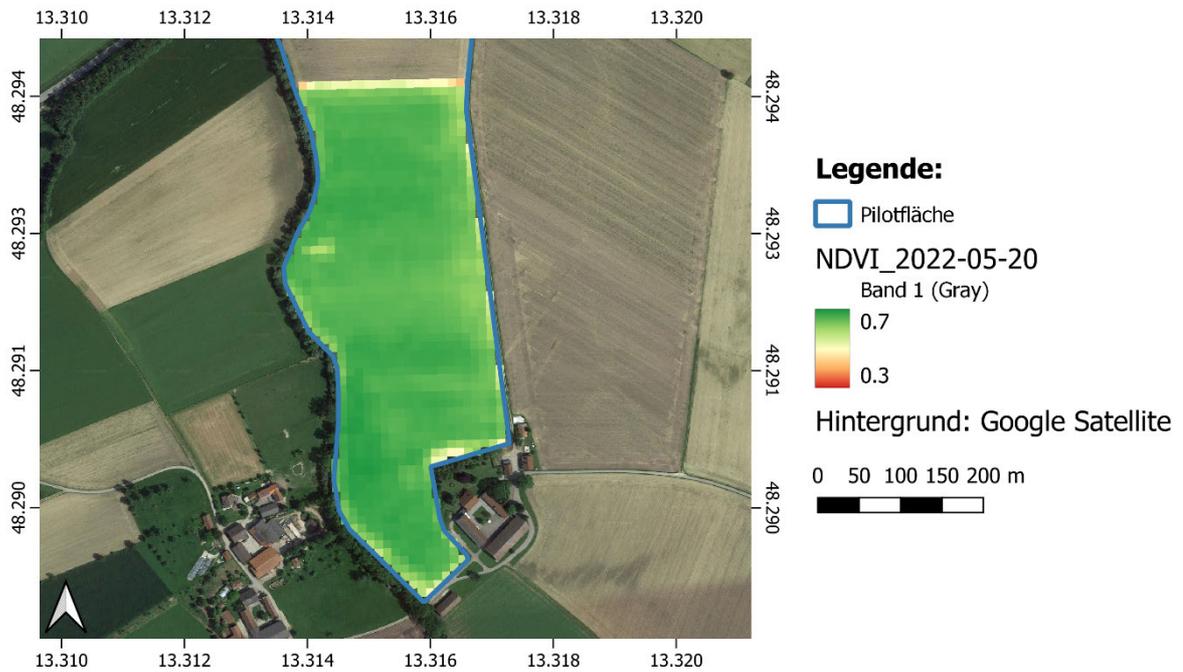


Abbildung 45: Aktuelle NDVI-Daten abgeleitet von der Sentinel-2 Aufnahme vom 20.5.2022

In Abbildung 46 zeigt der mehrjährige Produktionsindex eine mittlere bis gute Produktivität auf der gesamten Pilotfläche. Dauerhafte Minderertragsstellen treten hier nicht auf.



Abbildung 46: Historischer Produktionsindex abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (aufgenommen zwischen 2017 und 2021); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Nonsbach (blaue Linie)

4.4.4.2 Gegenüberstellung von Fernerkundungsdaten, Bodenanalysen und Finanzbodenschätzungsdaten

An der Pilotfläche in Nonsbach kann ebenfalls sowohl visuell als auch rechnerisch kein Zusammenhang zwischen der Ackerzahl der Finanzbodenschätzung und dem Produktionsindex festgestellt werden (Abbildung 47). Die Zonierung der Finanzbodenschätzung spiegelt sich im Produktionsindex nicht wider.

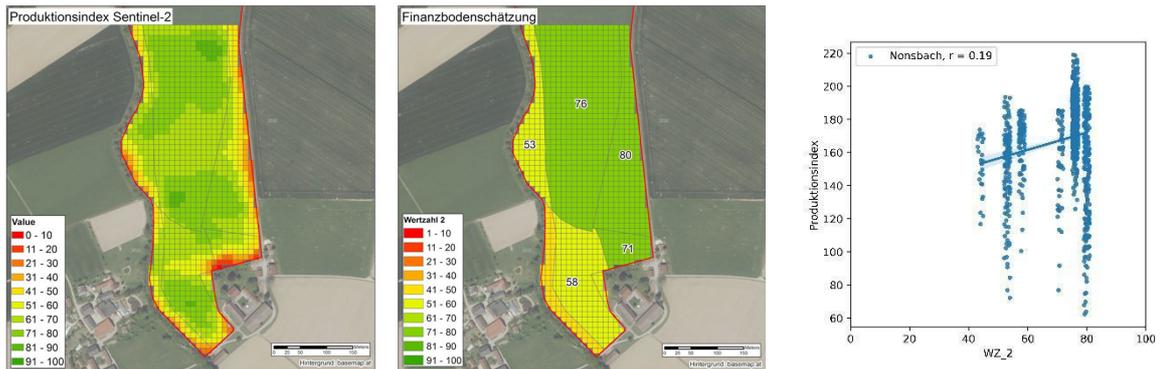


Abbildung 47: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Ackerzahl der Finanzbodenschätzung (WZ_2)

Auch bei anderen Gegenüberstellungen (Sand- und Humusgehalt vs. Ackerzahl in Abbildung 50 und Produktionsindex vs. Bodenparameter in Abbildung 51) können keine nennenswerten Zusammenhänge festgestellt werden.

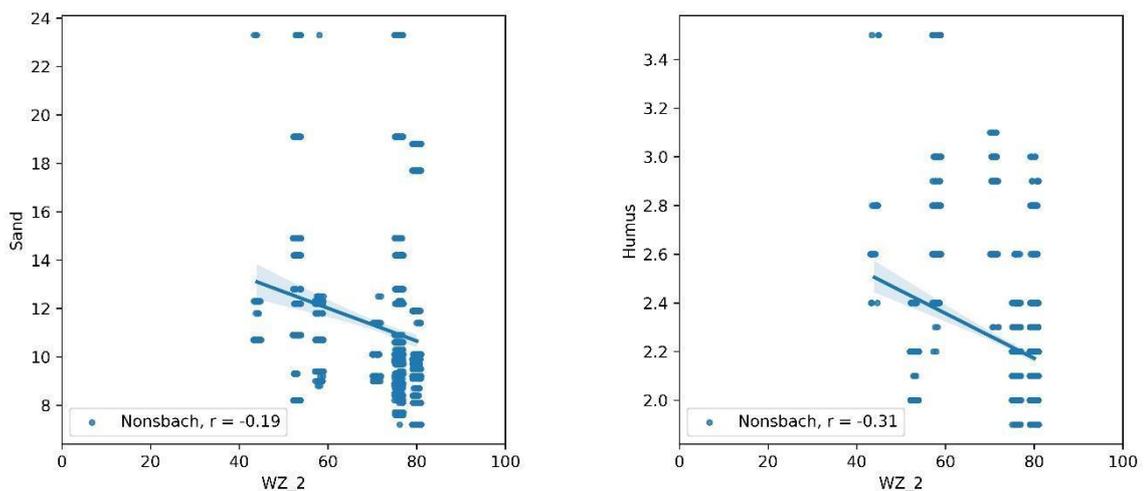


Abbildung 48: Gegenüberstellung der Bodenparameter Sand- und Humusgehalt mit der Ackerzahl (WZ_2)

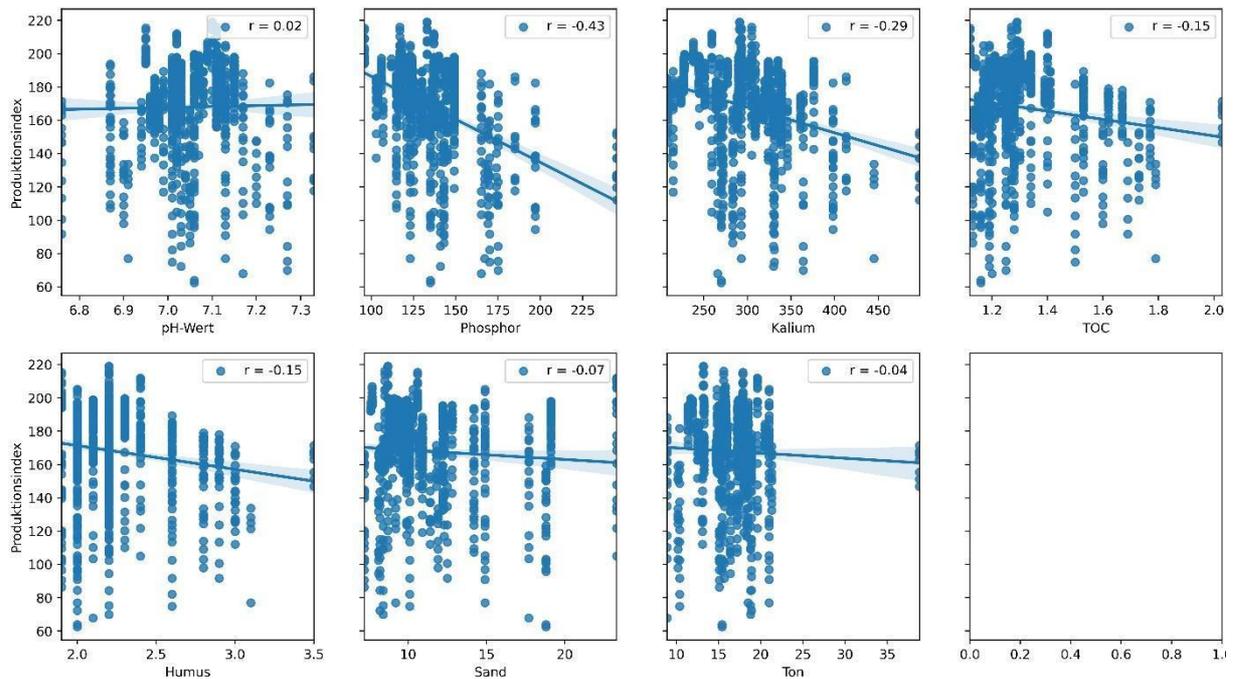


Abbildung 49: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Bodenparametern

4.4.5 Untersuchungsgebiet in der KG Ebenzweier

Das Grundstück 141/9 in der KG Ebenzweier (42108) befindet sich am westlichen Ufer des Traunsees. Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung wird von glazigenen Sedimenten bestimmt. Der Untergrund eines Großteils der Fläche wird von der Grundmoräne des Würmzeitlichen Traungletschers gebildet, die im Norden und Süden dieser Grünlandfläche von Schwemmfächern der rezenten Bäche überlagert wird.

Laut Bodenkarte kommen auf dieser Fläche drei Bodenformen vor. Dabei handelt es sich um Braunerden aus Locker- bzw. Festgestein, entkalkt bzw. kalkfrei.

Bodenkarte: entkalkte Lockersediment-Braunerde aus feinem und grobem Schwemmmaterial:

- Wasserverhältnisse: mäßig trocken; mäßige Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit
- Horizonte: A (0-10/20 cm), Bv (10/20-40/60 cm), C (40/60-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: A: lehmiger Schluff mit mäßigem Grobanteil (Steine), Bv: sandiger Lehm mit hohem Grobanteil (Schotter, Steine), C: vorherrschend Grobanteil (Schotter, Kies, Steine)
- Humusverhältnisse: A – stark humos, Mull
- Kalkgehalt: A: kalkfrei, Bv, C: stark kalkhaltig

- Bodenreaktion: schwach sauer über neutral bis alkalisch
- Erosionsgefahr: nicht gefährdet
- Bearbeitbarkeit: gut zu befahren
- Natürlicher Bodenwert: mittelwertiges Grünland

Bodenkarte: entkalkte Lockersediment-Braunerde aus feinem über grobem Jungmoränenmaterial:

- Wasserverhältnisse: gut versorgt; hohe Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit
- Horizonte: A (0-10/15 cm), Bv (10/15-40/60 cm), C (40/60-60/80 cm), D (60/80-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: A: lehmiger Schluff, Bv: schluffiger Lehm, lehmiger Ton oder Ton mit z.T. geringem Grobanteil (Grus), C: lehmiger Schluff oder schluffiger Lehm, D: vorherrschend Grobanteil (Grus, Kies, Schotter, Steine - Moränengeschiebe)
- Humusverhältnisse: A – mittelhumos, Mull
- Kalkgehalt: A, Bv: kalkfrei, C, D: stark kalkhaltig
- Bodenreaktion: schwach sauer über neutral bis alkalisch
- Erosionsgefahr: nicht gefährdet
- Bearbeitbarkeit: gut zu befahren
- Natürlicher Bodenwert: hochwertiges Grünland

Bodenkarte: pseudovergleyte, kalkfreie Felsbraunerde aus bindigem, tief aufgemürbtem Flyschmaterial:

- Wasserverhältnisse: mäßig wechselfeucht; hohe Speicherkraft, geringe bis mäßige Durchlässigkeit; Tagwassereinfluss
- Horizonte: A (0-15/20 cm), Bg (15/20-50/80 cm), P (50/80-100 cm)
- Bodenart und Grobanteil: A: sandiger Lehm oder Lehm, Bg: Lehm oder lehmiger Ton mit geringem Grobanteil (Grus, Steine), P: Ton mit geringem Grobanteil (Grus, Steine)
- Humusverhältnisse: A – mittelhumos, Mull
- Kalkgehalt: kalkfrei
- Bodenreaktion: neutral
- Erosionsgefahr: z.T. mäßig rutschgefährdet
- Bearbeitbarkeit: erschwerte Befahrbarkeit auf steileren Flächen
- Natürlicher Bodenwert: mittel- bis hochwertiges Grünland

Die Bodenschätzung zeigt zwei Klassenflächen für dieses Grundstück:

- Klassenfläche 29: Typischer Pseudogley - Planieboden L/T III b 3 34/31
- Klassenfläche 31: Lockersediment-Braunerde L/T II b 2 48/44

- Sonderfläche 31a 48/38
- Klassenfläche 32: Typischer Pseudogley L/T, Schu III b 3+- Grünland-Hutweide GrHu 29/10 Hu

Die Abgrenzungen der Bodenschätzungskarte decken sich weitgehend mit den Auswertungen der Sentinel-Daten. Da aber seit der letzten Überprüfung der Bodenschätzung weitere Geländeanpassungen (Aufschüttung von Feuchtflächen und Quellstellen) erfolgt sind, gibt es in diesen Bereichen abweichende Ergebnisse zwischen Bodenschätzung und Fernerkundungsdaten. Hinsichtlich der Qualität des auf Grünlandflächen produzierten Erntegutes werden von den Fernerkundungsdaten Feuchtflächen wegen der vergleichsweise hohen Biomasseproduktion besser eingestuft. Die Finanzbodenschätzung differenziert mit den Wasserstufen auch unterschiedliche Futterqualitäten. So werden Klassenflächen, die günstige Wasserverhältnisse und einen Grasbestand überwiegend aus Süßgräsern aufweisen, mit den Wasserstufen 1 (sehr gut) und 2 (gut) besser (höhere Grünlandgrundzahlen) als Feuchtflächen bewertet, die in den Wasserstufen 3, 4 oder im Extremfall in der Wasserstufe 5 (nass) nur minderwertige Futterqualitäten (Seggen, Binsen usw.) liefern.

1.1.1.1 Fernerkundung

In Abbildung 50 ist der aktuelle NDVI vom 30.05.2022 dargestellt. Die gelben Flächen in den Randbereichen zeigen gemähte Bereiche der Mähwiese. Die grünen Bereiche weisen einen bereits wiederaufwachsenden 2. Schnitt in der aktuellen Vegetationsperiode aus.

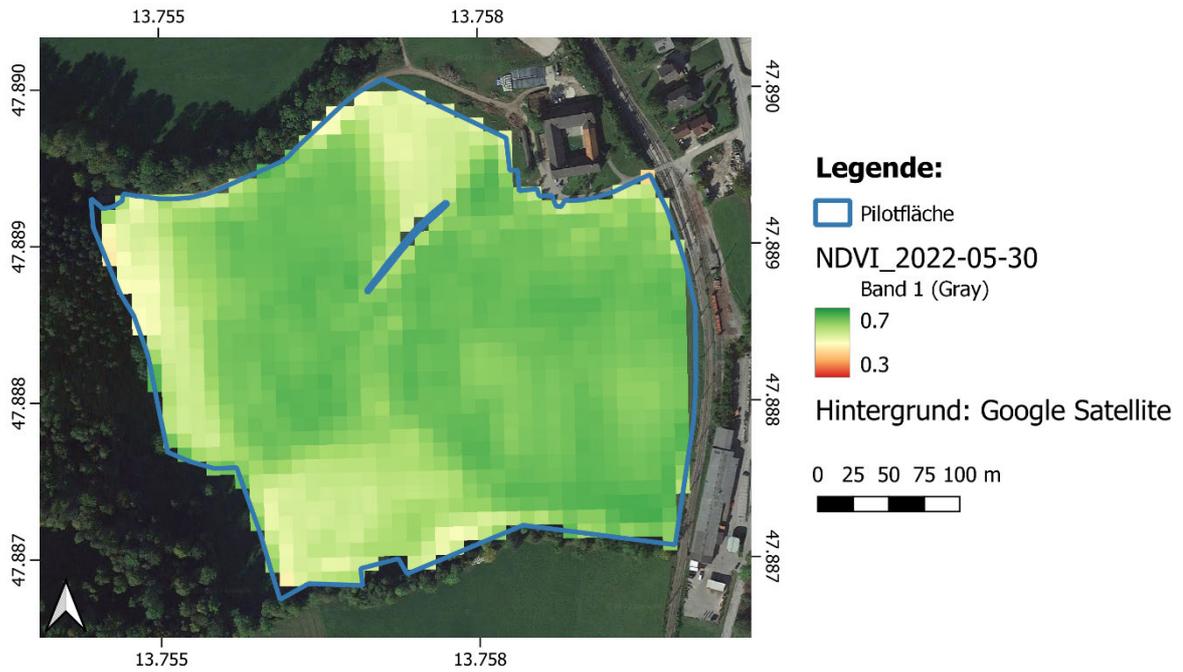


Abbildung 50: Aktuelle NDVI-Daten abgeleitet von der Sentinel-2 Aufnahme vom 30.5.2022

Der langjährige Trend ist im Produktionsindex in Abbildung 51 dargestellt. Die hoch produktiven Bereiche im westlichen und östlichen Teil der Mähwiese sind deutlich erkennbar. Gerade der westliche Teil ist als Klee-Pflanzenbestand vom Bewirtschafter als sehr produktiver Bereich beurteilt worden.

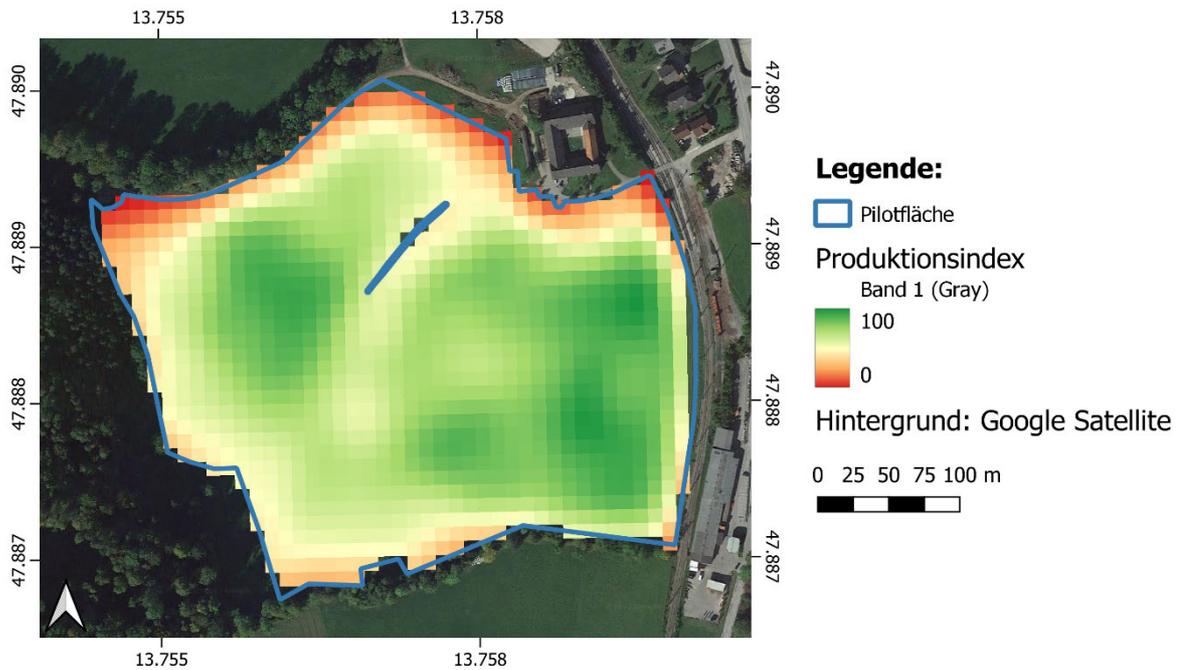


Abbildung 51: Historischer Produktionsindex abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (aufgenommen zwischen 2017 und 2021); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Ebenzweier (blaue Linie)

4.4.5.1 Gegenüberstellung von Fernerkundungsdaten und Finanzbodenschätzungsdaten

In der Gegenüberstellung mit den Daten aus der Finanzbodenschätzung sind teils sehr gute Übereinstimmungen zu sehen. Die produktiveren Bereiche aus dem Produktionsindex widerspiegeln die Klassenfläche mit der Grünlandzahl 44 - die höchste Bewertung innerhalb der Pilotfläche. Auch die in der Schätzungskarte ausgewiesenen weniger produktiven Flächen scheinen im Produktionsindex mit deutlich geringeren Werten auf. Besonders zu erwähnen sind hier die Klassenflächen mit der Grünlandzahl 30 am westlichen Waldrand und die Klassenfläche mit erhöhter Wasserstufe mit der Grünlandzahl 31.

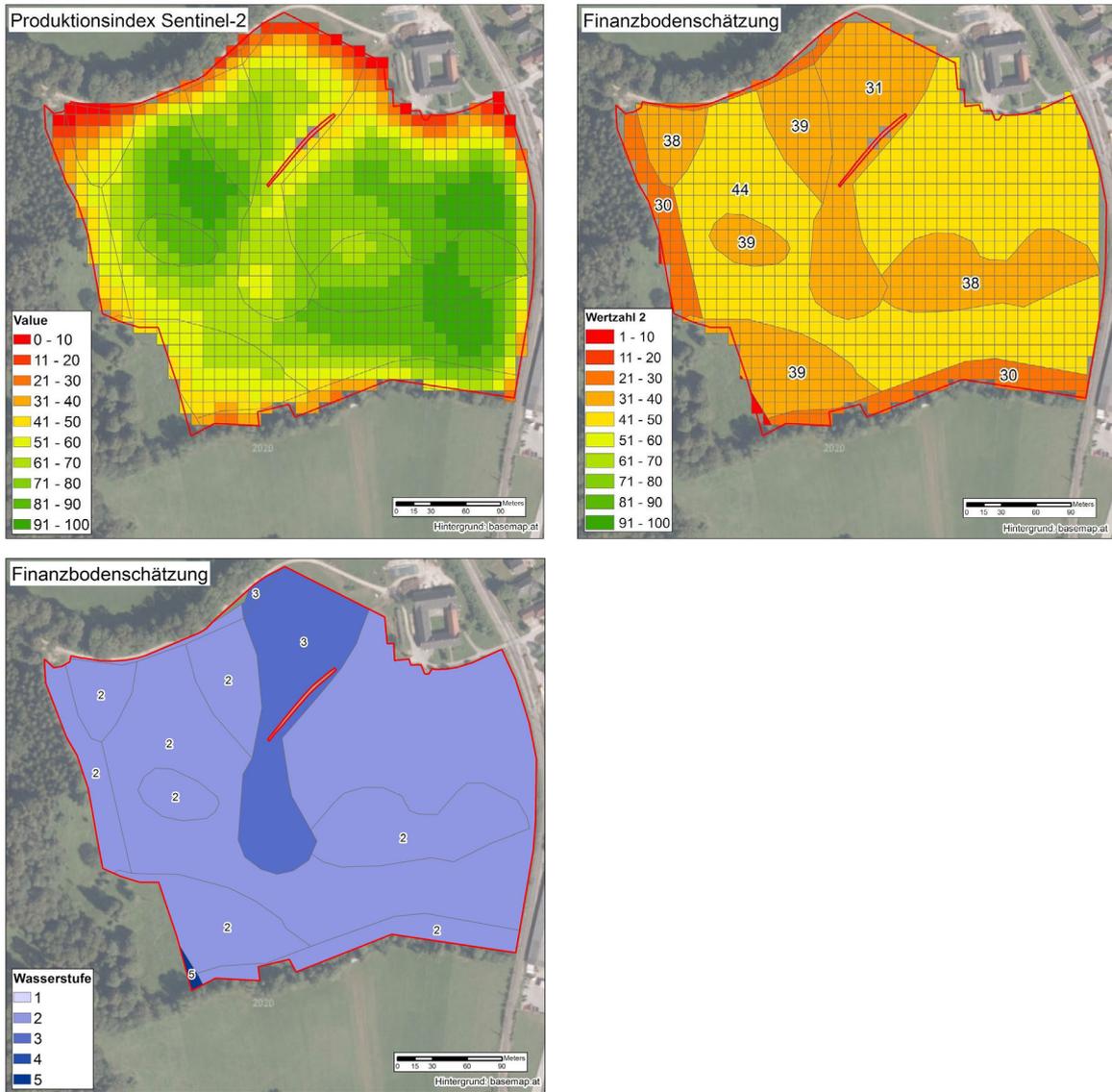


Abbildung 52: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Grünlandzahl sowie der Wasserstufe der Finanzbodenschätzung

4.4.6 Untersuchungsgebiet in der KG Altirdning

4.4.6.1 Fernerkundung

Der abgeleitete Blattflächenindex der Sentinel-2-Aufnahme vom 10.5.2021 (Abbildung 53) zeigt einen aufwachsenden Grünlandbestand mit den günstigsten Bereichen im östlichen Teil der Mähwiese.

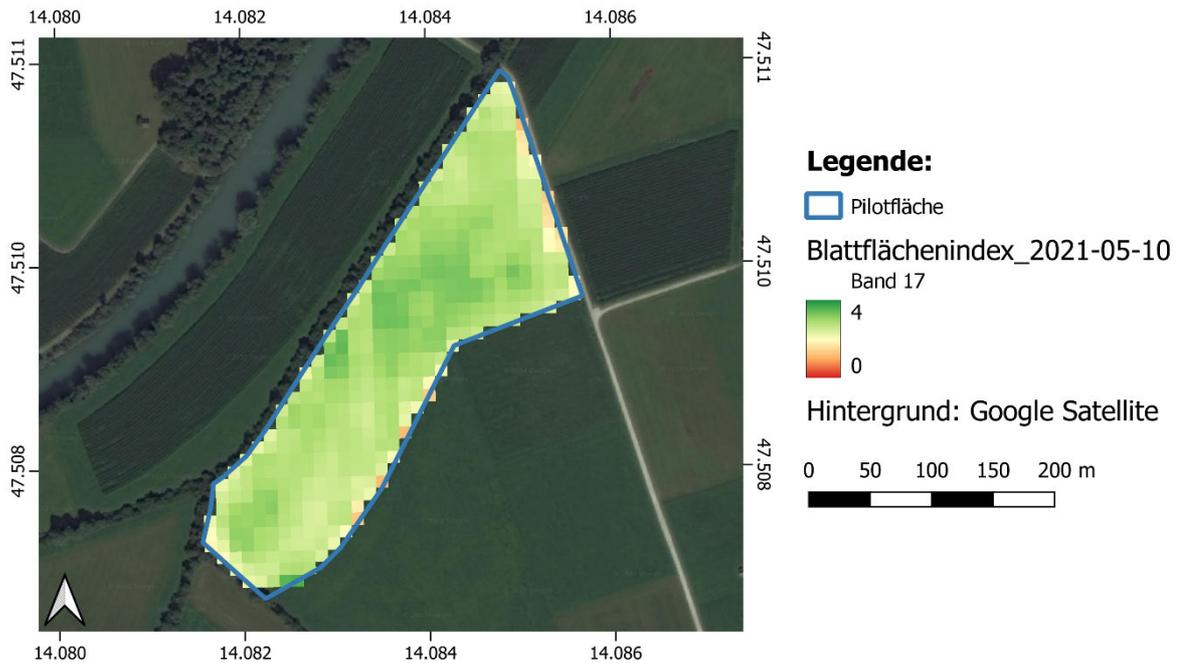


Abbildung 53: Blattflächenindex abgeleitet von der Sentinel-2 Aufnahme vom 10.5.2021

Der langjährige Trend in Abbildung 54 zeigt deutlich produktivere Bereiche im östlichen Teil der mehrmähdigen Mähwiese auf der Pilotfläche.

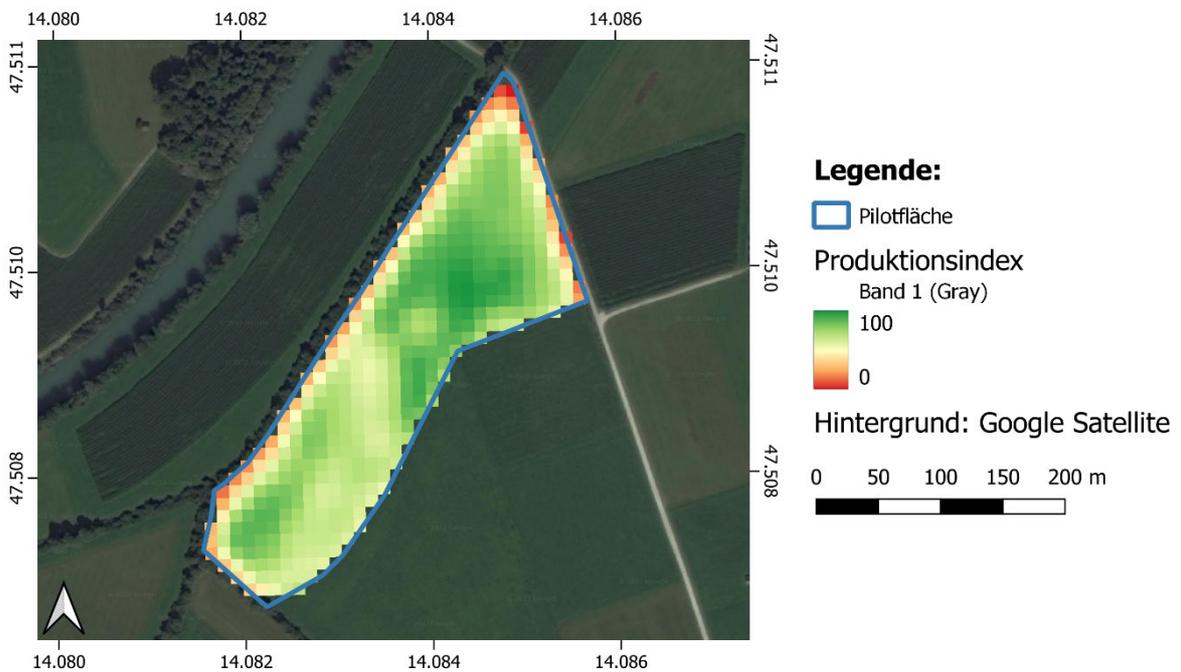


Abbildung 54: Historischer Produktionsindex abgeleitet aus Sentinel-2 Daten (aufgenommen zwischen 2017 und 2021); Abgrenzung der Pilotfläche in der KG Altirdning (blaue Linie)

4.4.6.2 Gegenüberstellung von Fernerkundungsdaten und Finanzbodenschätzungsdaten

Auch in diesem Falle zeigt die Gegenüberstellung der beiden Datensätze eine gute Übereinstimmung. Die Minderertragsfläche im Zentrum des Grundstücks ist in beiden Darstellungen deutlich ersichtlich.

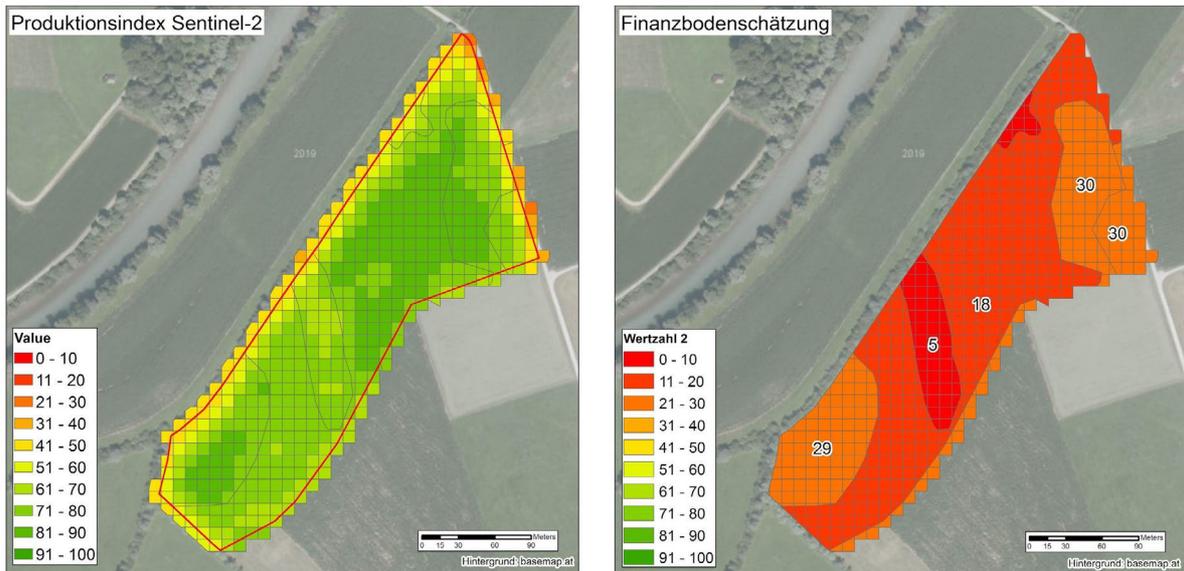


Abbildung 55: Gegenüberstellung von Produktionsindex und Grünlandzahl der Finanzbodenschätzung

4.4.6.3 Gegenüberstellung der Fernerkundungsdaten mit mehrjährigen Ertragsdaten der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Beim Vergleich der fernerkundlich abgeleiteten Blattflächenindex-Daten mit den tatsächlichen Ertragsdaten ist ein guter Zusammenhang in der untersuchten Pilotfläche zu erkennen. Der Scatterplot in Abbildung 56 veranschaulicht deutlich, dass je höher der Ertrag im Feld gemessen wurde desto höher waren meist auch die Blattflächenindexwerte.

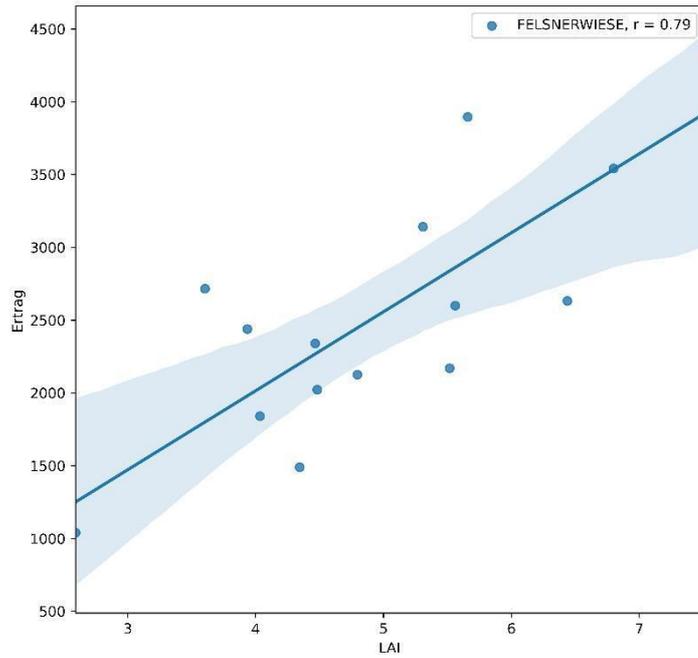


Abbildung 56: Vergleich tatsächlicher Ertragsdaten [kg/ha TM] auf der Y-Achse mit dem von Sentinel-2 Daten abgeleiteten Blattflächenindex-Werten auf der X-Achse; die Daten beinhalten Werte aus den Jahren 2017 bis einschl. 2021.

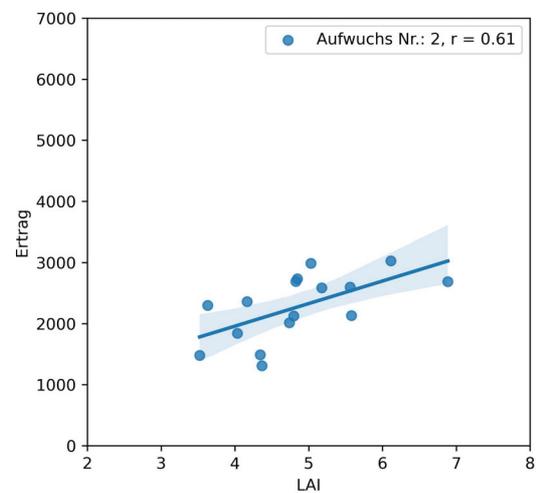
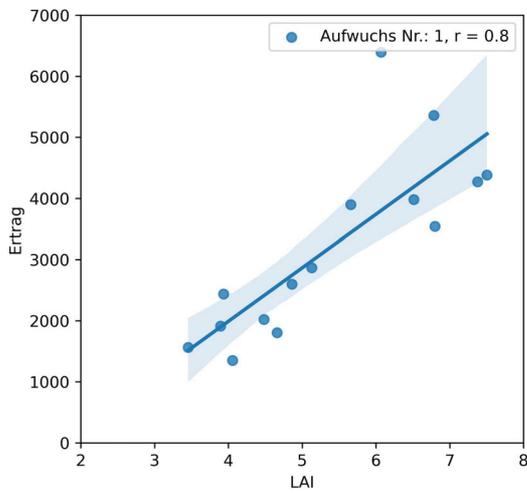


Abbildung 57: Korrelationen vom Blattflächenindex mit den Ertragsdaten [kg/ha TM] je Aufwuchs; links: erster Grünlandaufwuchs der Jahre 2017 bis 2021; rechts: zweiter Grünlandaufwuchs der Jahre 2017 bis 2021

5 Schlussfolgerungen und Diskussion

Nach den durchgeführten Arbeiten lässt sich durchaus Potential der verschiedenen Datenquellen erkennen. Vor allem die Kombination von Fernerkundungsdaten mit im Feld erhobenen Daten eröffnet neue Möglichkeiten. So können die Informationen der Satellitenaufnahmen für die Abgrenzung von Bodeneinheiten, vor allem solcher mit extremen Eigenschaften (z.B. Minderertragsstandorte wie Böden über hoch anstehenden Schotterkörpern), im Feld sehr aufschlussreich sein. Andererseits ist die ständige Verfügbarkeit und Aktualität der Fernerkundungsdaten von sehr hohem Wert um auch Aussagen über die Variabilität der Produktivität innerhalb eines Feldstücks jederzeit treffen zu können ohne vor Ort sein zu müssen. Bei den Feldtagen hat sich deutlich gezeigt, dass mit vor-Ort Erhebungen die Unterschiede zwar erwartungsgemäß deutlich präziser feststellbar sind (siehe Kap. Feldtag). Für eine Unterteilung in verschiedene Ertragszonen (z.B. Anwendung für teilflächenspezifische Düngung) sind die Fernerkundungsdaten in Kombination mit den anderen Datenquellen jedoch sehr gut geeignet.

Grundsätzlich können folgende Ursachen für die Differenzierung von Bereichen mit einheitlichem historischen Produktionsindex der Fernerkundungsdaten vorliegen:

- Bodenphysikalische Eigenschaften
- Bodenchemische Eigenschaften
- Kleinklimatische Gegebenheiten
- Bewirtschaftung
- Krankheiten/Schädlinge

Bodenphysikalische Eigenschaften, die den Ertrag beeinflussen, sind im Wesentlichen jene, die für die nutzbare Feldkapazität maßgebend sind. Dazu zählen die „pflanzenphysiologische“ Gründigkeit, Bodenart und Grobanteil, Struktur und Humusgehalt. Weiters ist anzumerken, dass auch anthropogen verursachte Störungen, wie z.B. Bodenverdichtung, ehemalige Wirtschaftswege oder Geländeänderungen als Ursachen in Betracht gezogen werden müssen.

Auch chemische Bodeneigenschaften (pH-Wert, Nährelement- bzw. Nährstoffgehalte, Relationen zwischen verschiedenen Nährelementen bzw. Nährstoffen) sind natürlich ertragswirksam. Geringe Nährstoffgehalte bzw. zu hohe Gehalte spezifischer Elemente, die dadurch Dysbalancen erzeugen, können in Kombination mit anderen Eigenschaften Ursache für einen Minderertrag sein.

Neben den üblicherweise benachteiligten Randstreifen eines Ackers, die für die Zielsetzung des gegenständlichen Projektes keine Berücksichtigung finden sollen, liegen die Ursachen für eine Differenzierung aufgrund kleinklimatischer Gegebenheiten meist in der geländemorphologischen Situation (z.B. windexponierte Rückenlagen).

Treten bei gleichen Bodenverhältnissen Zonen mit unterschiedlichem historischen Produktionsindex auf, ist die Ursache für die Differenzierung auf kleinklimatische Unterschiede oder anthropogen verursachte Störungen zurückzuführen.

Wesentlich komplexer stellt sich aber die Situation dar, wenn bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen Bereiche mit gleichem historischen Produktionsindex ausgewiesen sind – also Bodenunterschiede nicht erkennbar sind. In diesem Fall zeigen offensichtlich die Feldfrüchte eine große Toleranz gegenüber bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften. Daraus resultiert, dass eine Differenzierung der Bodenverhältnisse anhand von Fernerkundungsdaten nicht möglich ist. In derselben Zone mit gleichem historischem Produktionsindex können völlig unterschiedliche Böden hinsichtlich deren Aufbau und Eigenschaften auftreten.

Im Hinblick auf die Anpassung der Bewirtschaftung ist die Kenntnis der Ursache für die Ausweisung einer Ertragszone notwendig. Wenn eine eindeutige Korrelation von Klassenflächen bzw. Bodenformen mit unterschiedlichen historischen Produktionsindizes vorliegt, besteht die Möglichkeit, die Ursachen anhand bereits vorliegender, im Gelände erhobener Daten, zu eruieren. Im gegenständlichen Projekt hat sich gezeigt, dass dies in der Regel nicht möglich ist.

Fernerkundungsdaten vom Satellit Sentinel-2 stellen aber eine gute zusätzliche Informationsquelle bezüglich des aktuellen Pflanzenbestandes dar. Vor allem die aktuelle Pflanzenvitalität und auch die langjährige Produktivität kann zumindest in den meisten Pilotflächen mit zufriedenstellenden Ergebnissen abgeleitet werden.

Die Sentinel-2 Daten können bei der Bodenkartierung im Feld als zusätzliche Informationsquelle für den Erhebenden aufbereitet werden.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht zeigt die Verwendung von Fernerkundungsdaten in Kombination mit nationalen Bodendatensätzen Potential für die Erstellung von lokalen bzw. räumlich begrenzten Düngeapplikationskarten und Aussaatkarten für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung in der Präzisionslandwirtschaft. In Kombination mit der Finanzbodenschätzung können sie etwa bei der Umsetzung der Richtlinie für die sachgerechte Düngung unterstützen und helfen, Risiken, wie N-Auswaschung oder Überdüngung, vorzubeugen. Vor allem biophysikalische Variablen, wie z.B. der Blattflächenindex EVI, können von Sentinel-2 Daten abgeleitet werden und eignen sich für die Erstellung von historischen

Produktionskarten. Durch die Aggregation der Daten über mehrere Vegetationsperioden können Managementeffekte und kulturartenspezifische Charakteristika kompensiert und somit die durchschnittliche Produktivität der letzten Jahre bestimmt werden.

Eine Ableitung von Bodenparametern, wie z.B. Humusgehalt, pH-Wert oder Bodenart, ist mit Fernerkundungsdaten alleine hingegen nicht möglich. Teilweise gibt es Zusammenhänge mit vorliegenden Bodenproben (z.B. aus dem GISELA-Projekt) und abgeleiteten Vegetationsindizes.

Für die praktische Anwendung in der Präzisionslandwirtschaft ist eine Kombination aus Fernerkundungsdaten mit Bodeninformationen aus der österreichischen Bodenkarte, der Finanzbodenschätzung und weiteren verfügbaren Geodatensätzen (z.B. Grundwasserschutzgebiete) die beste Lösung.

Bei den verschiedenen Pilotgebieten treten teilweise schwache bis mittlere Zusammenhänge zwischen bestimmten Bodenparametern, Attributen der Finanzbodenschätzung und dem Produktionsindex aus Fernerkundungsdaten auf. Diese Zusammenhänge sind allerdings sehr standortspezifisch. Ein durchgängig signifikanter Zusammenhang einzelner Bodenparameter zwischen den Daten der Finanzbodenschätzung und einem spezifischen Produktionsindex konnte nicht festgestellt werden. Es wurde allerdings beobachtet, dass v.a. bei sehr heterogenen Standorten die Kombination der verschiedenen Datengrundlagen sehr hilfreich sein kann. So können zum Beispiel auswaschungsgefährdete Minderertragsstellen, welche resultierend aus Fernerkundungsdaten detektiert werden, mithilfe der Finanzbodenschätzungsdaten genauer beschrieben und spezifiziert werden. So kann beispielsweise bei der Erstellung einer Applikationskarte für die Düngung eine sehr niedrige Wertzahl (aus der Finanzbodenschätzung) ein Warnsignal sein, bzw. kann auf Basis der Beschreibung dieser Flächen auch individuell auf die Ursachen reagiert werden.

In den Grünlandgebieten zeigt vor allem der von Sentinel-2 abgeleitete Blattflächenindex bei der Erstellung von Informationen zum generellen Ertragspotential auf den Pilotflächen großes Potential. Durch mehrere Mähereignisse je Vegetationsperiode und durchschnittlich längere Bewölkungsphasen in höheren Lagen ist die Datenauswertung der Fernerkundungsdaten etwas komplexer und mit erhöhten Unsicherheiten behaftet. Die Auswertung in den beiden Pilotregionen zeigen aber, dass die Informationen für Bewirtschafter sehr interessant sein kann (z.B. für die Weidehaltung oder Ertragsschätzung). Auch die Verschneidung mit den Bodendaten liefert wertvolle Ergebnisse. So konnten etwa die Gründe für niedrigere Ertragspotentiale (z.B. durch ungünstigere Wasserstufen) aufgespürt werden.

5.1 Finanzbodenschätzungsdaten

Die Kartierung der Bodenschätzungsdaten erfolgt im Gelände mit Unterstützung des BEV. Diese Zusammenarbeit ermöglicht eine Datenqualität mit Katasterschärfe. Das BEV sollte daher in ein künftiges österreichweites Projekt betreffend Precision Farming unbedingt miteinbezogen werden.

5.1.1 Digitale Nacherfassung der Schätzungsbuchdaten

Mit dem Bundesgesetzblatt BGBl. I Nr. 45/2022 vom 13.04.2022 wurde im Bodenschätzungsgesetz § 2 Abs. 5 folgende neue Bestimmung aufgenommen: *„Abweichend von Abs. 1 ... sind sämtliche nicht als Musterstücke ausgewählte landwirtschaftlich genutzte Bodenflächen unter Zugrundelegung dieser Kundmachung zu ändern und die Ergebnisse der Bodenschätzung nach den Vorschriften des § 11 unter Außerachtlassung des § 11 Abs. 3 so aufzulegen, dass die Auflagefrist spätestens mit 31. Dezember 2028 endet.“*

Das bedeutet, dass *ex lege* die gesamten Bodenschätzungsergebnisse, insbesondere die Schätzungsbücher, bis spätestens Ende 2027 vollständig digitalisiert vorliegen müssen um die österreichweite digitale Auflegung der Schätzungsergebnisse mit den aktuellen Klimadaten zu verschneiden und österreichweit auflegen zu können.

Mit den Schätzungsbüchern werden die Informationen über den Bodenaufbau und damit u.a. über Horizontaufbau, Humus, Bodenart, Gründigkeit – durchwurzelbarer Bodenbereich, Durchlässigkeit (Schotterkörper, Staukörper,...), Speicherfähigkeit und Wasserverhältnisse digital verfügbar und auswertbar.

Die technischen Voraussetzungen für die Nacherfassung sind bereits vorhanden.

Die für Österreich verfügbaren, flächendeckenden Bodeninformationen bis in einen Meter Tiefe sind weltweit nahezu einmalig. Mit der vollständigen Digitalisierung stehen die Daten in höchster Auflösung dreidimensional zur Verfügung:

- Katasterscharfe Abgrenzung der Bodeneinheiten in der Fläche
- Zentimetergenaue Abgrenzung der Bodenhorizonte in die Tiefe bis einen Meter

Damit werden flächendeckende Informationen betreffend Bodenaufbau, Gründigkeit, Durchlässigkeit und Speicherfähigkeit der Böden abrufbar.

Aus den Daten des Schätzungsbuches können anhand der Bodenmerkmale durch Aussagen über die nutzbare Feldkapazität, die Kationenaustauschkapazität und die Versickerungsverhältnisse (Durchlässigkeit) der Böden abgeleitet werden.

Die Daten sind zu anderen Standards (z.B. ÖNORM) kompatibel und dort nutzbar. Es besteht auch die Möglichkeit der Nutzung und weiteren Aufbereitung in einem „Expertensystem Bodendaten“ (Schätzungskarte und -buch) oder der Verknüpfung mit anderen Daten (z.B. Geologie, Abfluss- und Einzugsgebietsdaten von Gewässern, Grundwasser). Diese Datengrundlagen könnten für eine Reihe von Fragestellungen herangezogen werden, z.B.:

- Simulation von Gefährdungsszenarien, z.B. Hochwasser, Rutschungen, Grundwasserverschmutzung, Bindung von Schadstoffen usw.
- Fragen zu Wechselwirkungen zwischen Boden und Klima
- Fragen zur Bodenfruchtbarkeit und Produktivität
- Raumplanung und Raumordnung

Der 30-jährige Überprüfungszyklus der Bodenschätzungsergebnisse bedeutet eine laufende Aktualisierung der Bodendaten.

Ein wesentliches Ziel dieses Projektes war zu überprüfen, ob eine Zusammenführung der unterschiedlichen Datensätze in einem regionalen oder gar nationalen Maßstab einerseits mit einem vertretbaren Aufwand möglich ist und andererseits zu validen Karten führt, die als Grundlage für die Präzisionslandwirtschaft verwendet werden können. Es hat sich gezeigt, dass eine automatisierte Erstellung solcher kleinmaßstäblichen Karten nicht möglich ist.

Auf einer lokalen Ebene, wie dies im gegenständlichen Projekt erfolgte, ist dies allerdings durchaus realistisch. Möglichkeiten wie eine Datenaufbereitung ausgeführt werden kann und welche Schritte dafür umzusetzen sind, wurden für die ausgewählten Pilotregionen aufgezeigt und erfolgreich durchgeführt. Statistisch gesicherte Korrelationen konnten allerdings auch nur für Minderertragsstandorte (Standorte mit extremen Wachstumsbedingungen) hergestellt werden.

Die Bodendatenbestände liegen vollständig für landwirtschaftlich genutzte Flächen in digitaler Form vor und eignen sich für die Heranziehung der in diesem Projekt konzipierten Anwendungen. Dies gilt v.a. für jene der Finanzbodenschätzung. Eine Ausweitung der Möglichkeiten ist dann möglich, sobald eine vollständige Digitalisierung der Schätzungsbuchdaten erfolgt ist. Dies wird spätestens im Jahr 2028 der Fall sein.

Voraussetzung für eine Erstellung von Karten für ein großes Untersuchungsgebiet (regional oder national) wäre zunächst die Umwandlung der vorliegenden Vektordatensätze in Rasterdaten. Durch Verwendung von einheitlichen Rastern würde die manuelle Prüfung der Unmengen an Restflächen, die sich bei der Verschneidung der Polygone von Vektordaten ergeben, vermieden werden. Gleiche Zellen unterschiedlicher Datensätze könnten computergestützt miteinander verglichen und Abweichungen analysiert werden. Wenn auch allein dadurch noch nicht die Qualität der Ergebnisse verbessert werden kann, so ist diese Transformation der Grundlagendaten dennoch als erster notwendiger Schritt in Richtung einer Realisierung einer nationalen – automatisch generierten – Karte zu sehen. In einem nächsten Schritt könnten die Rasterkarten von wenigen Schlüsselparametern (z.B. pH-Wert, Humusgehalt) miteinander verschnitten und nach Korrelationen untersucht werden.

Das Projekt BODAT hat jedenfalls gezeigt, dass jeder der verwendeten Datensätze über ein Potential verfügt und durch deren Kombination und Überlagerung dieser Potentiale ein noch größerer Nutzen entstehen kann. Abschließend sollen durch eine Gegenüberstellung die Möglichkeiten von terrestrischen Daten und Fernerkundungsdaten zusammenfassend dargestellt werden.

Tabelle 7: Gegenüberstellung terrestrischer Daten und Fernerkundungsdaten sowie deren digitale Verfügbarkeit

Informationen/Kriterien	Terrestrische Daten	Fernerkundungs -daten	Digitale Verfügbarke
Historischer (langjähriger) Produktionsindex (Ertragsfähigkeit)		x	j
Standortspezifisches Ertragspotential (unabhängig von der aktuellen Bewirtschaftung und von Bewirtschaftungsfehlern)	x		j
Standortinformation z.B. Frostlagen, Zuschusswasser	x		n/tw.
Bewirtschaftungsbeschränkung Grobsteinanteil im Oberboden, anstehender Fels, wellige Oberflächenstruktur	x		tw
Zeitpunkt Blattaustrieb		x	j
Erntezeitpunkt		x	j
potentielle/ortsübliche Nutzungsmöglichkeiten bzw.	x		j

Aktuelle und historische Nutzung bzw. Kulturarten		x	j
Bodentyp	x		j
Horizontaufbau	x		n/j
Wasserhaushalt-Wasserstufen	x		j
Wasserhaushalt insb. Grundwasser, Tagwasser, Durchlässigkeit,	x		n/j
Chemismus insb. Kationenaustauschkapazität, pH-	x		n/j
Gründigkeit - Durchwurzelungstiefe	x		n/j
Bodenart	x		j
Humusform z.B. Mull, Moder	x		n/j
Grobboden (Anteil und Art) z.B. Kies, Schotter, Fels	x		j
Grobboden (Anteil und Tiefe)	x		n/j
Sehr hohe Lagegenauigkeit der Ergebnisse		x	j
Vororterhebung erforderlich	x		
Freie Verfügbarkeit		x	
Aktualität (wochenaktuell)		x	

Zusammenfassend seien hier hoch einmal die wesentlichsten Punkte angeführt (incl. geforderte Institutionen), deren Umsetzung als nächste Schritte hin zu einer anwendungsbezogenen Grundlage für Maßnahmen des Precision Farmings empfohlen wird:

- Vollständige Digitalisierung der Bodenschätzungsdaten (BMF und BEV)
- Modernisierung des Datenmodells der digitalen Schätzungsdaten (BEV)
- Optimierung des historischen Produktionsindex aus Sentinel-2 Fernerkundungszeitreihen (UBA, BOKU, HBLFA Wieselburg)
- Auswahl für den Boden relevanter Fernerkundungsvariablen (Produktionsindex, Bodenindizes etc.) (UBA, BOKU, HBLFA Wieselburg)
- Prozessierung der ausgewählten Fernerkundungsvariablen für gesamt Österreich (UBA - nur mit Unterstützung von BAB oder EODC und BOKU möglich).

- Aufbau eines mehrdimensionalen Datenwürfels mit Landwirtschaftlicher Bodenkartierung, Finanzbodenschätzung und relevanten Fernerkundungsdaten für nachgeordnete Institutionen, Forschung und Bundesländer (MS-GIS, BAB, EODC, UBA)
- Inspire-konforme Umsetzung der oben genannten Punkte (UBA)

Derzeit werden die Daten der Bodenschätzung außerhalb der Finanzverwaltung und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) nur dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) für die im §27 Abs.3 Marktordnungsgesetz (MOG) angeführten Organisationen und Zwecke gem. MOG §27 Abs. 4 zur kostenfreien Nutzung überlassen.

Die Daten der Bodenschätzung (insbesondere Schätzungsbücher) sind aufgrund der neuen gesetzlichen Vorgaben (BGBl. I Nr. 45/2022 vom 13.04.2022) bis spätestens Ende 2027 vom Bundesministerium für Finanzen vollständig zu digitalisieren. Die Schätzungsreinkarten liegen bereits jetzt bundesweit digital vor und werden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) verwaltet.

Für eine Ausweitung des Nutzerkreises wäre unter Einbindung der Länder und des BEV eine ressortüberschreitende gesetzliche als auch logistische Lösung hinsichtlich Daten zu schaffen. Die Finanzbodenschätzungsdaten könnten ähnlich wie die Katasterdaten - einmal jährlich aktualisiert - vom BEV zum Download bereitgestellt werden. Wobei im ersten Schritt kurzfristig die Schätzungsreinkarten und mittelfristig ab Anfang 2028 die digitalen Schätzungsbuchdaten hinzukommen werden. Es sind jedoch nutzerbezogene gesetzliche Vorschriften erforderlich, da die Nutzung der Daten insbesondere für Hersteller von Maschinen und Softwareanwendungen einzuschränken ist bzw. ist dafür die Verpflichtung der kostenfreien die Nutzung durch den Kunden (Landwirt) gesetzlich zu regeln.

5.2 Ausblick

Im gegenständlichen Projekt wurden drei verschiedene, boden-bezogene Geodatensätze (Landwirtschaftliche Bodenkartierung, Finanzbodenschätzung, Fernerkundungsdaten) für sechs Pilotgebiete wie folgt ausgewertet: 1.) Die jeweiligen Kartenprodukte wurden qualitativ gegenübergestellt (verschnitten) und die Ergebnisse dieser Verschneidung im Zuge von Feldbegehungen verifiziert und gegebenenfalls verfeinert. 2.) Es wurden quantitative Beziehungen (Korrelationen) zwischen Produktivitätsindizes der Fernerkundung, teilschlagspezifischen Bodenanalysen, Ertragsdaten und Produktivitätsklassen der Schätzung (Acker- bzw. Grünlandzahlen) hergestellt. Auf Grund rezenter Entwicklung ist davon

auszugehen, dass solche Auswertungen erst den Beginn der geoinformatischen Nutzung dieser einzigartigen Datensätze darstellen. Es sind die Möglichkeiten der Verknüpfungstechnologien bzw. die Schaffung von Schnittstellen mit anderen Daten (z.B. Klimadaten) zu prüfen bzw. zu entwickeln. Die Daten werden künftig insbesondere auch im Zusammenhang mit den aktuellen Klimaveränderungen zur Sicherung der Versorgungssicherheit immer mehr an Bedeutung erlangen und stellen einen Wissensvorsprung für Österreich dar, über den andere Nationen nicht verfügen.

Die Verfahren für solche künftige Auswertungen entstammen im Wesentlichen dem Bereich des sogenannten „**Digital Soil Mapping (DSM)**“. Die Grundfrage dieses Ansatzes lässt sich wie folgt zusammenfassen: Wie gelingt es Bodeninformationen mit Hilfe moderner geoinformatischer Werkzeuge möglichst ressourceneffizient, genau und nutzbringend vom Punkt in die Fläche zu übertragen? Dieser Prozess wird gemeinhin als „Regionalisierung“ oder „räumliche Interpolation“ bezeichnet. Die Grundidee des DSM ist es, detaillierte **Punktinformationen** (Zielvariablen, „*response variables*“) zu verschiedenen Bodeneigenschaften (Textur, pH, Humus, aber auch z.B. Gründigkeit oder Bodentyp) mit Hilfe von verfügbaren **Flächeninformationen** (erklärende Variablen, „*predictor variables*“, Ko-Variablen) in die Fläche zu rechnen. Die verwendeten Ko-Variablen sind meist Karten wichtiger bodenbildender Faktoren und Bodeneigenschaften (Geologie, Landnutzung, Vegetation, Klima, Relief, bestehende Bodenkarten; im sog. scorpan-Ansatz nach McBratney et al. 2003). Diese werden digital überlagert („*rasterstack*“) und mit den räumlich verorteten Punktinformationen verschnitten. Mit Hilfe von verschiedenen Algorithmen aus den Bereichen des maschinellen Lernens (Random Forest, Neuronale Netze, regelbasierte Entscheidungsbäume,...), der Geostatistik (div. Varianten des Kriging) oder komplexerer statistischer Verfahren (generalisierte additive Modelle, Strukturgleichungsmodelle mit räumlicher Komponente,...) werden die Punktinformationen mit den Flächeninformationen korreliert und in die Fläche interpoliert. Als Endprodukt erhält man Karten der gewünschten Bodeneigenschaften, die je nach Wahl des Ausgaberrasters als quasi-kontinuierlich betrachtet werden können. Diese Verfahren erlauben es außerdem, die mit Messungen und Modellierung assoziierten Unsicherheiten räumlich zu quantifizieren. Die so errechneten Karten können außerdem unter Einsatz weiterer geostatistischer Algorithmen gemittelt werden („*model averaging*“).

Aus dem Blickwinkel des DSM lassen sich die drei in diesem Projekt untersuchten Geodatensätze demnach wie folgt beschreiben: Sowohl die Landwirtschaftliche Bodenkartierung als auch die Finanzbodenschätzung sind als kombinierte Produkte zu betrachten. Beide bestehen jeweils aus einem **Flächendatensatz** (Bodenformen der Kartierung, Klassen- und Sonderflächen der Schätzung) sowie aus einem **Punkt datensatz** (Referenzprofile der Kartierung, Musterstücke und Schätzungsbücher der Schätzung) samt der jeweils zugehörigen Attribute. Die Fernerkundungsdaten sind wiederum ausschließlich

flächig, wurden in diesem Projekt jedoch um etliche Bodenanalysen auf Teilschlagniveau ergänzt (Punktdaten).

Ein DSM-Ansatz nach dem oben geschilderten Prinzip ist daher zunächst auf bestehende **Punktinformationen in bestmöglicher Qualität und ausreichender Dichte** angewiesen. Den bestehenden Daten von Finanzbodenschätzung (Musterstücke, Vergleichsstücke, Schätzungsbücher) und Bodenkartierung (Referenzprofile) kommt hier eine Schlüsselposition zu. Sie sind die wichtigste Eingangsebene, weil nur sie die im Gelände erhobenen Bodeneigenschaften für Österreich abbilden. Diese wichtigen Daten müssen für DSM und viele weitere potentielle Anwendungen harmonisiert und digital vorliegen, was einmal mehr die dringende Notwendigkeit der zeitnahen Digitalisierung der Schätzungsbücher unterstreicht (vgl. Abschnitt 5.2.1): Solcherart harmonisierte Referenzprofile und Musterstücke sind die perfekten Trainings- und Validierungsdaten für die Anwendung moderner *Machine Learning* Algorithmen zum Zweck der räumlichen Interpolation von Bodeninformationen mit einem neuen Genauigkeitslevel.

Es wird aber auch in Zukunft unerlässlich sein (zumindest anlassbezogen) Punktinformationen in bewährter Weise feldbodenkundlich und laboranalytisch zu erheben. Beispielhaft genannt seien hier die bodenkundliche Aufnahme von Standorten mit einem potentiell dynamischen Wasserhaushalt, wie Moore und Anmoore, sowie die Messung von Bodeneigenschaften auf Teilschlägen. Je nach Fragestellung wird dabei das Set aus verfügbaren Parametern um z.B. mineralische und organisch gebundene Nährstoffvorräte, nachlieferbare Nährstoffe, Mineralisierungspotential, austauschbare Kationen, Wasserspeicherfähigkeit (nutzbare Feldkapazität), Lagerungsdichte, Gründigkeit oder Grobanteil zu ergänzen sein.

Zweitens hängt die erfolgreiche Regionalisierung von ertragsrelevanten Bodeneigenschaften mittels DSM-Methoden von der Verfügbarkeit von **räumlich und zeitlich hochaufgelösten Ko-Variablen** (*rasterstack*) ab. Hier sind zunächst diverse digitale und digitalisierte Kartenwerke zeitlich „konstanterer“ Raumeigenschaften wie Geologie, Relief und langjährige Klimamittel zu nennen. Historische Produktivitätsindizes aus Satelliten-Zeitreihen zählen ebenso hinzu, da sie mit zunehmender Integrationsperiode als indirekte Indikatoren für bodenbürtige Wachstumsfaktoren (Nährstoffe, Wasser) gelten können. Die **bereits verfügbaren Flächeninformationen** aus Kartierung und Schätzung sind in diesem Ansatz ebenfalls als äußerst wertvolle Ko-Variablen zu betrachten: Die Kartierung liefert zu jeder Bodenform gutachterliche Klassifizierungen zu Bodentyp, Wasserverhältnissen, Grobanteil, Kalkgehalt, Bodenreaktion, Erosionsgefahr und natürlichem Bodenwert. Die Schätzung wiederum stellt in deutlich höherer räumlicher Auflösung (katasterscharf) Informationen zu Bodentyp, Boden- und Entstehungsart, Ausgangsmaterial, Zustands-, Klima- und Wasserstufe sowie Grünland- bzw. Ackerzahl bereit. Beide Datensätze stellen somit räumlich hoch aufgelöste Bodeninformationen dar, welche herangezogen werden können um weitere

Bodeneigenschaften flächig zu modellieren (sie gehören also zur Gruppe „s“ der Ko-Variablen im *scropan*-Modell).

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass es in Zukunft nicht mehr die „eine“ Bodenkarte geben wird. Vielmehr werden aus den vorliegenden Informationen (z.B. aus den Bodenformpolygonen samt Attributen) Themenkarten verschiedener Bodeneigenschaften errechnet werden. Diese sind im Idealfall von praktischem Nutzen für die potentiellen AnwenderInnen.

Die mit Hilfe von DSM-Methoden erstellten Karten zielen in erster Linie auf die Darstellung (ertragsrelevanter) **Dauereigenschaften** von Böden ab. Demgegenüber stehen die aus Fernerkundungsdaten erstellten Karten, welche tendenziell eher **zeitlich variabelere Eigenschaften** der Vegetation bzw. deren saisonale Entwicklung darstellen. In welcher Art und Weise diese beiden Arten von Kartenprodukten bestmöglich gemeinsam genutzt werden können ist derzeit Gegenstand von Forschungen. Im BODAT-Projekt wurden die in Kartierung und Schätzung erhobenen Bodeninformationen dazu verwendet, Karten mit N-Düngeempfehlungen für einzelne Schläge in Form von prozentuellen Zu- und Abschlägen zu präzisieren (vgl. Abb. 15).

Für die Zukunft ist es denkbar, die bereits im DSM erprobten Methoden für die räumliche Modellierung von Ertragspotentialen zu nutzen. Die Autoren schlagen hierfür den Begriff „**Digital Yield Mapping (DYM)**“ vor (vgl. z.B. Hunt et al. 2019). Die zu modellierenden Zielgrößen (*response variables*) in einem solchen Ansatz wären demnach keine Bodendauereigenschaften, sondern kulturarten-spezifische Ertragspotentiale. In einem solchen Ansatz wären die (teil-)schlagspezifischen (Optimal-)Erträge einzelner Kulturen jene Zielvariablen, zu denen Punktinformationen aus Ertragsmessungen vorliegen müssen. Als Flächeninformationen sind, zusätzlich zu den oben genannten Bodeneigenschaften aus Kartierung und Schätzung, Karten landwirtschaftlicher Management-Maßnahmen wie Fruchtfolgen, N-Applikationen, historische Landnutzung, Saatstärken, Sorten der Kulturen, Ausbringungsmengen von Pflanzenschutzmitteln oder Bodenbearbeitungsmaßnahmen denkbar. Neben einer unmittelbaren Vorhersage für kommende Kulturen könnten weiter in die Zukunft reichende Prognosen des Ertragspotentials modelliert werden, wenn zukünftige Klimaszenarien oder Wasserbilanzen als Ko-Variablen herangezogen würden.

Auch für diese zukunftssträchtigen Anwendungsgebiete sind die in jahrzehntelanger Feldarbeit erhobenen Bodendaten aus Landwirtschaftlicher Bodenkartierung und Finanzbodenschätzung eine wertvolle Grundlage. Österreich ist in der glücklichen Lage diesbezüglich auf einen nahezu einzigartigen Datenschatz zurückgreifen zu können. Um das vorgestellte DSM in Österreich weiterentwickeln zu können, wäre es sinnvoll diese bestehenden Bodendatenquellen und die kontinuierlich hinzukommenden neuen Datensätze in einer Datenbank institutionsübergreifend zu sammeln und in Form eines

mehrdimensionalen Bodendatenwürfel (z.B. OpenDataCube oder Rasdaman) verfügbar zu machen. Dies würde den Aufwand der Datenvorbereitung (*Preprocessing, Cleaning, Reprojecting*) deutlich reduzieren und die Anwendung moderner Technologien deutlich vereinfachen.

Aufgrund der im Zuge der Bodenschätzung umgesetzten standardisierten Erfassung und der österreichweit vergleichbaren Klassifizierung (Punktesystem 1 - 100) der Bodenverhältnisse sollte die Generierung von differenzierten, auf unterschiedliche Anwendungen zugeschnittenen Files (z.B. Düngung, Pflanzenschutzmittelausbringung usw.) möglich sein. Die Abstufung in Punkten (Bodenzahl/Grünlandgrundzahl) schafft auch individuelle Kalibrierungsmöglichkeiten bzw. Möglichkeiten zur Feinabstimmung auf die herrschenden Bodenverhältnisse. Dadurch scheint die Generierung von universell einsetzbaren Standard-Steuerungsfiles für Geräte (z.B. Düngerstreuer) umsetzbar zu sein.

Langfristiges Ziel sollte es sein, anhand der vorhandenen Bodendaten eine österreichweit brauchbare und nutzbare Datengrundlage zu entwickeln, die von den Landwirten auf ihre Geräte in Bezug auf bestimmte Kulturen abgestimmt werden können. Diese können zur Ergänzung von regelmäßigen Bodenuntersuchungen zum Nährstoffstatus eingesetzt werden. Ergänzend zu den Bodendaten sind weitere Geodatenätze (z.B. Gewässernetz) sinnvoll, um die Vermeidung der Düngung von Gewässerrandflächen („Gewässerschutz“) im Datenfile grundsätzlich berücksichtigen zu können.

6 Literatur

BMLRT (2022): Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 8. Auflage.

Drusch, M., Bello, U. Del, Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>

Eklundh, L. and Jönsson, P (2016). TIMESAT for processing time-series data from satellite sensors for land surface monitoring. In Multitemporal Remote Sensing, eds. Y. Ban , Springer International Publishing, pp. 177-194.

Eklundh, L., and Jönsson, P., 2017, TIMESAT 3.3 with seasonal trend decomposition and parallel processing - Software Manual. Lund University, 92 pp.

ESA. (2016). Sentinel-2. Retrieved February 7, 2016, from http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Harlfinger, O. & Knees, G. (1999): Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung – Klimatographie Teil I, Klimareferat der österreichischen Bodenschätzung.

Hunt, Merry L.; George Alan Blackburn; Luis Carrasco,; Clare S. Rowland (2019): High resolution wheat yield mapping using Sentinel-2. Remote Sensing of Environment 233:111410; DOI: 10.1016/j.rse.2019.111410

Jacquemoud, S., Verhoef, W., Baret, F., Bacour, C., Zarco-Tejada, P. J., Asner, G. P., ... Ustin, S. L. (2009). PROSPECT + SAIL models: A review of use for vegetation characterization. Remote Sensing of Environment, 113(SUPPL. 1), S56–S66. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.01.026>

Li, W., Weiss, M., Waldner, F., Defourny, P., Demarez, V., Morin, D., ... Baret, F. (2015). A generic algorithm to estimate LAI, FAPAR and FCOVER variables from SPOT4_HRVIR and landsat sensors: Evaluation of the consistency and comparison with ground measurements. Remote Sensing. <https://doi.org/10.3390/rs71115494>

McBratney, A. B., Mendonça Santos, M. L. & Minasny, B. (2003): On Digital Soil Mapping. *Geoderma*, 117(1-2): 3-52.

Pereira, H. M.; Ferrier, S.; Walters, M.; Geller, G. N.; Jongman, R. H.; Scholes, R. J.; Bruford, M. W.; Brummitt, N.; Butchart, S. H.; Cardoso, A. C. & Coops, N. C. (2013): Essential biodiversity variables. *Science* 339: S. 277–278.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Okains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 1, 325–333.

Schwarz, S.; Huber, S.; Tulipan, M.; Dvorak, A.; Arzl, N. (1999): *Datenschlüssel Bodenkunde*. Monographien Band 113, Wien.

Udroiu, C., Grosu, A., Popescu, R., Manda, R., Savinaud, M., & Bontemps, S. (2017). *Sentinel-2 Agriculture: Software User Manual*, (2), 1–117.

7 Anhang

Der Anhang zeigt die Ergebnisse der Zusammenführung der Attributdaten der Bodenkartierung und der Finanzbodenschätzung für die Pilotgebiete 2 (KG Putzing) und 5_3 (KG Raumberg).

Kl.Fl. ... Klassenfläche der Bodenschätzung

BOFO ... Bodenform der Bodenkartierung

Deckungsanteil der Kl.Fl. von BOFO bezogen auf das Feldstück in %:									
	≤ 25								
	26 - 84								
	≥ 85								
Abc	konform								
Abc	nicht konform								
Pilotgebiet 2	BOFO-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	BOFO-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID
	25004	6615214	6915214	25019	6815214	6615214	6715214	6915214	6315214
Deckung %		95	< 5		60	20	15	< 5	< 5
Bodentyp	TS	KU	LB	LB	LB	KU	TS	LB	TS
Boden-Subtyp				kLB					
Entstehung		LL	LLD		D	LL	LL	LLD	D
Ausgangsmaterial	Löss			Löss					
Horizonte	Ap(25)-AC(40)-C	Ap(25/30)-AC(35)-C		Ap(20/25)-Bv(45/55)-C	A(20)-AC(25)-C	Ap(25/30)-AC(35)-C	Ap(25)-A(40)-AC(45)-C		
Kulturart	A, selten WG	A	A	A	A	A	A	A	A
Bodenart ÖN L1050	Ap(Iz(sZ)), AC(Iz(sZ)), C(Iz(sZ))	Ap(??), AC(??), C(??)	sL/IS/sZ	Ap(Iz), Bv(Iz(zL)), C(Iz)	A(??), AC(??)	Ap(??), AC(??), C(??)	Ap(??), A(??), AC(??), C(??)	sL/IS/sZ	IS/sZ (sL/zS/Z)
Bodenart FBS		Ap(I2S), AC(I2S), C(I2-I1S)			A(sL), AC(s3t2L)	Ap(I2S), AC(I2S), C(I2-I1S)	Ap(t3z3FS), A(t3z3FS-fs3z3L), AC(fs3z3L), C(t3z3FS)		
		SL	SL		sL/TMe	SL	SL	SL	IS
S	Ap(11), AC(14), C(12)			Ap(9), Bv(9), C(12)					
Z	Ap(70), AC(68), C(72)			Ap(69), Bv(67), C(71)					
T	Ap(19), AC(18), C(16)			Ap(22), Bv(24), C(17)					
Grobanteil Gehalt									
Grobanteil Art					C(TMe)				
Speicherkraft	mäßig			mäßig					
Durchlässigkeit	mäßig			mäßig					
Humus	Ap(h2), AC(h1)	Ap(h2), AC(h1)		Ap(h1/2)	A(h3), AC(h2-h1)	Ap(h2), AC(h1)	Ap(h?), A(h3-h2), AC(h2-h1)		
Humus n. Walkley	Ap(1,9), AC(1,2)			Ap(2,0)					
Kalkgehalt	Ca3	Ap(ka3), AC(ka4), C(k.A.)		Ap(Ca2/3), Bv(Ca2/3), C(Ca3)	k.A.	Ap(ka3), AC(ka4), C(k.A.)	k.A.		
Carbonat n. Scheibler	Ap(13,8), AC(19,7), C(26,0)			Ap(3,3), Bv(4,9), C(22,1)					
Bodenreaktion	stark alkalisch			Ap(alk/n), Bv(alk/n), C(alk)					
pH	Ap(7,4), AC(7,5), C(7,6)			Ap(7,3), Bv(7,3), C(7,6)					
Erosionsgefahr	mäßig abschw.gef.			mäßig abschw.gef.					
Bearbeitbarkeit	gut			gut					
Wasser		0	0		0	0	0	0	0
Wasserverhältnisse	mt			mt					
WZ_GBL		44	48		50	44	60	48	47
WZ_1		44	49		53	44	59	49	48
WZ_2		40	47		50	40	57	47	43
Zustand		5	4		4	5	3	4	3
natürlicher Bodenwert	mittel-hoch			mittel					

Deckungsanteil der Kl.Fl. von BOFO bezogen auf das Feldstück in %:						
Abc						
Abc						
Pilotgebiet 2	BOFO-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID
	25009	6215214	6715214	15615214	6815214	15415214
Deckung %		35	35	20	10	< 5
Bodentyp	TS	TS	TS	TS	LB	TS
Boden-Subtyp						
Entstehung		LL	LL	D	D	D
Ausgangsmaterial	Sand und Löss					
Horizonte	A1p(25/35)-A2(50/80)	Ap(25)-AC(45)-C	Ap(25)-A(40)-AC(45)-C		A(20)-AC(25)-C	Ap(20)-AC(25)-C
Kulturart	A	A	A	A	A	A
Bodenart ÖN L1050	A1p(1S(sZ/sL)), A2(1S(sZ/sL)), C(1S(sZ/S))	Ap(??), AC(??), C(??)	Ap(??), A(??), AC(??), C(??)	sL/IZ	A(??), AC(??)	A(??), AC(??), C(??)
Bodenart FBS		Ap(t3z3FS), AC(z4fs3L), C(z4fs3L-t3z3FS)	Ap(t3z3FS), A(t3z3FS-fs3z3L), AC(fs3z3L), C(t3z3FS)		A(sL), AC(s3t2L)	A(sL), AC(s3t2L)
		SL	SL	sL/Me	sL/TMe	sL/Me
S	A1p(57), A2(64), C(60)					
Z	A1p(33), A2(27), C(33)					
T	A1p(10), A2(9), C(7)					
Grobanteil Gehalt						
Grobanteil Art					C(TMe)	C(TMe)
Speicherkraft	mäßig					
Durchlässigkeit	hoch					
Humus	A1p(h1/2), A2(h1/2)		Ap(h?), A(h3-h2), AC(h2-h1)		A(h3), AC(h2-h1)	A(h3), AC(h2-h1)
Humus n. Walkley	A1p(1,4), A2(0,8)					
Kalkgehalt	Ca3	k.A.	k.A.		k.A.	k.A.
Carbonat n. Scheibler	A1p(5,3), A2(14,9), C(23,9)					
Bodenreaktion	alk					
pH	A1p(7,6), A2(7,8), C(7,9)					
Erosionsgefahr	nicht gef.					
Bearbeitbarkeit	sehr gut					
Wasser		0	0	0	0	0
Wasserverhältnisse	mt					
WZ_GBL		65	60	62	50	51
WZ_1		65	59	61	53	48
WZ_2		62	57	59	50	47
Zustand		2	3	3	4	4
natürlicher Bodenwert	mittel-hoch					

Deckungsanteil der Kl.Fl. von BOFO bezogen auf das Feldstück in %:						
	≤ 25					
	26 - 84					
	≥ 85					
Abc	konform					
Abc	nicht konform					
Pilotgebiet 5-3	BOFO-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID
	100080	17667314	17467314	17767314	17367314	17567314
Deckung %		60	30	5	< 5	< 5
Bodentyp	LB	FB	FB	FB	FB	FB
Boden-Subtyp	sLB					
Entstehung						
Ausgangsmaterial	feines kolluv. Mat./Quart.-Sed.					
Horizonte	Ap/A1(25/30)-AB/A2(55/60)-B					
Kulturart	A/GL	Gr	Gr	Gr	GrW	GrHu
Bodenart ÖN L1050	Ap/A1(IS/sZ), AB/A2(IS/sZ), B(Z/IS)	IS/sZ (sL/zS/Z)				
Bodenart FBS		IS	IS	IS/Schu	IS	IS/Schu
S	Ap/A1(38), AB/A2(26), B(10)					
Z	Ap/A1(53), AB/A2(63), B(77)					
T	Ap/A1(9), AB/A2(11), B(13)					
Grobanteil Gehalt	A/AB(gering), B(kein/gering(mäßig))					
Grobanteil Art	Gru/St/Ki/Scho					
Speicherkraft	mäßig (bis hoch)					
Durchlässigkeit	mäßig					
Humus	Ap(h2/3), AB(h1)					
Humus n. Walkley	Ap/A1(6), AB/A2(1,9), B(0,6)					
Kalkgehalt	Ca0, vereinz. Ca0(1)					
Carbonat n. Scheibler	Ap/A1p(-), AB/A2(0,2), B(-)					
Bodenreaktion	sauer/schw. sauer					
pH	Ap/A1p(5,4), AB/A2(6,4), B(6,1)					
Erosionsgefahr	nicht gefährdet					
Bearbeitbarkeit	gut					
Wasser		2	2	2	3	5
Wasserverhältnisse	gv					
WZ_GBL		30	31	27	24	21
WZ_1		30	30	27	24	0
WZ_2		24	23	20	20	3
Zustand		III	III	III	III	III
natürlicher Bodenwert	mw-hw AL/hw GL					

Deckungsanteil der Kl.Fl. von BOFO bezogen auf das Feldstück in %:							
Abc							
Abc							
Pilotgebiet 5-3	BOFO-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID	BOFO-ID	Kl.Fl.-ID	Kl.Fl.-ID
	100078	17667314	17567314	17767314	100043	17767314	17667314
Deckung %		70	15	15		70	30
Bodentyp	LB	FB	FB	FB	RR	FB	FB
Boden-Subtyp	sLB						
Entstehung							
Ausgangsmaterial	gr/f Quart.-Sed. (fl.glaz. Sand/Scho, Mor.)				kristalline Schiefer		
Horizonte	A(25)-AB(40)-B(55)-C				A(15)-Cv(20/30)-Cn		
Kulturart	A/GL	Gr	GrHu	Gr	A/GL	Gr	Gr
Bodenart ÖN L1050	A(IS), AB(IS), C(zS(sZ))	IS/sZ (sL/zS/Z)	IS/sZ (sL/zS/Z)	IS/sZ (sL/zS/Z)	A(sZ)	IS/sZ (sL/zS/Z)	IS/sZ (sL/zS/Z)
Bodenart FBS		IS	IS/Schu	IS/Schu		IS/Schu	IS
S	Ap(41), AB(56), B(43), C(32)				A1p(57), A2(64), C(60)		
Z	A(50), AB(36), B(47), C(56)				A1p(33), A2(27), C(33)		
T	A(9), AB(8), B(10), C(12)				A1p(10), A2(9), C(7)		
Grobanteil Gehalt	A(mäßig), AB/B(hoch), C(sehr hoch)				A(mäßig)		
Grobanteil Art	Gru/Scho/St				Gru/St		
Speicherkraft	mäßig				gering		
Durchlässigkeit	mäßig				hoch (bis 15 cm)		
Humus	A(h3), AB(h2/1)				A(h3(2))		
Humus n. Walkley	A(6,4), AB(2,8), B(1,1), C(0,2)				A1p(1,4), A2(0,8)		
Kalkgehalt	Ca0				Ca0		
Carbonat n. Scheibler	A(-), AB(-), B(-), C(-)				A1p(5,3), A2(14,9), C(23,9)		
Bodenreaktion	sauer/stark sauer				stark sauer		
pH	A(4,4), AB(4,5), B(4,4), C(4,9)				A1p(7,6), A2(7,8), C(7,9)		
Erosionsgefahr	nicht gefährdet				mäßig abschw.gef.		
Bearbeitbarkeit	gut				erschwert (Seichtgründigkeit, Neigung)		
Wasser		2	5	2		2	2
Wasserverhältnisse	mt				t(mt)		
WZ_GBL		30	21	27		27	30
WZ_1		30	0	27		27	30
WZ_2		24	3	20		20	24
Zustand		III	III III			III	III
natürlicher Bodenwert	mw A/mw GL				gw AL/gw-mw GL		

