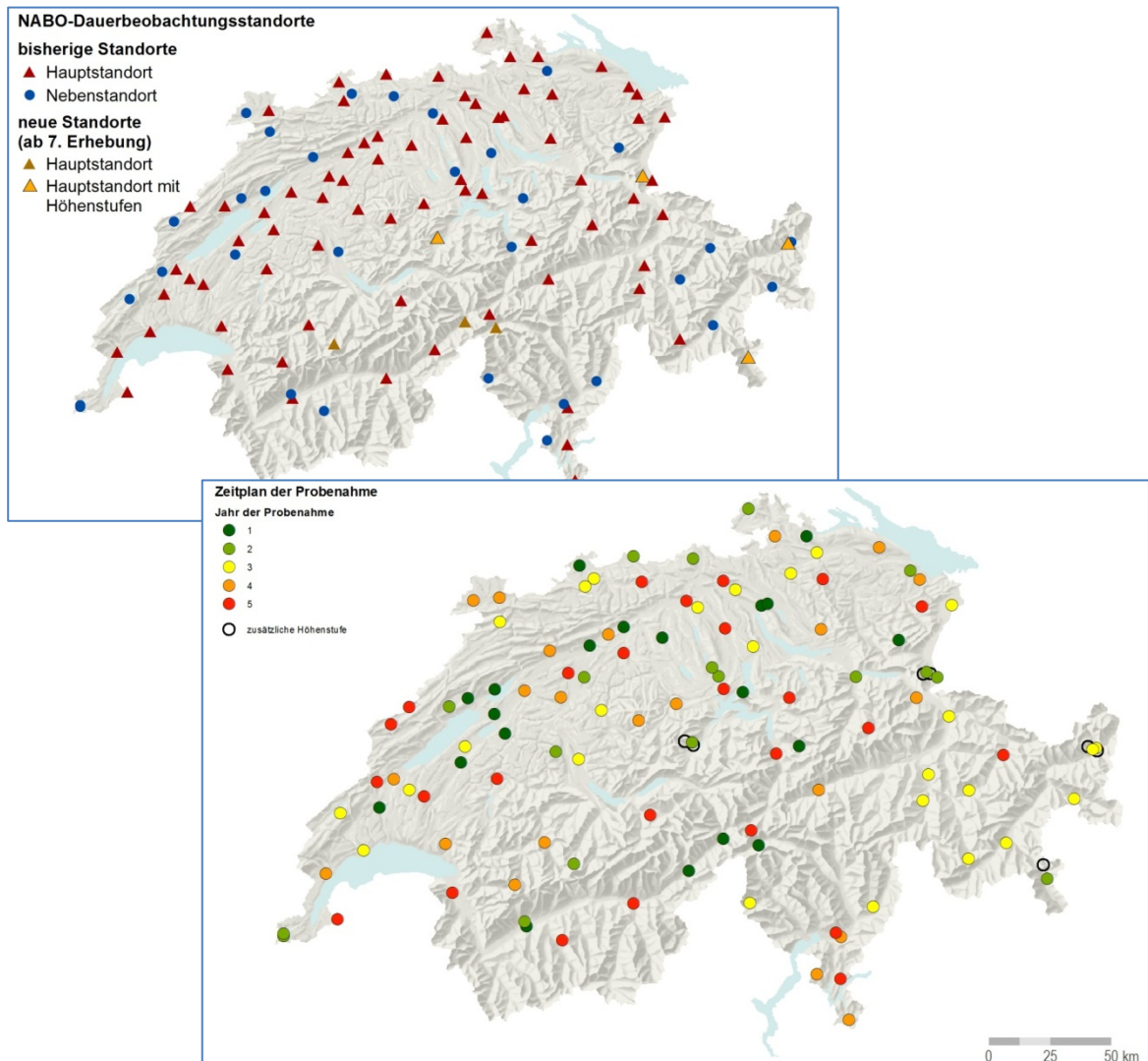


NABO-Standortkonzept – Betrieb des Messnetzes ab 2015



Peter Schwab
Andreas Gubler

Dezember 2015 / aktualisiert Mai 2016

Autoren

Peter Schwab, peter.schwab@agroscope.admin.ch, 058 468 74 57

Andreas Gubler, andreas.gubler@agroscope.admin.ch, 058 468 76 66

Mitarbeit

NABO-Team

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage.....	1
2	Standortkonzept 2015	2
2.1	Haupt- und Nebenstandorte	3
2.2	Ergänzende Untersuchungen.....	5
2.3	Schliessen von Lücken im NABO-Messnetz.....	5
2.4	Analytik.....	6
A I	NABO-Messnetz.....	8
I.1	Übersicht Standorte.....	8
I.2	Neue NABO-Standorte	11
I.3	Zeitplan für Probenahme.....	12
A II	Probenahmekonzept Höhenstufen.....	13
II.1	Auswertung Ersterhebung 107 & 108.....	13
II.2	Probenahme-Design Höhenstufen.....	16

1 Ausgangslage

Die NABO betreibt seit 1985 ein Referenzmessnetz zur Bodenbeobachtung. Zurzeit werden im NABO-Modul *Monitoring* an 104 Standorten periodisch Proben genommen und auf verschiedene Parameter analysiert. Das Modul *Modelling* erhebt für 48 landwirtschaftlich genutzte Standorte dieses Kollektivs zusätzlich die Bewirtschaftungsdaten (so genannte Flux-Standorte). Über die Zeit wurden Probenahme und Probenaufbereitung mehrfach standardisiert, ergänzt und erweitert. Dadurch nahm der Arbeitsaufwand seit der Inbetriebnahme stetig zu. Des Weiteren haben sich die Rahmenbedingungen und damit auch die Anforderungen und Ansprüche an die NABO verändert: So untersucht die NABO seit einigen Jahren neben den chemischen auch physikalische und biologische Bodeneigenschaften. Ebenso werden vermehrt Daten über organische Schadstoffe gefordert, beispielsweise polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB), Dioxine oder Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Böden.

Das NABO-Messnetz wurde ursprünglich darauf ausgerichtet, die Belastung durch Schwermetalle aus menschlichen Aktivitäten zu erfassen – daher sind die anthropogen geprägten Gebiete, insbesondere das Mittelland, übervertreten. Um einigen der oben genannten neuen Fragestellungen besser zu entsprechen, sollten räumliche Lücken im Messnetz mit zusätzlichen Standorten geschlossen werden (vgl. Hug et al. 2011. NABO-Messnetzergänzung – Ergänzung des NABO-Standortkollektivs, interner Bericht). Weiter ist die Arbeitsbelastung durch Probenahme und Probenaufbereitung sehr ungleichmässig über die Jahre verteilt, da in manchen Jahren sehr viele und in anderen Jahren nur wenige Standorte beprobt werden müssen. Dieser Missstand ist historisch bedingt durch den Aufbau des Messnetzes. Ebenfalls historisch bedingt ist die Tatsache, dass ein sehr grosser Teil der Analytikressourcen für Schwermetallmessungen verwendet wurden. Auch hier besteht Optimierungspotential, indem die Schwermetallanalysen in Zukunft auf die für die aktuellen Fragestellungen relevante Gruppe der Standorte beschränkt werden.

Mit dem überarbeiteten Standortkonzept werden folgende **Ziele** erreicht:

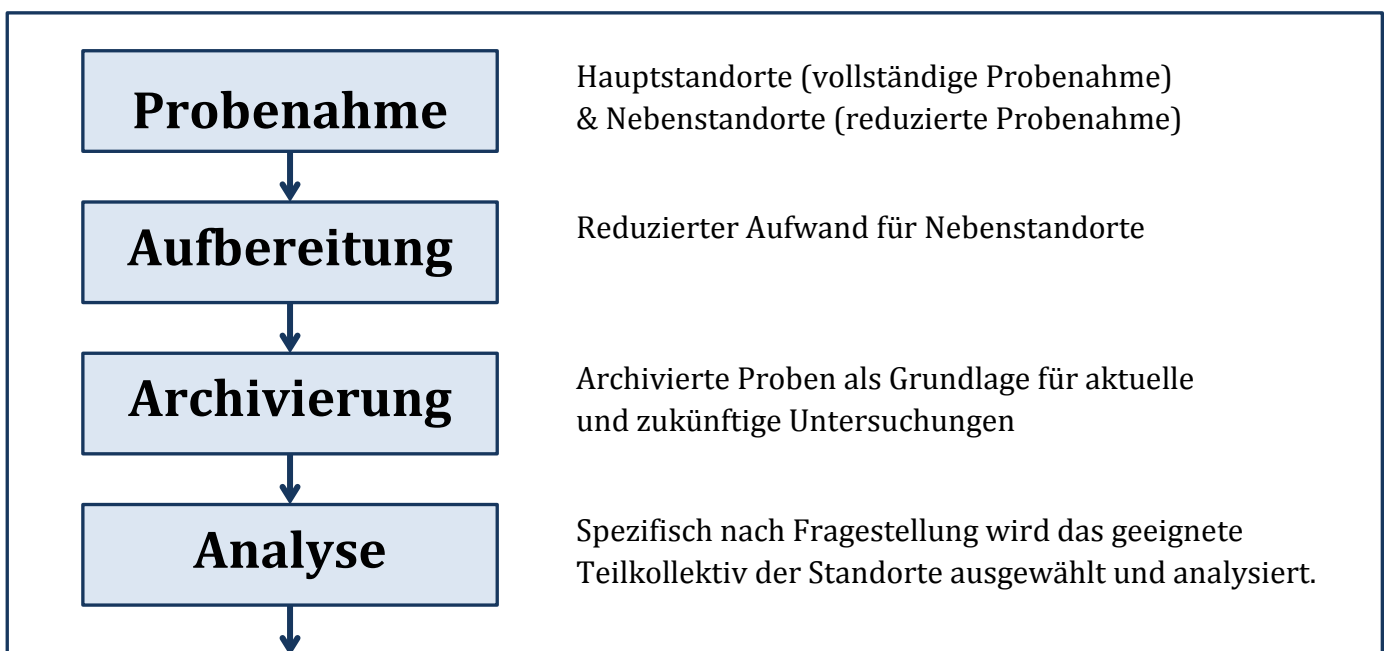
- Fragestellungen zu Bodengefahren und Bodenfunktionen werden nicht mehr wie bisher an allen NABO-Standorten untersucht, sondern nur für ausgewählte Stichproben. Hierdurch werden Ressourcen eingespart bzw. effizient und zielgerichtet eingesetzt.
- Zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen der Bewirtschaftung und chemischen, biologischen und physikalischen Bodeneigenschaften und -prozessen wurden die jeweiligen Untersuchungen koordiniert, so dass eine Auswahl von intensiv untersuchten NABO-Standorten resultiert.
- Gleichmässige Verteilung der Arbeitsbelastung über die Jahre
- Aussagekräftigere Resultate durch gezielte Analysen und Auswertungen für relevante Untergruppen der Standorte
- Punktuelle Ergänzungen schliessen Lücken im Messnetz

2 Standortkonzept 2015

Die Anpassungen des Standortkonzeptes (und somit die Optimierung des Ressourceneinsatzes) erfolgen auf zwei Ebenen: der Probenahme und der Analytik. Die wichtigsten Punkte dazu sind in den folgenden zwei Absätzen skizziert, für die Details verweisen wir auf die entsprechenden Abschnitte unten.

Probenahme Priorisierung in Haupt- und Nebenstandorte. Für erstere wird jeweils eine vollständige, für letztere eine reduzierte Beprobung durchgeführt (vgl. 2.1 für Details). Eine reduzierte Beprobung liefert Informationen zu den obersten 20 cm des Bodens; eine vollständige Beprobung generiert zusätzlich Informationen zu tieferen Bodenhorizonten, eine Grundvoraussetzung für die Prozessmodellierung im Boden. Die Priorisierung erfolgt ausschliesslich aufgrund der technischen Machbarkeit, sprich: erlauben die Bodeneigenschaften des Standortes die Entnahme von qualitativ guten Bohrkernen. Ein wichtiges Argument für dieses Vorgehen liegt darin, dass die NABO heute nicht wissen kann, welches die relevanten Fragestellungen in 10, 20 oder 50 Jahren sein werden und somit welches die interessanten Bodenproben sein werden. Andererseits ist der zeitliche Zusatzaufwand für die Entnahme der Bohrkern an geeigneten Standorten gering, an ungeeigneten Standorten (beispielsweise an sehr steinig Standorten) hingegen eher hoch, oft verbunden mit Bohrkernen schlechter Qualität.

Analytik Für sämtliche Proben werden im Rahmen der Aufbereitung standardmässig pH- und CN-Messungen durchgeführt. Die Schwermetallgehalte werden in Zukunft nicht mehr wie bisher für alle Standorte durchgeführt, sondern nur nach Bedarf. Derzeit ist geplant, für rund 50 % der NABO-Standorte die Kupfer- und Zinkgehalte der 6. Erhebung zu analysieren, um die Problematik der Einträge via Hofdünger weiterzuverfolgen (vgl. 2.3 für Details). Analog werden für sämtliche weiteren Untersuchungen (Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel, etc.) die relevanten Teilkollektive bestimmt und analysiert, um die vorhandenen Analytikressourcen möglichst zielgerichtet einzusetzen.



2.1 Haupt- und Nebenstandorte

Die NABO-Standorte wurden gemäss Abbildung 1 in Haupt- und Nebenstandorte priorisiert. An allen Standorten werden folgende Proben entnommen (Basisprogramm):

- 4 Flächenmischproben à 25 Einstichen 0-20 cm, welche anschliessend getrocknet und gesiebt werden.
- 1 Flächenmischprobe à 25 Einstichen 0-20 cm, welche unmittelbar nach der Probenahme tiefgefroren wird, um Verluste von leichtflüchtigen Substanzen zu verhindern.
- 4 volumetrische Proben 0-20 cm (Humax-Sonde) zur Bestimmung von Raumgewicht und Wassergehalt der Feinerde.

An Hauptstandorten werden zusätzlich entnommen:

- 4 Bohrkern bis max. 100 cm Tiefe, welche in pedologische Bodenhorizonte separiert und zu einer Probe pro Horizont aggregiert werden. Diese werden getrocknet und gesiebt.

Als Hauptstandorte wurden jene Standorte ausgeschieden, die sich aufgrund der Bodeneigenschaften zur Entnahme der Bohrkern eignen, d. h. wo die Probenahme in relativ kurzer Zeit erfolgt und die gewonnen Proben von guter Qualität sind. Während der letzten Erhebung wurden an sämtlichen Standorten Bohrkernen entnommen, die Priorisierung erfolgte aufgrund dieser Erfahrungen. Beispiele von Bohrkernen unterschiedlicher Qualität siehe Abbildung 2.

NABO-Dauerbeobachtungsstandorte

bisherige Standorte

- ▲ Hauptstandort
- Nebenstandort

neue Standorte (ab 7. Erhebung)

- ▲ Hauptstandort
- ▲ Hauptstandort mit Höhenstufen

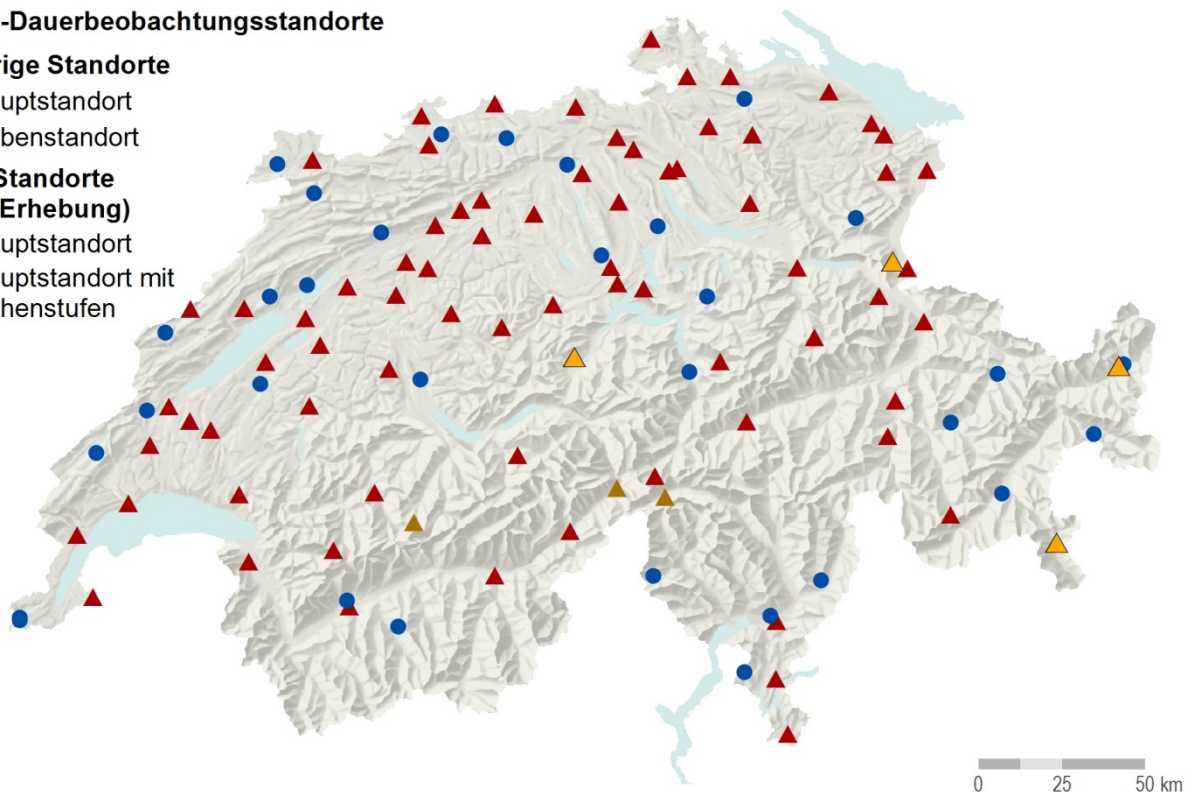


Abbildung 1: NABO-Beobachtungsstandorte ab der 7. Erhebung (2015-19). Erläuterung Haupt- / Nebenstandort: vgl. Kapitel 2.1; Erläuterung Höhenstufen: vgl. Abschnitt 2.2.

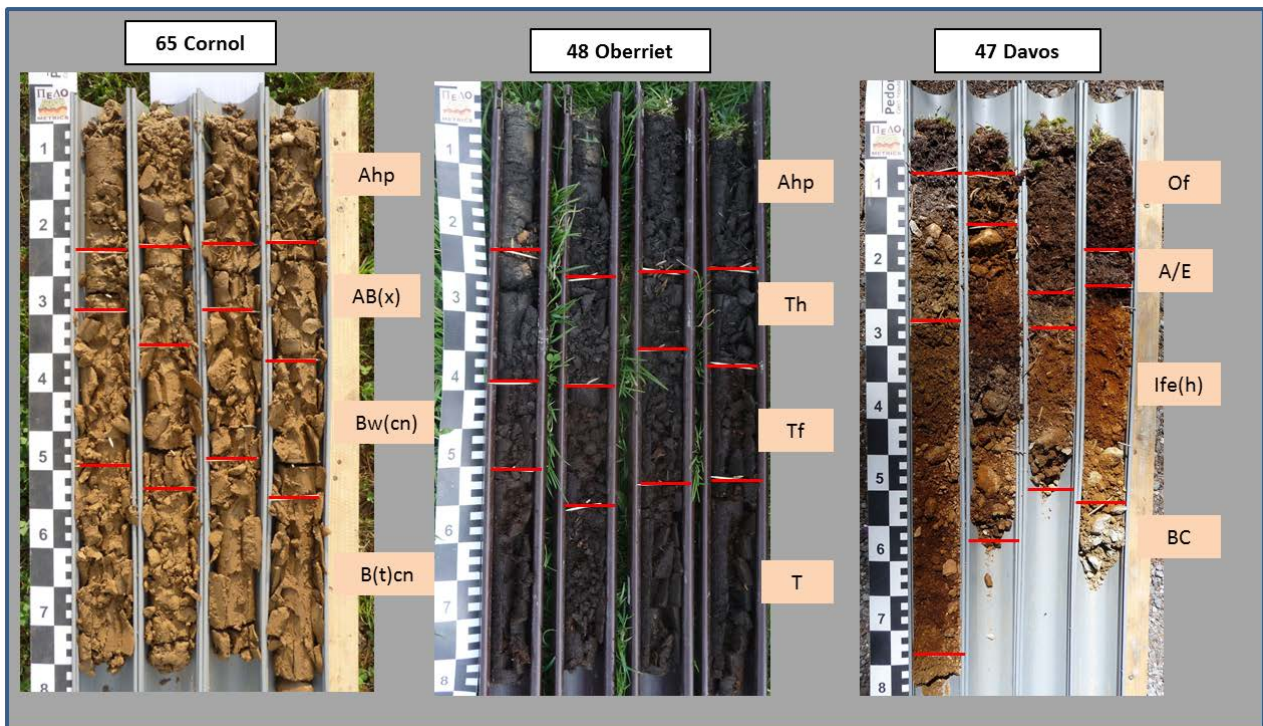


Abbildung 2: Beispiel von Bohrkernen mit Horizontgrenzen und Horizontbezeichnungen von drei Standorten unterschiedlicher Qualität. Von links nach rechts: 65 Cornol (Braunerde), 48 Oberriet (Moor) beide mit guter Qualität, 47 Davos (Podsol) mit schlechter Qualität – sehr heterogenem Bodenaufbau.

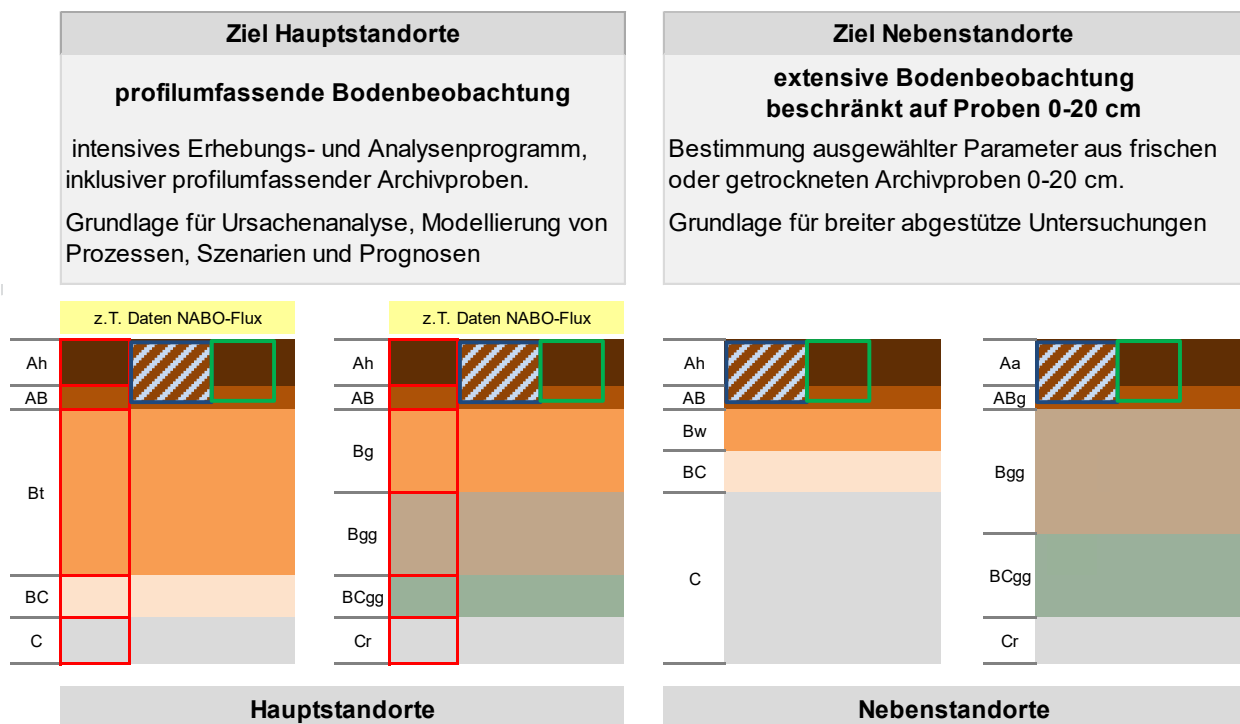


Abbildung 3: Vergleich der Probenahme an Haupt- und Nebestandorte im NABO-Referenzmessnetz.

Um die Arbeitsbelastung gleichmässiger über die Jahre zu verteilen, wurde die Beprobung einzelner Standorte um ein Jahr nach vorne oder hinten verschoben. Abklärungen des Seminars für Statistik der ETH Zürich hatten gezeigt, dass solche Verschiebungen keine erheblichen Nachteile für die Datenauswertung mit sich bringen. Die detaillierte Planung der Beprobungen (vgl. Anhang I) ist darauf ausgelegt, möglichst viele Synergien zu nutzen, indem Probenahmen für reguläre und ergänzende Untersuchungen (vgl. nächster Abschnitt) möglichst gleichzeitig durchgeführt und nahe beieinanderliegende Standorte zusammen besucht werden.

2.2 Ergänzende Untersuchungen

Zu spezifischen Fragestellungen werden an ausgewählten Standorten zusätzliche Proben zu den oben beschriebenen entnommen. Aktuell laufen folgende Untersuchungen:

- **Bodenbiologische Eigenschaften** Erfassung von bodenbiologischen Parametern an Frischproben (je 3 Mischproben 0-20 cm), welche im Frühjahr entnommen werden. An 30 Standorten (je 10 Acker, Grasland und Wald) werden seit 2012 jährlich Proben entnommen, 2016 werden somit 5 jährliche Erhebungen vorliegen. Die Weiterführung der Untersuchung ist mit den (internen und externen) Projektpartnern noch zu diskutieren. Denkbare Optionen sind ein Übergang zu einem 5-Jahres-Intervall (analog zur Standardbeprobung) und/oder häufigere Probenahmen für ein kleineres Kollektiv.
- **Unterbodenverdichtung** Erfassung von Eindringwiderstand mit Penetrometer (PANDA-Sonde) an rund 40 ausgewählten Standorten ab 2015
- **Zusätzliche Höhenstufen** 4 NABO-Graslandstandorte werden mit 1-2 Zusatzstandorten auf unterschiedlichen Höhenstufen ergänzt, um für den Standort einen Höhengradienten zu erhalten. Von diesen Höhenstufen-Standorten erhofft sich die NABO insbesondere wertvolle Resultate bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels. Für die zusätzlichen Höhenstufen werden nur Bohrkern (d. h. volumetrische Horizontproben), jedoch keine Flächenmischproben 0-20 cm entnommen (vgl. Anhang II).
- **Bewirtschaftungsdaten** Für 48 landwirtschaftlich genutzte Standorte wurden von den Landwirten die Bewirtschaftungsdaten erfasst. Dies wird an jenen Standorten weitergeführt, wo dies aufgrund der bisherigen Daten sinnvoll erscheint (Datenqualität gut, Landwirt kooperativ, ...).

2.3 Schliessen von Lücken im NABO-Messnetz

Um Lücken im Referenzmessnetz zu schliessen, wurden in den Voralpen und Alpen sieben neue Grasland-Referenzstandorte bestimmt, vier davon mit zusätzlichen Höhenstufen. Durch die neuen Standorte werden einerseits regionale Lücken geschlossen (siehe Abbildung 1) und zusätzlich eine bessere Verteilung der Graslandstandorte über die Höhenstufen erreicht. Aus Abbildung 4 wird ersichtlich, dass die Höhenverteilung der Graslandstandorte im Vergleich zu den übrigen Landnutzungen (Spezialkulturen, Acker, Wald) deutlich schlechter und lückenhaft ist. Durch die neuen Graslandstandorte konnte dieser Mangel behoben werden. Die neuen NABO-Standorte (Hauptstandorte und Höhenstufen) sind in Anhang I.2 dokumentiert.

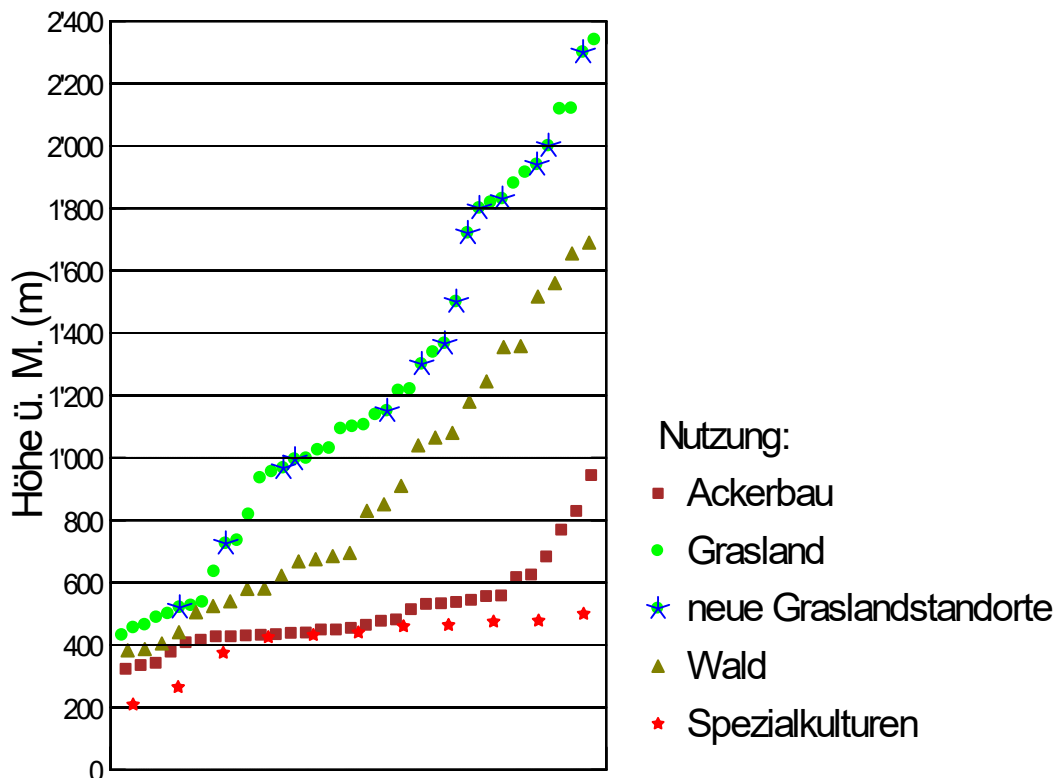


Abbildung 4: Höhenlage der NABO-Standorte nach Landnutzung, sortiert nach Höhe.

2.4 Analytik

Als Basisprogramm werden für sämtliche Proben folgende Messgrößen erfasst:

- Raumgewicht & Wassergehalt der Feinerde
- pH-Wert (CaCl₂-Lösung)
- Kohlenstoff & Stickstoff total mit CN-Analyser, für kalkhaltige Proben CaCO₃

Diese Parameter lassen sich (abgesehen von CaCO₃) im Rahmen der Probenaufbereitung effizient und durch NABO-Personal bestimmen. Weitergehende Analysen, auch jene für Schwermetalle, werden gezielt an Teilkollektiven durchgeführt, die für die jeweilige Fragestellung relevant sind. Im Vergleich zum bisherigen System, wo Schwermetallanalysen generell für alle Standorte durchgeführt wurden, werden Ressourcen frei für andere Fragestellungen. Bei Bedarf können aufgrund der archivierten Proben jederzeit retrospektiv zusätzliche Untersuchungen durchgeführt werden. Aktuell sind folgende Analysen geplant:

- Kupfer, Zink und Phosphor total: wie entwickeln sich die Einträge dieser Elemente via Hofdünger. Analyse der 6. Erhebung für rund 50 % der NABO-Standorte, insbesondere Flux-Standorte und intensives Grasland.

- Cadmium und Uran: grosse Datenlücken im NABO-Messnetz. Datenlücken sollen gezielt für Standorte geschlossen werden, die aufgrund der Bewirtschaftungsdaten ausgewählt werden (Mineraldüngereinträge).
- Nährstoffe: derzeit Fokus auf landwirtschaftlich genutzte Standorte. Zukünftige Analysen abhängig von den Ergebnissen.
- Pflanzenschutzmittel: Messung ausgewählter Wirkstoffe und Abbauprodukte. Auswahl der relevanten Standorte aufgrund der Bewirtschaftungsdaten.

Anhang I: NABO-Messnetz

I.1 Übersicht Standorte

Tabelle 1: Ackerstandorte NABOchem Haupt- (1) und Nebenstandorte (2) sowie NABObio- und NABOphys-Standorte.

Nutzung	Nr.	Gemeinde / Ort / Kanton	Höhe ü.M.	Jahr	Erhebungsprogramm		
					chem	bio	phys
Ackerbau	9	Binningen / Bruderholz	BL 324	1	1		1
	11	La Sarraz	VD 515	1	1		
	13	Wiedlisbach	BE 455	1	1		1
	14	Dübendorf / Stettbach	ZH 440	1	1		1
	15	Ins / Heumoos	BE 433	1	1		1
	17	Niedermuhlern / Uecht	BE 945	2	1		1
	23	Möhlin / Forstzelgli	AG 343	2	1		1
	25	Schleitheim / Milten	SH 545	2	1	1	1
	28	Leuggern / Etwil	AG 465	2	1	1	1
	29	Eschenbach / Hööndlen	LU 450	2	1		1
	31	Coffrane	NE 770	2	1		1
	38	Koppigen / Oeschberg	BE 478	2	1		1
	44	Hendschiken	AG 417	3	1		1
	46	Vallon	FR 439	3	1	1	1
	48	Oberriet / Kriessern	SG 409	3	1		1
	54	Zuzwil	BE 557	4	1	1	1
	63	Oensingen	SO 450	4	1	1	1
	65	Cornol	JU 482	4	1		1
	68	Etoy	VD 435	3	1	1	1
	77	Paspels	GR 830	3	1	1	1
	78	Igis / Landquart	GR 532	3	1		1
	79	Pailly	VD 684	3	1		1
	86	Lützelfüh	BE 618	3	1		1
	87	Klarsreuti	TG 559	4	1	1	1
	95	Coldrerio	TI 336	4	1	1	1
	102	Vouvry	VS 379	5	1	1	1
	103	Härkingen	SO 431	1	1		1
	80	Chevenez	JU 538	4	2		
	26	Avully / Champagne	GE 428	2	2		
	26	Avully / la Printanière	GE 428	2	2		
	39	Kiesen / Chlinau	BE 534	3	2		
	53	Gempen / Stollen	SO 626	3	2		

Tabelle 2: Graslandstandorte NABOchem Haupt- (1), Nebenstandorte (2) und Höhenstufenstandorte (3) sowie NABObio- und NABOphys-Standorte.
Abkürzungen: w.int: wenig intensiv; ext.: extensiv.

Nutzung	Nr.	Gemeinde / Ort / Kanton	Höhe ü.M.	Jahr	Erhebungsprogramm			
					chem	bio	phys	
Grasland intensiv	1	Aadorf / Tänikon	TG	537	5	1	1	1
	30	Ebikon / Dottenberg	LU	635	5	1	1	
	33	Mollis / Riet	GL	431	2	1	1	1
	60	Entlebuch / Ebnet	LU	955	4	1		1
	69	Attalens / Rombuet	FR	818	4	1	1	1
	74	Mörschwil / Beggetwil	SG	526	4	1		1
Grasland wenig intensiv	10	Gais	AR	935	5	1		1
	16	Mühlebach / Schwenni	VS	1220	1	1		
	35	Le Cerneux-Péquignot	NE	1093	5	1	1	1
	37	Ependes	FR	735	5	1	1	1
	41	Kyburg-Buchegg	SO	464	5	1	1	
	49	Unterschächen / Breiten	UR	1100	1	1	1	
	56	Trub / Buechschachen	BE	998	4	1		
	70	Disentis	GR	1105	4	1	1	1
	107	Oberwald / Lusse	VS	1366	1	1		
	3	Payerne / Les Inuardes	VD	488	1	2		
	36	Hochdorf	LU	500	2	2		
	98	Erstfeld	UR	455	5	2		
Grasland extensiv	6	Grindelwald / Itramen	BE	1915	5	1	1	
	34	Elm / Ämpächli	GL	1880	5	1		
	50	Realp / Witenwasseren	UR	2120	5	1		
	57	St. Stephan	BE	1030	4	1		
	71	Lohn / Dros	GR	1818	3	1		
	72	Bivio	GR	2118	3	1		
	104	Küssnacht / Seebodenalp	SZ	1025	1	1		
	108	Bedretto / Stabiello grande	TI	1830	1	1		
	offen	Engstligenalp	BE	2000	2	1		
	100	St. Martin / Eison	VS	2340	5	2		
	32	La Brévine / Les Fontenette	NE	1215	5	2		
	105	Neuchâtel / Chaumont	NE	1138	1	2		
	52	Krummenau / Wideralp	SG	1338	1	2		
Graslandstandorte mit Höhenstufen	we.int	offen	Oberwilen / Ramersrüti	OW	725	2	3	
	w.int	offen	Stalden / Bärfang	OW	995	2	1	
	ext.	offen	Hohnegg	OW	1500	2	3	
	w.int	offen	Posciavo, Le Prese	GR	967	2	1	
	ext.	offen	Posciavo, Campasc	GR	1940	2	3	
	w.int	offen	Sevelen / St. Ulrich	SG	520	2	3	
	ext.	offen	Sevelen / Windegg	SG	1150	2	1	
	ext.	offen	Sevelen / Inarin	SG	1800	2	3	
	w.int	offen	Sent - Crusch	GR	1300	3	3	
	ext.	offen	Sent - Marièrs	GR	1720	3	1	
ext.	offen	Sent - Cünatsch	GR	2300	3	3		

Tabelle 3: Waldstandorte, Standorte mit Spezialkulturen und übrige mit Programm NABOchem Haupt- (1) und Nebenstandorte (2) sowie NABObio- und NABOphys-Standorte.

Nutzung	Nr.	Gemeinde / Ort / Kanton	Höhe ü.M.	Jahr	Erhebungsprogramm			
					chem	bio	phys	
Laubwald	27	Jussy / Les Grands Bois	GE	505	5	1	1	
	42	Galmwald	FR	580	1	1		
	82	Kappelen / Stockeren	BE	441	4	1		
	93	Marthalen / Abist	ZH	405	4	1		
	92	Novaggio / Cima Pianca	TI	1080	4	2	1	
	43	Orbe / Chassagne	VD	622	5	2		
	62	Bettlach / Bettlachstock	SO	1065	4	2	1	
	85	Frauenfeld / Wuer	TG	383	3	2		
	8	Rothenfluh / Kei	BL	695	5	2	1	
	24	Niederlenz / Länzer	AG	387	5	2		
66	St. Ursanne / Haute Côte	JU	540	3	2			
Mischwald	2	Zürich / Zürichberg	ZH	668	1	1		
	7	Oberstammheim / Stammes	ZH	581	1	1		
	18	Langenthal / Riedhof	BE	525	5	1	1	
	19	Wettingen / Lägern	AG	685	5	1		
	40	St. Cierges	VD	851	5	1		
	58	Mels / Rütliwald	SG	910	4	1		
22	Staffelbach / Wiliberg	AG	675	1	1			
Nadelwald	81	Gsteig / Heitibüel	BE	1355	4	1		
	83	Wald / Bachtel	ZH	1040	4	1		
	99	Visp / Albulawald	VS	830	5	1	1	
	47	Davos / Seehornwald	GR	1655	5	2	1	
	91	Campo / Cimalmotto	TI	1517	3	2		
	76	Sent / Dartòs	GR	1690	3	2		
	90	Sta. Maria / Bosch de Bald	GR	1245	3	2		
	45	Alpthal / Erlentobel	SZ	1180	5	2	1	
	73	Alvaneu	GR	1560	3	2	1	
88	L'Abbaye / Grand Bois à Ba	VD	1358	3	2			
Obstbau	4	Conthey / Les Fougères	VS	478	1	1		
	20	Roggwil / Esserswil	TG	460	2	1		
	64	Duggingen / Oberäsch	BL	375	3	1		
Rebbau	55	Nyon / Changins	VD	440	4	1		
	5	La Neuveville / Schafis	BE	475	1	2		
	96	Gudo / Progero	TI	265	5	2		
	106	Vétroz	VS	500	2	2		
Gemüse- bau	51	Wartau / Weite	SG	464	2	1		1
	59	Dällikon	ZH	425	3	1		1
	67	Method	VD	432	4	1		1
	94	S. Antonino / Magadino	TI	209	4	1		1
Schutz- standort	12	Aristau / Werd	AG	380	5	1		
	75	Zemez / Munt la Schera	GR	2400	3	2		
	84	Rifferswil / Hagenholz	ZH	597	3	2		
	89	St. Moritz / Mauntschas	GR	1825	3	2		
Stadtpark	61	Winterthur	ZH	445	3	1		
	97	Lugano	TI	273	5	1		

1.2 Neue NABO-Standorte

Tabelle 4: Neue Referenzstandorte ab der 7. Erhebung (2015-19): Einzelstandorte und Standorte mit Höhenstufen. Gehalte an org. Kohlenstoff (OrgC), Ton und Schluff in Gew.-%.

Standort- typ	Nr.	Gemeinde / Ort / Kanton	KOORY	KOORX	Höhe ü.M.	Klima zone	Nutzung	Jahr 1. Erheb.	PNG cm	WHG	Boden-Typ	Kennwerte Oberboden			
												OrgC	Ton	Schluff	pH _{CaCl}
Haupt	107	Oberwald / Lusse	VS		1366	F	Grasland wenig intensiv	2015	40	u	Fluvisol	11.00	8.0	20.0	4.5
Haupt	108	Bedretto / Stabiello grande	TI		1830	G	Grasland extensiv	2015	44	d	Braunpodsol	3.30	10.0	20.0	4.0
Haupt	offen	Engstligenalp	BE		2000	G	Grasland extensiv	2016	70	b	Saure Braunerde	7.00	15.0	25.0	4.5
Höhenst.	offen	Oberwilien / Ramersrüti	OW		725	C5-6	Grasland wenig intensiv	2016	90	b	Saure Braunerde	2.00	18.0	25.0	5.0
Haupt	offen	Stalden / Bärfang	OW		995	E4-6	Grasland wenig intensiv	2016	70	b	Saure Braunerde	3.00	15.0	25.0	4.8
Höhenst.	offen	Hohnegg	OW		1500	F	Grasland extensiv	2016	90	b	Saure Braunerde	6.00	18.0	25.0	4.5
Haupt	offen	Poscivao, Le Prese	GR		967	D5-6	Grasland wenig intensiv	2016	50	l	Fluvisol	1.50	12.0	40.0	5.5
Höhenst.	offen	Poscivao, Campasc	GR		1940	G	Grasland extensiv	2016	53	c	Saure Braunerde	2.00	10.0	20.0	4.5
Höhenst.	offen	Sevelen / St. Ulrich	SG		520	B5	Grasland wenig intensiv	2016	75	b	Saure Braunerde	2.50	18.0	30.0	5.5
Haupt	offen	Sevelen / Windegg	SG		1150	E4-6	Grasland extensiv	2016	75	b	Saure Braunerde	2.00	18.0	30.0	4.5
Höhenst.	offen	Sevelen / Inarin	SG		1800	G	Grasland extensiv	2016	50	c	Saure Braunerde	9.00	15.0	30.0	4.0
Höhenst.	offen	Sent - Crusch	GR		1300	E1-3	Grasland wenig intensiv	2017	60	c	Kalk- braunerde	2.00	18.0	30.0	7.2
Haupt	offen	Sent - Marfers	GR		1720	G	Grasland extensiv	2017	50	c	Braunerde	4.00	18.0	30.0	6.0
Höhenst.	offen	Sent - Cünatsch	GR		2300	G	Grasland extensiv	2017	68	l	Braunerde	6.00	16.0	30.0	6.0
Einzelstandorte		Referenzstandort mit Höhenstufen													

I.3 Zeitplan für Probenahme

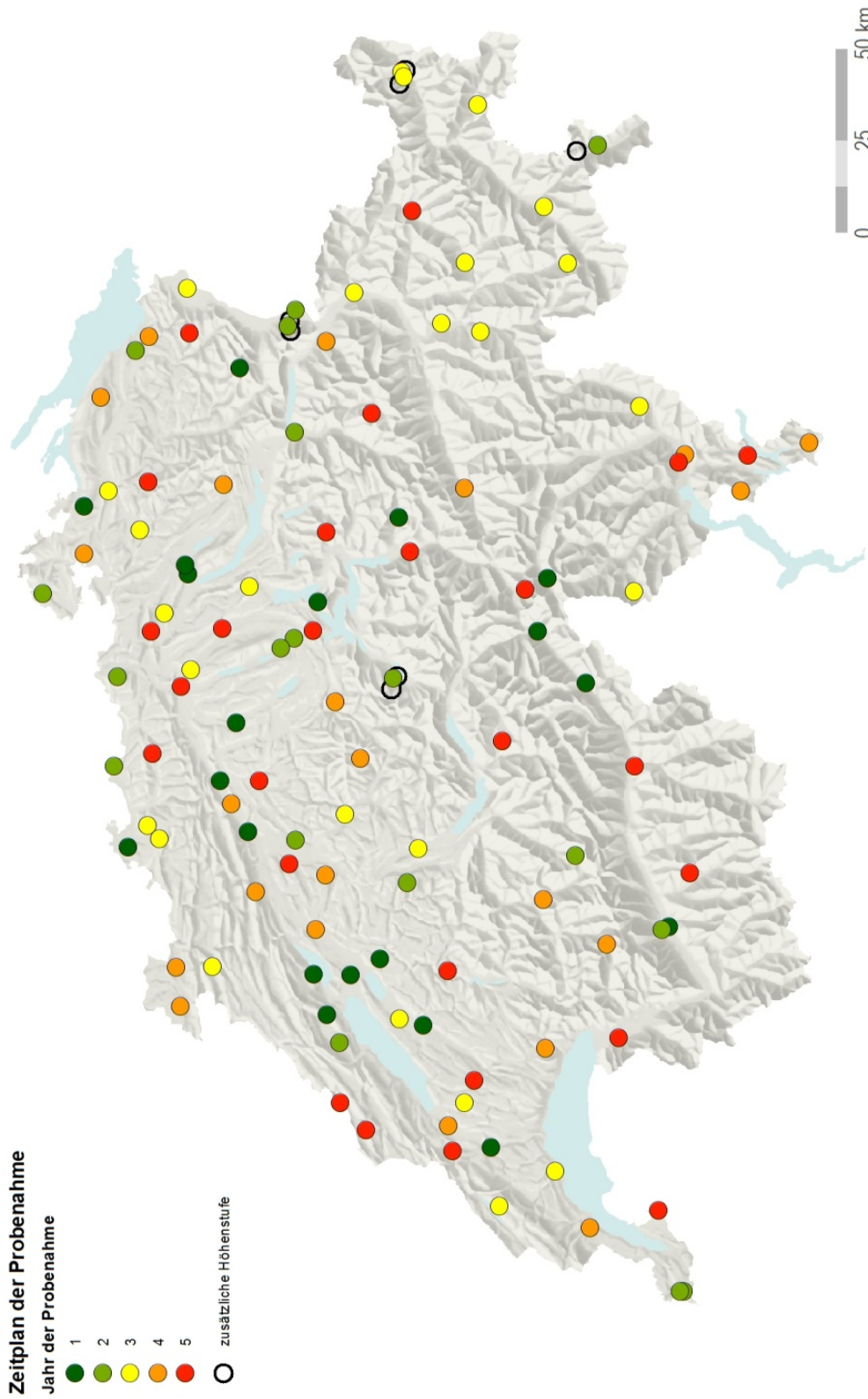


Abbildung 5: Zeitplan der Probenahme - Jahr der Probenahme innerhalb einer Erhebungsrunde.

Anhang II: Probenahmekonzept Höhenstufen

II.1 Auswertung Ersterhebung 107 & 108

Bei der Ersterhebung der Standorte Oberwald VS (107) und Bedretto TI (108) wurde die Probenahme nach Horizonten je 3-fach wiederholt. Jede Wiederholung umfasst 4 Bohrkerne (je einer pro Seite der NABO-Fläche), die anschliessend in pedologische Horizonte aufgeteilt und horizontweise aggregiert werden (-> eine Probe pro Horizont). An den erwähnten Standorten wurden folglich 3 x 4 Bohrkerne zeitgleich entnommen, pro Horizont liegen nun je 3 Proben vor.

An zukünftigen Höhenstufenstandorten sollen nur Horizontproben, jedoch keine Flächenmischproben entnommen werden (vgl. Abschnitt 2.2). Die Auswertung der 3-fachen Beprobung der Standorte 107 und 108 soll beispielhaft anhand der Kohlenstoffvorräte erste Hinweise liefern, wie gross die Variabilität und somit die Unsicherheit der Resultate basierend auf diesen Horizontproben ist. Daraus kann grob abgeschätzt werden, ab welcher Grössenordnung Veränderungen erkennbar sein werden.

Abbildungen 1 und 2 zeigen Raumgewicht und Kohlenstoffgehalte (total, beide Standorte kalkfrei).

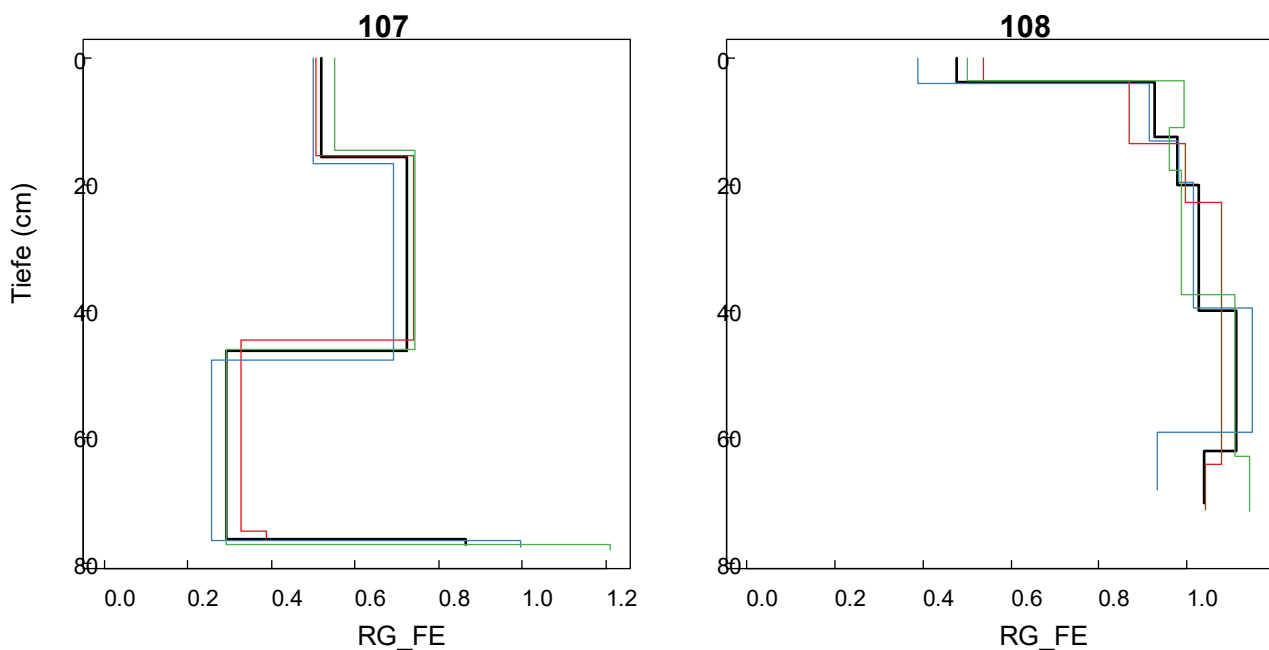


Abbildung 6: Raumgewicht Feinerde (RG_FE, g/cm³) vs. Tiefe (cm). Schwarze Linie: Mittelwert der 3 Beprobungen (bunte Linien).

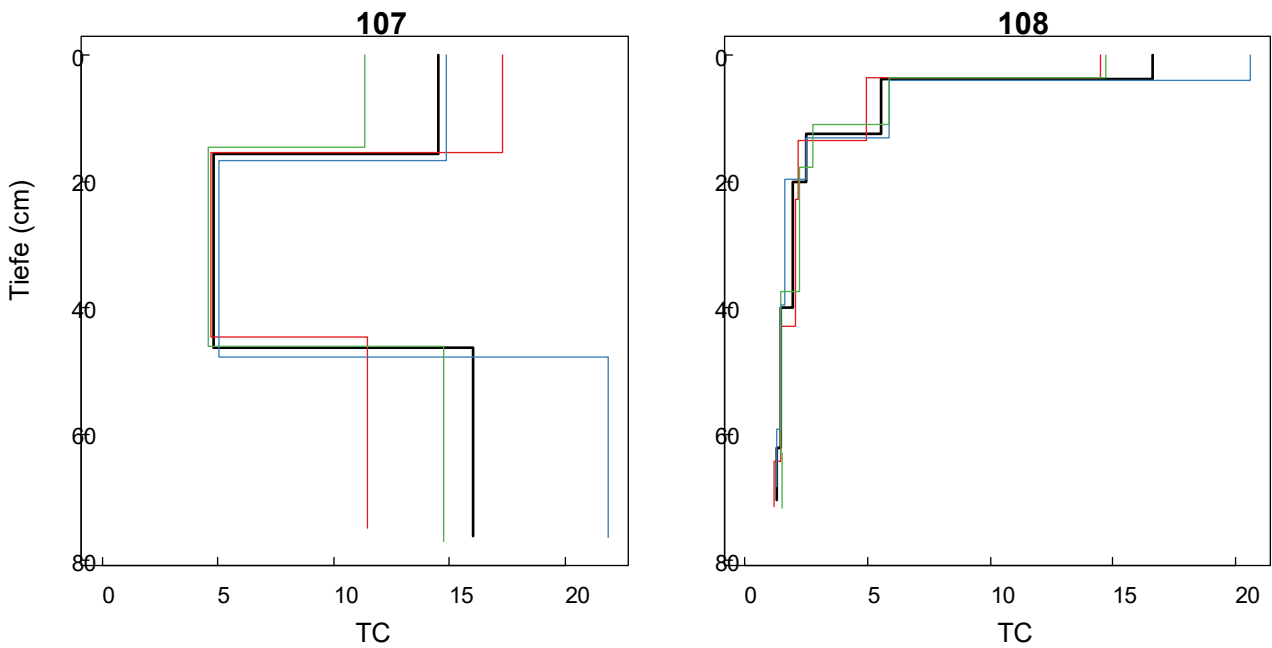


Abbildung 7: Totaler Kohlenstoffgehalt (TC, Gew.-%) vs. Tiefe (cm). Schwarze Linie: Mittelwert der 3 Beprobungen (bunte Linien).

Daraus kann für jede Beprobung horizontweise der Kohlenstoffvorrat (aggregiert von Bodenoberfläche bis Horizontuntergrenze) berechnet werden. Die je 3 Beprobungen variieren bezüglich der Horizontgrenzen (Abbildung 3). Daher ist es sinnvoll, zwischen den Horizontgrenzen jeweils linear zu interpolieren. Damit impliziert man konstantes Raumgewicht und Kohlenstoffkonzentration innerhalb der Horizonte, was in diesem Kontext sicher vertretbar ist.

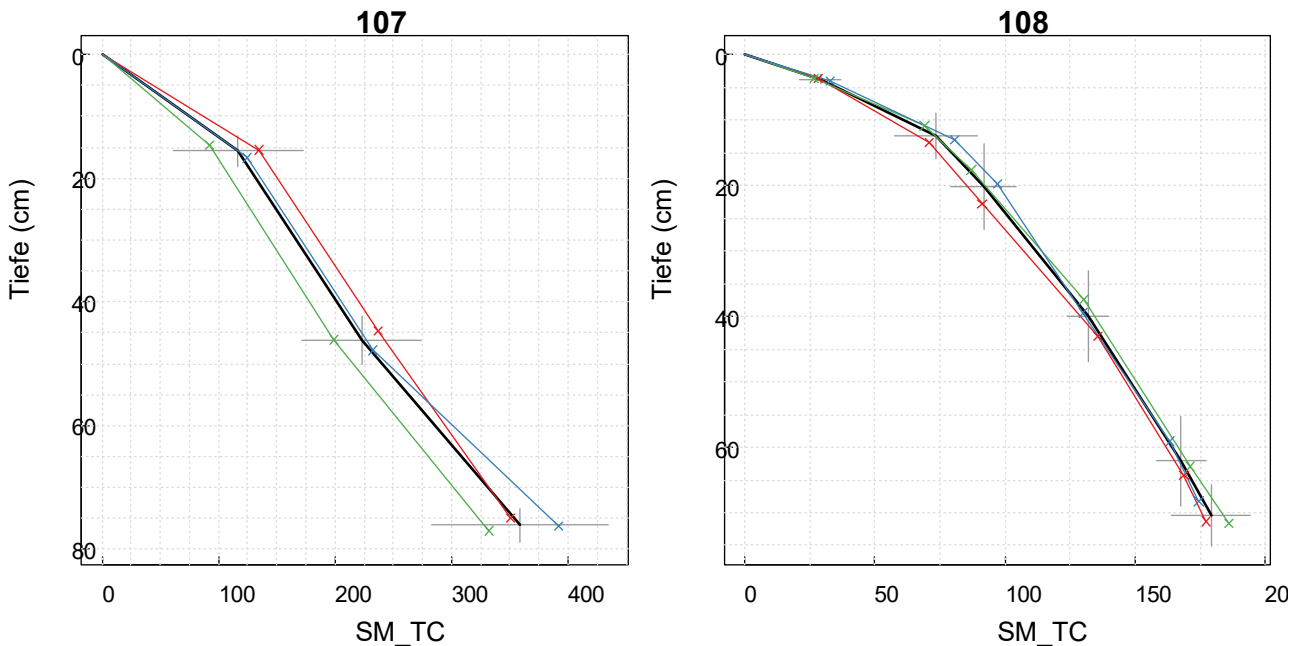


Abbildung 8: Aggregierter Kohlenstoffvorrat Bodenoberfläche bis Horizontuntergrenze (SM_TC, t/ha) vs. Tiefe (cm). Schwarze Linie: Mittelwert der 3 Beprobungen (bunte Linien), graue Linien: 95%-Konfidenzintervall für SM_TC bzw. Tiefe (N=3).

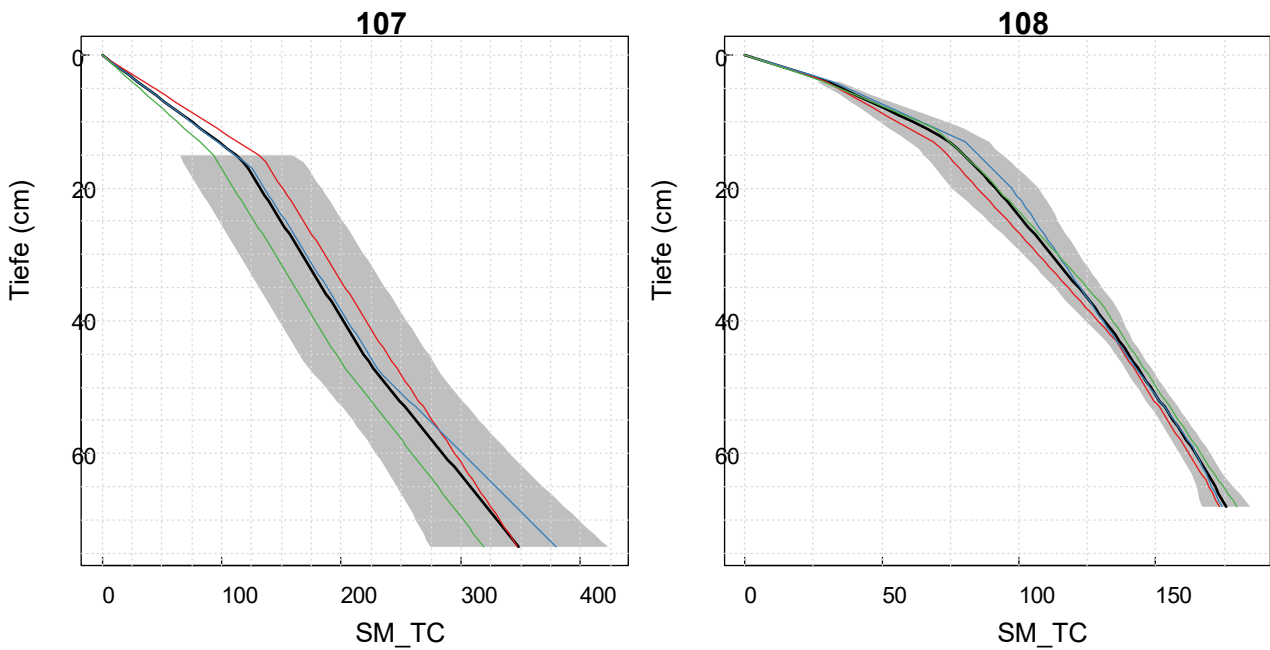


Abbildung 9: Aggregierter Kohlenstoffvorrat (SM_TC, t/ha) vs. Tiefe (cm), zwischen Horizontgrenzen linear interpoliert. Schwarze Linie: Mittelwert der 3 Beprobungen (bunte Linien), graue Fläche: 95%-Konfidenzintervall für SM_TC (N=3).

Der Kohlenstoffvorrat von 0 bis 50 cm Tiefe wird für Standort 107 auf 240 ± 50 t/ha und für Standort 108 auf 150 ± 5 t/ha geschätzt (jeweils Mittelwert \pm 95 %-Vertrauensintervall; vgl. Abbildung 4). Die grössere Varianz des Standortes 107 wird durch seine grösseren Kohlenstoffvorräte nur teilweise relativiert, das 95 %-Vertrauensintervall beträgt gut 20 % des Mittelwertes im Vergleich zu 3 % beim Standort 108. Beim Standort 108 fällt auf, dass die Unsicherheit bei kleineren Beprobungstiefen von 10 bis 40 cm Tiefe deutlich grösser ist verglichen mit 50 cm oder tiefer. Werden die Kohlenstoffvorräte anstatt auf die Tiefe auf die Menge Feinerde bezogen, so kann die Unsicherheit nicht weiter reduziert werden, sie scheint im Gegenteil leicht grösser zu werden (Abbildung 5).

In Bezug auf die geplanten Höhenstufenstandorte dürfte Standort 108 die zu erwartenden Unsicherheiten besser widerspiegeln als Standort 107 mit seinen hohen Humusgehalten. Das Vertrauensintervall von ± 5 t/ha ($= 0.5 \text{ kg/m}^2$) entspricht einer Veränderung um 0.25 Gew.-% Kohlenstoff für einen 20 cm-Horizont (bei Raumgewicht 1 g/cm^3). **Bei einer zukünftigen Beprobung mit demselben Design (d. h. 3 x 4 Einstiche) sollte folglich eine Veränderung um 4.5 t/ha (und somit < 0.25 Gew.-% Kohlenstoff für 20 cm-Horizont) erkennbar sein (95 %-Vertrauensintervall für die Differenz aus je 3 Werten unter der Annahme, dass die Varianz für beide Stichproben identisch und jener der aktuellen Beprobung entspricht).**

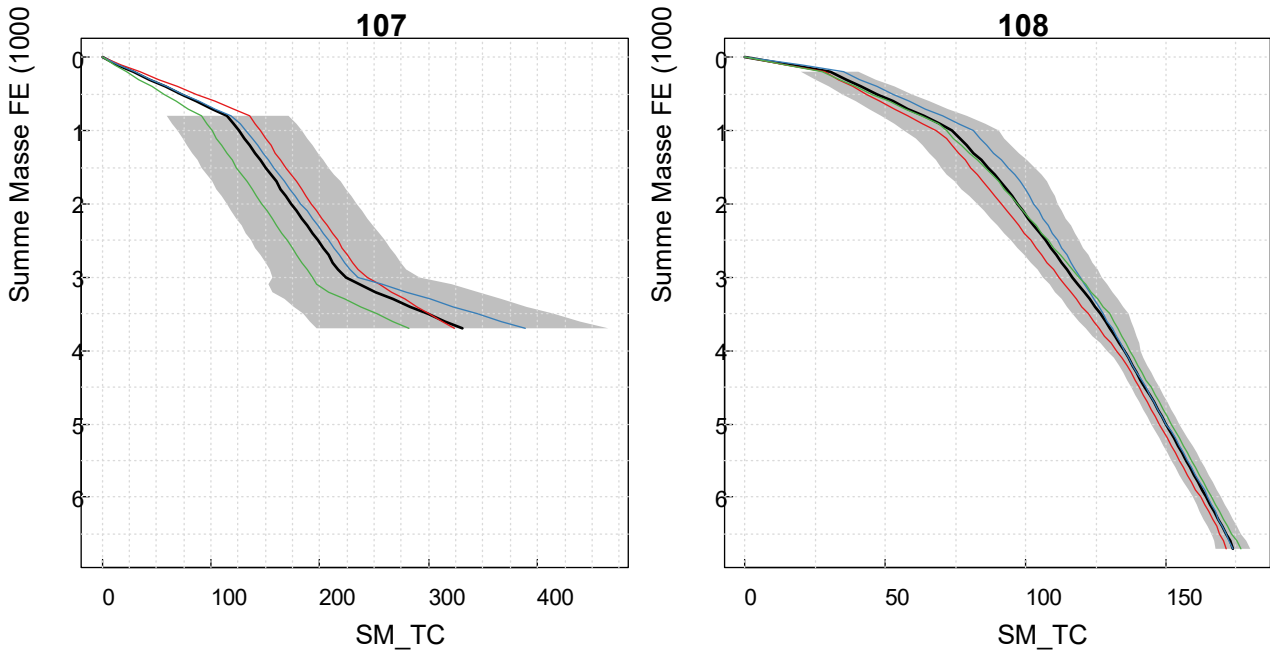


Abbildung 10: Aggregierter Kohlenstoffvorrat (SM_TC, t/ha) vs. aggregierte Menge Feinerde (kt/ha), zwischen Horizontgrenzen linear interpoliert. Schwarze Linie: Mittelwert der 3 Beprobungen (bunte Linien), graue Fläche: 95%-Konfidenzintervall für SM_TC (N=3).

II.2 Probenahme-Design Höhenstufen

Höhenstufenstandorte werden als Ergänzung zu einem regulären NABO-Standort (Hauptstandort) eingerichtet (vgl. Kapitel xy). Der Hauptstandort wird gleich wie die übrigen NABO-Hauptstandort beprobt, d. h. innerhalb der Fläche werden Flächenmischproben genommen und entlang der vier Seiten mit Schlagsonden Bohrkerne (Horizontproben). Der einzige Unterschied ist, dass die Horizontproben in dreifacher Wiederholung entnommen werden.

An den Höhenstufenstandorten werden hingegen nur Horizontproben entnommen, keine Flächenmischprobe. Die Bohrkerne werden an diesen Standorten innerhalb der Fläche genommen. Aufgrund der obigen Abschätzung scheint es sinnvoll, an Höhenstufenstandorten jeweils Horizontproben in dreifacher Wiederholung zu nehmen, aus praktischen Gründen bestehend aus je 3 Einzelstichen. Die detektierbare Veränderung vergrößert sich dadurch im Vergleich zu oben leicht, dürfte aber immer noch um oder unter 0.5 kg/m^2 liegen, womit eine Veränderung um 0.25 % in einem 20 cm-Horizont erkennbar sein sollte.

Innerhalb der 10 m x 10 m-Fläche erhält man ein 3x3-Beprobungsraster, wenn die Schnittpunkte der 1 m-Linien als mögliche Einstichpunkte verwendet werden (alle Fähnchen stehen auf Schnittstellen, aber nicht an jeder Schnittstelle steht ein Fähnchen...). Das folgende Probenahmedesign ist so ausgewählt, dass sowohl jedes Profil à 3 Einstichen wie auch das aggregierte Profil aus 3 x 3 Einstichen bezüglich X- und Y-Koordinaten stets auf die Mitte der Fläche austariert sind. Dazu wird die Fläche in 3 x 3 Quadranten eingeteilt (Abbildung 6). Bei jeder Erhebung wird aus jedem Quadranten ein Bohrkern entnommen und entsprechend der Farben in Abbildung 6 zu 3 Profilen aggregiert. Die exakten Entnahmestellen werden innerhalb der einzelnen Quadranten permutiert, sodass jeweils pro Hilfslinie in X- bzw. Y-Richtung genau ein Bohrkern entnommen wird. Für die

ersten vier Erhebungen sind die Probenahmestellen in Abbildungen 7 bis 10 dargestellt, die Fortsetzung bis und mit der 9. Erhebung erfolgt analog, anschliessend beginnt der Zyklus wieder an den Positionen der ersten Erhebung – bei fünfjährigen Erhebung in 45 Jahren...

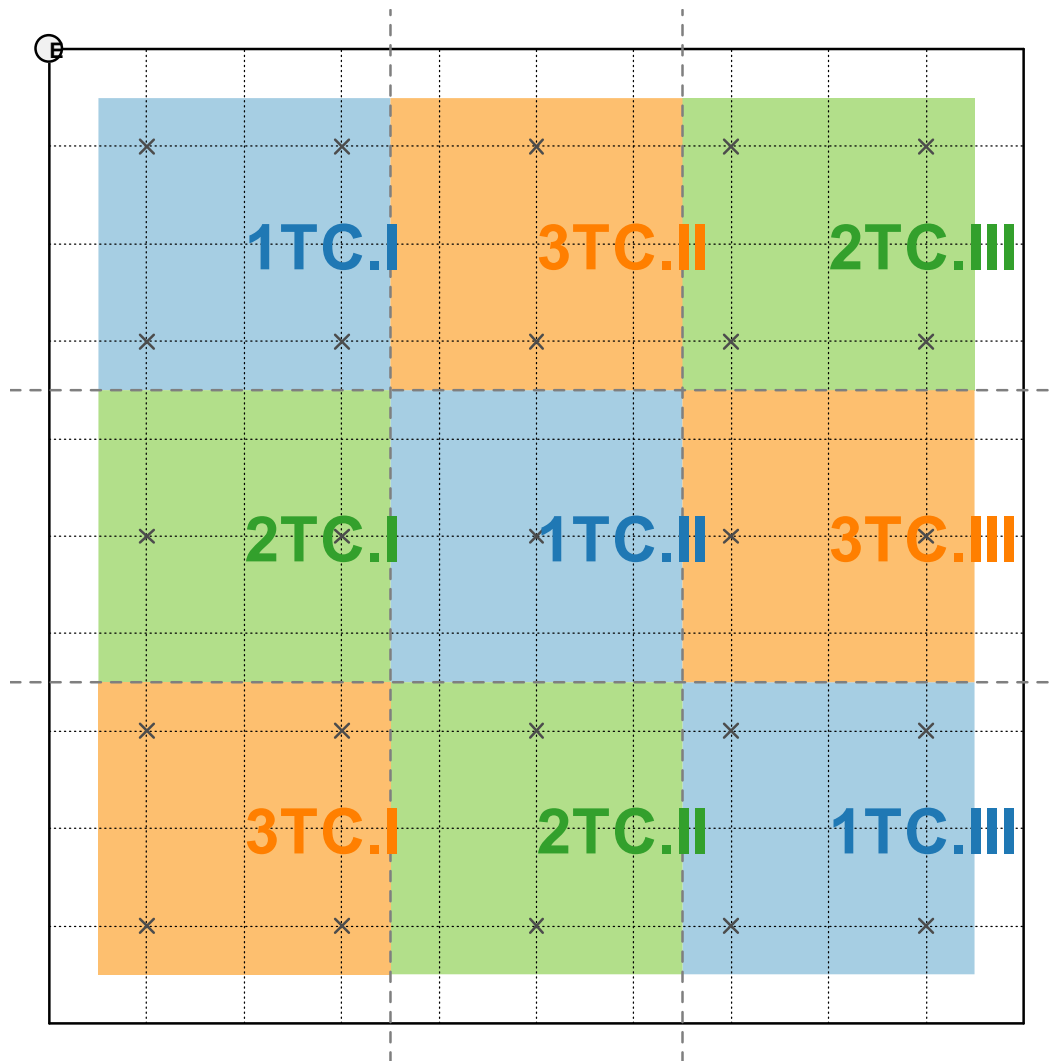


Abbildung 11: Beprobungsraster für Bohrkerne an Höhenstufenstandorten (E: Einmesspunkt; x: Fähnchen). Proben aus Flächen gleicher Farbe werden je zu einem Profil aggregiert.

Die Bezeichnung der Proben (FBEZ-Code) erfolgt nach diesen Prinzipien (Vorschlag):

- Jener Höhenstufenstandort, der auch als regulärer NABO-Standort vorgesehen ist, erhält eine ganzzahlige Standortnummer (109, 110, ...), die dazugehörigen Höhenstufen erhalten dieselbe Nummer ergänzt mit .1, .2, usw. (109.1, 109.2, ...)
- Die drei Profile pro Erhebung werden mit durch 1TC, 2TC und 3TC unterschieden, gefolgt von der Horizontbezeichnung a_, b_, c_, ... (die römischen Ziffern .I, .II und .III entfallen, da die Proben der einzelnen Einstiche gepoolt werden).

Fiktives Beispiel:

169 ABK 1-1 1TC a_ (Hauptstandort)

169.1 ABK 1-1 1TC a_ (untere Höhenstufe)

169.2 ABK 1-1 1TC a_ (obere Höhenstufe)

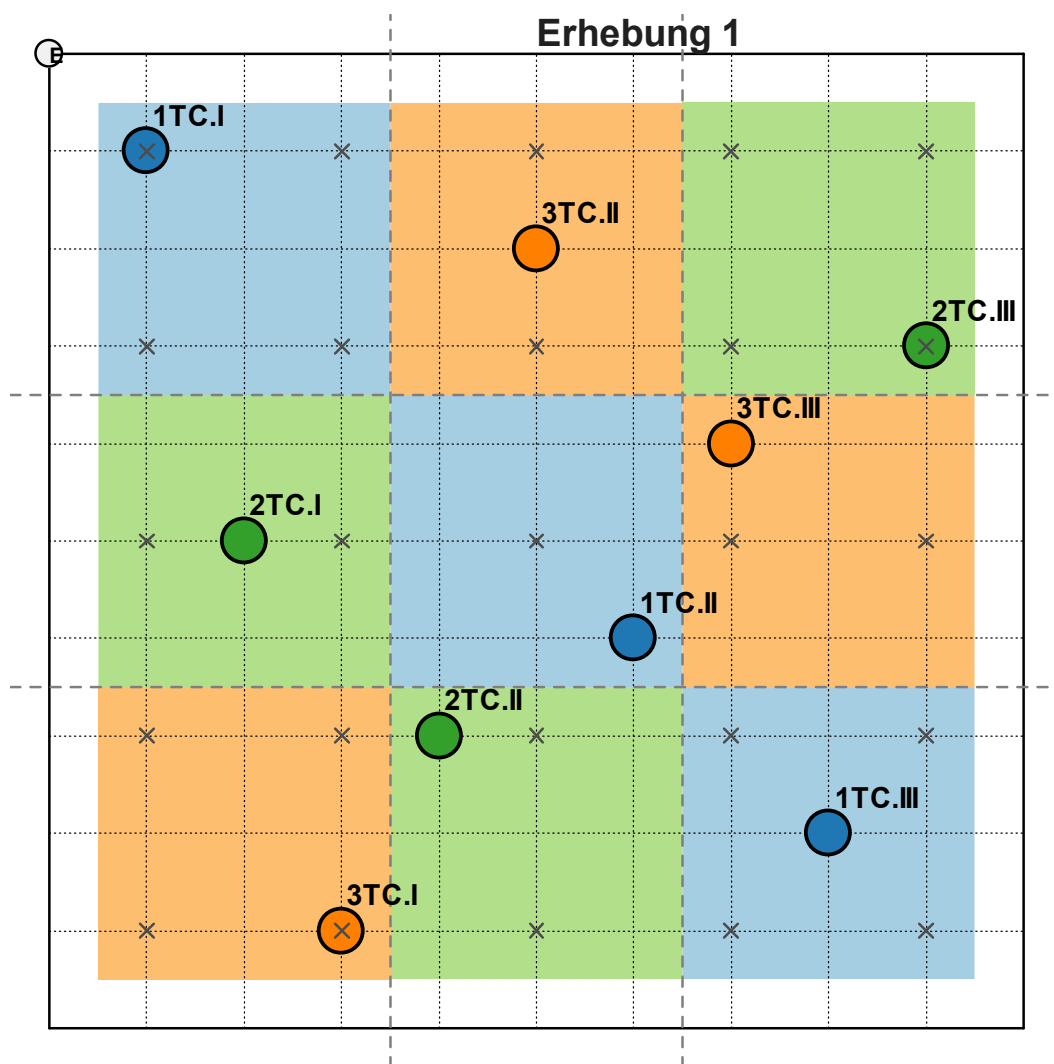


Abbildung 12: Probenahmestellen Erhebung 1 für Bohrkerne an Höhenstufenstandorten (E: Einmesspunkt; x: Fähnchen). Proben aus Flächen gleicher Farbe werden je zu einem Profil aggregiert.

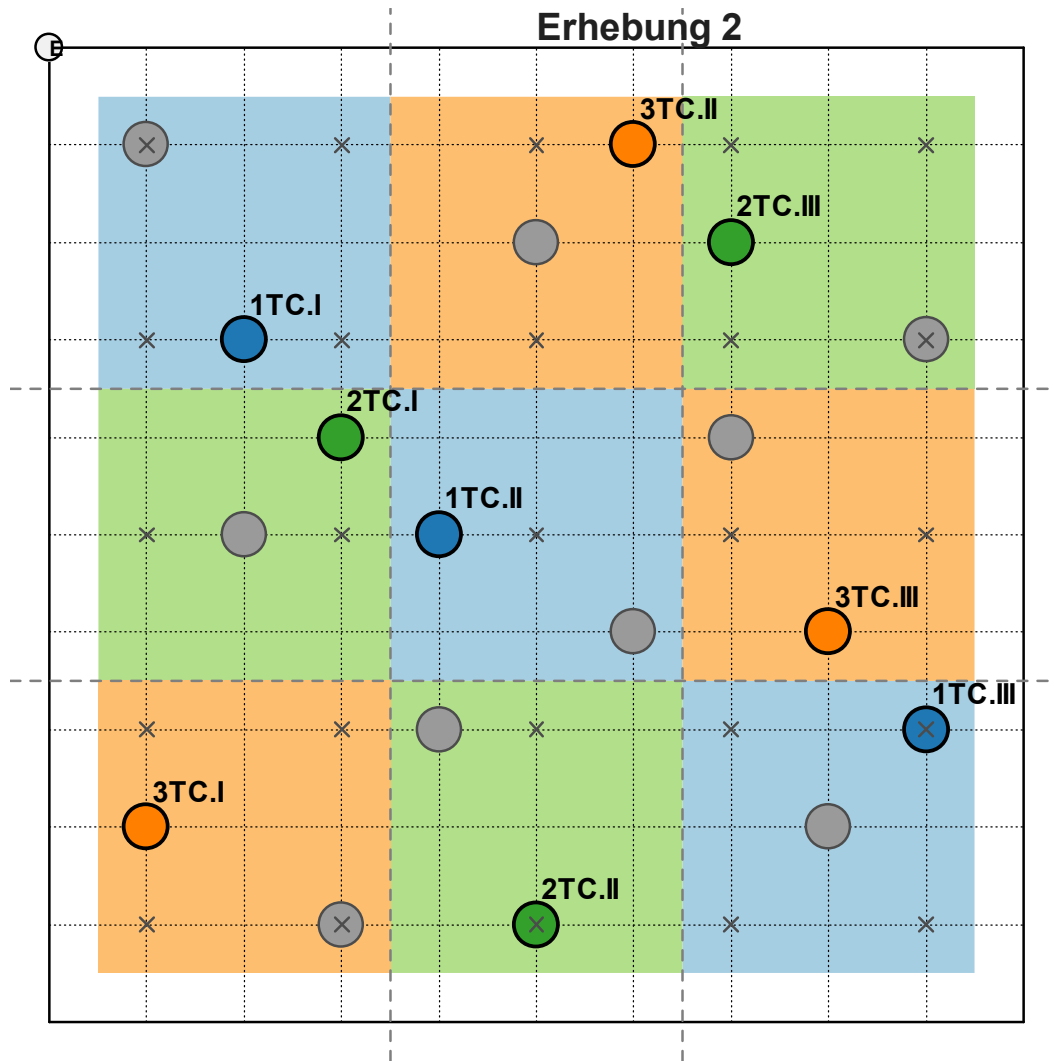


Abbildung 13: Probenahmestellen Erhebung 2 für Bohrkerne an Höhenstufenstandorten (E: Einmesspunkt; x: Fähnchen; graue Punkte: Probenahmestellen vergangener Erhebungen). Proben aus Flächen gleicher Farbe werden je zu einem Profil aggregiert.

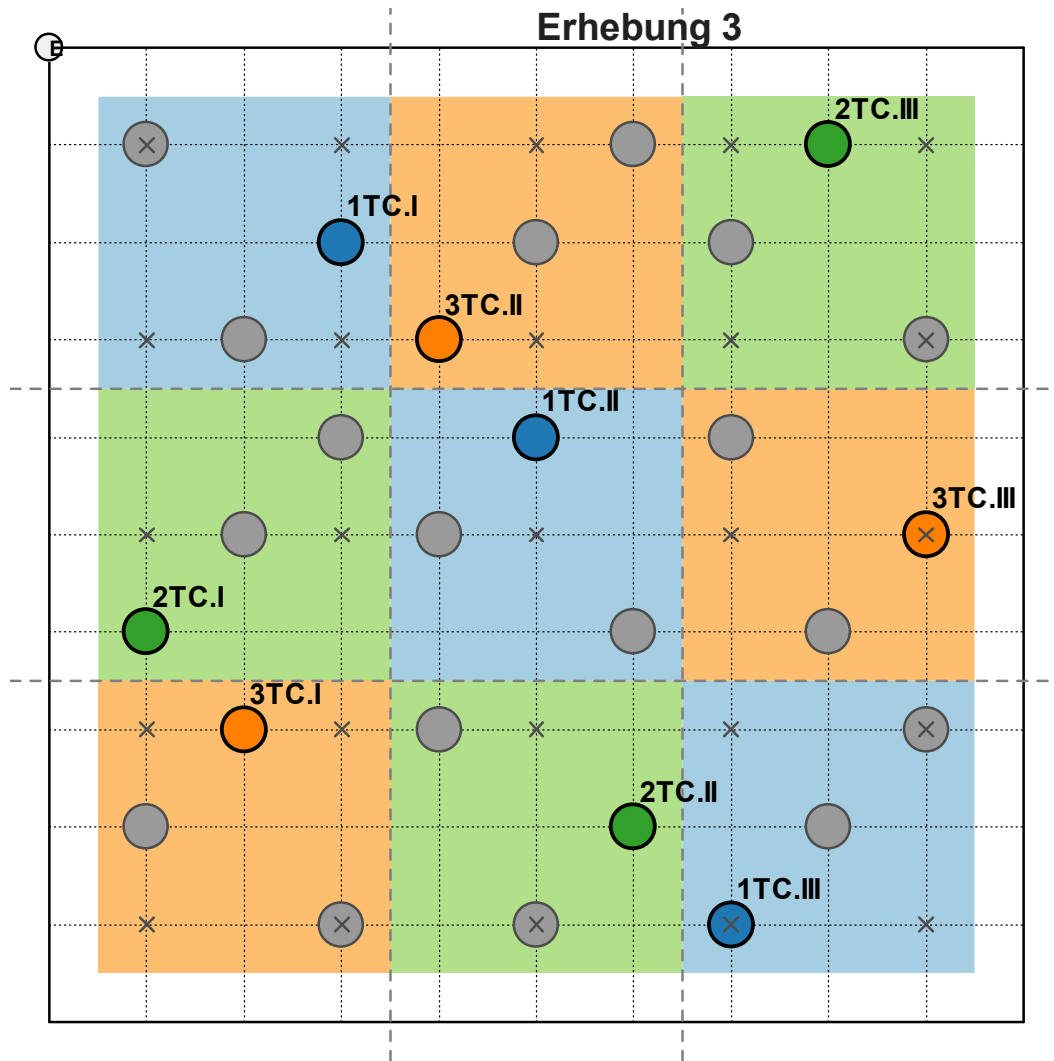


Abbildung 14: Probenahmestellen Erhebung 3 für Bohrkern an Höhenstufenstandorten (E: Einmesspunkt; x: Fähnchen; graue Punkte: Probenahmestellen vergangener Erhebungen). Proben aus Flächen gleicher Farbe werden je zu einem Profil aggregiert.

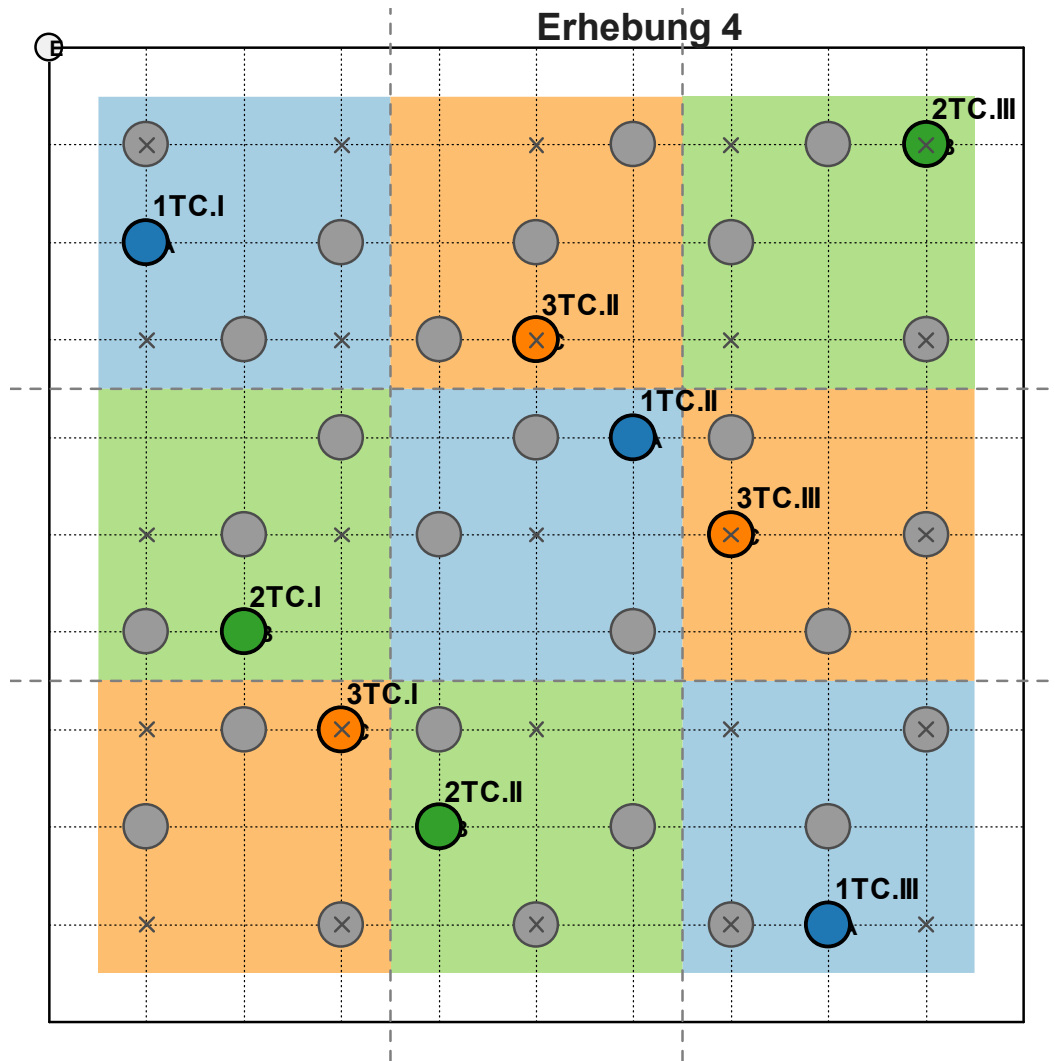


Abbildung 15: Probenahmestellen Erhebung 4 für Bohrkerne an Höhenstufenstandorten (E: Einmesspunkt; x: Fähnchen; graue Punkte: Probenahmestellen vergangener Erhebungen). Proben aus Flächen gleicher Farbe werden je zu einem Profil aggregiert.