



BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ  
SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE  
SOCIETÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA  
SOIL SCIENCE SOCIETY OF SWITZERLAND

## Grossflächige Veränderungen von Landwirtschaftsböden und Waldbodenkartierung

## Changements des sols agricoles à grande échelle et la cartographie des sols forestiers



**BGS Jahresexkursion**

**SSP Excursion annuelle**

**2016**

Freitag / Samstag  
**26./27. AUGUST 2016**

Vendredi / Samedi  
**26./27. AOÛT 2016**

**Organisation**

Matias Laustela & Fachstelle Bodenschutz

# Programm

# Programme

## Freitag, 26. August

- 09.00** : Ankunft Technorama, Winterthur  
Kaffee & Gipfeli
- 09.45** : Begrüssung und Einführung in die Exkursion
- 10.00** : Baustelle Hochwasserschutz Hegmatten  
Flutmulde und Revitalisierungen  
Umgang mit Boden im Projekt
- 12.00** : Mittagessen im Restaurant Technorama
- 13.30** : Carfahrt ins Zürcher Oberland
- 14.00** : Aufwertungspotential anthropogen degradierter Flächen und alternative Nutzungen
- 16.00** : Besichtigen Ausführung einer Bodenaufwertung und FFF-Kompensation
- 19.00** : Abendessen auf der Juckerfarm
- 22.00** : Carfahrt zur Unterkunft in Wetzikon

Projektspezifische Beiträge von Mitarbeitern aus der kantonalen Verwaltung (Wasserbau, Landschaft & Natur, Tiefbauamt und Bodenschutz) sowie fachliche Beiträge von bodenkundlichen BaubegleiterInnen.

Vor und nach dem Abendessen besteht die Möglichkeit mit dem Car an einen Bahnhof (Uster oder Wetzikon) gebracht zu werden.

## Samstag, 27. August

- 07.30** : Frühstück
- 08.30** : Treffpunkt Parkplatz Eishalle Wetzikon oder Bahnhof Wetzikon (evt. Bahnhof Wallisellen)
- 09.30** : Vorstellen Projekt  
Waldbodenkartierung ZH
- 10.30** : Besichtigen verschiedener Waldbodenprofile
- 12.00** : Mittagspause
- 13.00** : Hintergründe Waldbodenkartierung und Ausblick über verschiedene Produkte und deren Anwendung
- ca. 14.00** : Exkursionsende  
Fahrt zum Bahnhof Zürich-Flughafen

Fachliche Beiträge von beteiligten Kartierern, einem Mitarbeiter aus der Forstwirtschaft und weiteren Experten (Franz Borer, Peter Lüscher, Martin Zürrer).

## Vendredi, le 26 août

- 09.00** : Arrivée au Technorama, Winterthur  
Café & Croissons
- 09.45** : Mot de bienvenue et introduction à l'excursion
- 10.00** : Chantier Hegmatten  
Bassin de rétention et revitalisation  
Traitement des sols
- 12.00** : Repas au restaurant Technorama
- 13.30** : Départ en Car à Oberland Zurichois
- 14.00** : Évaluation du potentiel des terres anthropogènes dégradées et utilisations alternatives
- 16.00** : Visite d'une amélioration des Sols et compensation SDA
- 19.00** : Souper à la Juckerfarm
- 22.00** : Transfer au l'hébergement à Wetzikon

Contributions spécifiques au projet des employés de l'administration cantonale (Ingénierie, Paysage & Nature, Département de génie civil et de la protection des sols) et des spécialistes de la protection des sols sur les chantiers.

Avant et après le dîner, ce serait possible d'être élevé à une station (Uster ou Wetzikon) avec le car.

## Samedi, le 27 août

- 07.30** : Petit-déjeuner
- 08.30** : Point de rencontre Parking Eishalle Wetzikon ou Station Wetzikon (évtl. Station Wallisellen)
- 09.30** : Présentation du projet cartographie des sols forestiers ZH
- 10.30** : Visite des profils différents des sols forestiers
- 12.00** : Pause de midi
- 13.00** : Contexte de la cartographie des sols forestiers et vues des divers produits et leur utilisation
- env. 14.00** : Fin d'excursion  
Départ pour station Zurich-Aéroport

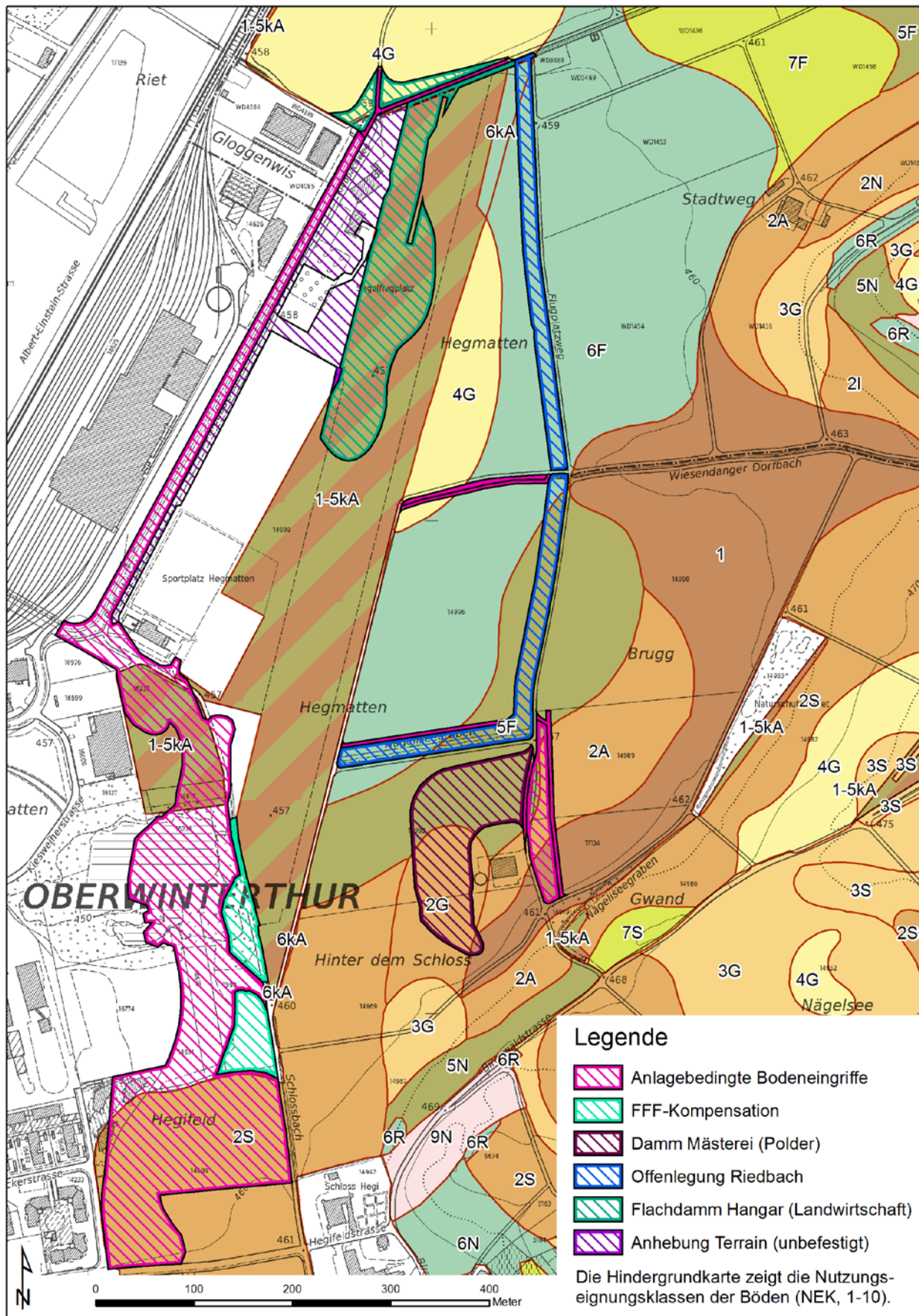
Contributions techniques des cartographes associé, un employé de la foresterie et d'autres experts (Franz Borer, Peter Lüscher, Martin Zürrer).

## Inhalt

1	Grossflächige Veränderungen von Landwirtschaftsböden.....	4
1.1	Hochwasserrückhalteraum Hegmatten.....	4
1.2	Madetswiler Ried: Standort für FFF-Kompensation .....	7
1.3	Rekultivierte Böden nützen der Landwirtschaft (Artikel ZUP 82/2015) .....	8
1.4	Pfäffikon: Rekultivierung nach Kiesabbau .....	12
1.5	Fehraltorf: Bodenaufwertung & FFF Kompensation in Ausführung.....	14
2	Waldbodenkartierung .....	17
2.1	Einleitung.....	17
2.1.1	Ausgangssituation.....	17
2.1.2	Wozu Bodenkarten.....	17
3.	Warum wird auf die Versauerung fokussiert.....	17
2.1.3	Indikatoren der Bodenversauerung.....	18
2.	Abwicklung der Bodenkartierung.....	19
2.2	Physische Grundlagen zum Hardwald .....	19
2.3	Zum Hardwald.....	19
5.	Anmerkungen zur Organisation und zum Vorgehen der aktuellen Kartierung .....	20
2.4	Profilbesichtigungen.....	20
7.	„Waldstandortstypen“ .....	31
2.5	„Waldbodenkartierung / Anwendungskarten“ .....	31
2.6	Weitere Aspekte .....	32
2.6.1	Schluffreiche Profilmereiche.....	32
2.	Kosten.....	32
2.6.2	Bestimmung der Lagerungsdichte .....	34
2.6.3	Kumulative Masse der Feinerde.....	35
5.	Speicherplatzverlust bei der Bodenversauerung.....	35
3	Teilnehmerliste   Liste des participants.....	37

# 1 Grossflächige Veränderungen von Landwirtschaftsböden

## 1.1 Hochwasserrückhalteraum Hegmatten



BODENWISSENSCHAFTLICHE BEGRIFFSCHAFT DER SCHWEIZ  
 SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE  
 SOCIETÀ SVIZZERA DI SCIENZE DEL SUOLO  
 SOIL SCIENCE SOCIETY OF SWITZERLAND

Situation		Topographie / Geologie		Titeldaten								
				Datenschlüssel	Projekt-Nr.	Profil-art	Pedologe	Datum		Profil-bezeichnung		
				1	2	3	4	5		6	7	
				6-2	8/15/16	P	GUM, Z, NS	18	8	2016	hw11	1
8 Polit. Gem. / 9 Kanton				WINTERTHUR						Gem. Nr.		10
Ort				Hammelen						Flurname		11
12 Blatt-Nr. 1:25'000				Koordinaten		13	700	478	263	247	14	
Kartierungs-code												15

Bemerkungen		Bodenbezeichnung								
Analysenergebnisse im Schnitt 0-20, 32-50		Braunerde		Bodentyp	16	B		17		
		pseudogleyig, neutral, polygenetisch, drainiert		Untertyp		T <sub>2</sub> , E <sub>1</sub> , PP, JD				18
		stabilitätsarm		Skelettgehalt		19	0	0	20	
		lehmiger Ton / Ton		Feinerdekleinigkeit		21	8	9	22	
		stauwasserbeeinflusst		Wasserhaushaltsgruppe I						23
		20-35 + 10 + 6 + 5 + 14 + 2 = 65 cm → mässig tiefgründig		Pflanzennutzbare Gründigkeit		65 cm				24
eben		Neigung		25	0	%	Geländeform	26		

Profilskizze															
Horizont			Profilskizze	Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen	
Nr.	Tiefe	Bezeichnung													
		0													
1		10		Sp2	3.5	37	43	20	3	0	0	5.3	10YR 2/3	wf4	30%
		20		K/K 6	2.1	45.4	36.8	17.8			0.35	6.3			
2	32	30		Sp 5	4.5	37	47	20	1	0	0	6.5	4/4	wf3	100%
		40		Sp 5	1.6	50.6	25.5	13.9			0.5	6.4			
3	42	50		Sp 5	1.0	43	40	17	3	0	0	6.8	4/4	wf3	70%
		50		Sp 5	1.5	37	35	28	1	0	0	6.3	4/2	wf2	70%
4	50	60		Sp 5	6.2	28	30	42	10	3	0	7.0	5/4	wf4	16%
		70		Sp 5	0.0	7	20	69	20	5	4	7.4	2.5Y 6/1	wf1	10%
5	57	80													
		80													
6	83	90		Kc											
		90													
Profiltiefe		180													
57															
110															

Standort						Bewertung / Eignung				
Höhe ü. M. m	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landsch. element	Nutzungs-gebiet	Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-klasse
58	59	60	61	62/63	64	65	73	74	75	76
			kw	AL/SC4	EE	0				4

Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen						
Krumenzustand	Limitierungen	Nutzungsbeschränkung	Meliorationen		Düngereinsatz	
			festgestellte	empfohlene	fest	flüssig
66	67	68	69	70	71	72
2	A	B				

Wald											
Humus-form	Bestand	Baumhöhe, m		Vorrat, m <sup>3</sup> /ha		Alter, J		Gesell-schaft	Geeignete Baumarten		Prod.-fähigkeit Stufe   Punkte
		gem.	gesch.	gem.	gesch.	gem.	gesch.		109	110	
100	101	102	103	104	105	106	107	108			
	a	b									

Agrascope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zurich, © 2005

BOEKENLUNDSCHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ  
 SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE  
 SOCIETÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA  
 SOIL SCIENCE SOCIETY OF SWITZERLAND

Situation		Topographie / Geologie		Titeldaten											
				Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profil-art	Pedologe	Datum		Profil-bezeichnung					
				1	2	3	4	5		6	7				
				6.2	86516	P	Günzler	18	8	2016	W114	2			
8 Polit.Gem. WINTERTHUR				9 Kanton		10 Gem. Nr.									
Ort Flurname He... ..				11											
12 Blatt-Nr. 1:25'000		Koordinaten		13	700	517	263	209	14						
15 Kartierungs-code															
Bemerkungen		Bodenbezeichnung													
Auffälligkeit schwach pseudogleyig, karbonathaltig, albitisch, <sup>abrupt</sup> basint. schwach skeletthaltig / stark steinhaltig feiner Lehmb normal durchlässig $36 + 27 + 0 = 63\text{cm}$ Kanvey		Bodentyp	16	X					17						
		Untertyp	T <sub>0</sub> , K <sub>1</sub> , E <sub>0</sub> , HA		18										
		Skelettgehalt	19	1	5	20									
		Feinerdekorung	21	7	7	22									
		Wasserhaushaltsgruppe /							23						
		Pflanzennutzbare Gründigkeit	63cm	3	24										
Neigung	25	0 %	Geländeform	8		26									
Profilskizze															
27	28	29/30			31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizont		Profilskizze		Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen	
Nr.	Tiefe	Bezeichnung													
	0														
1	10	yA4 [5]		B <sub>0</sub> 4 Mk 6	4.2	35	35	30	4	4	3	7.4	10YR 3/2	wf 4	30%
	20				2.5	36.5	34.3	29.2			2.4	2.2			
	44														
2	50	y(A)C		B <sub>0</sub> 5 Po 5	11.2	28	33	25	18	7	4	7.4	5/3	wf 3	100%
	60				1.2	35.7	30.7	25.6			6.6	7.4			
	80														
3	80	yC <sub>0</sub> x <sub>0</sub> s		K <sub>0</sub>	-	28	30		20	20	5	7.4	7/4	wf 0	%
	90														
	100														
	120														
	140														
	160														
	180														
	57	Profiltiefe													
	100														
Standort						Bewertung / Eignung									
Höhe ü. M. m	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangs-material	Landsch. element	Nutzungs-gebiet	Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-klasse					
58	59	60	61	62/63	64	65	73	74	75	76					
			KW	X: 12, 15	62	1				3					
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen															
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		empfohlene		Düngereinsatz fest / flüssig					
66		67		68		69		70		71 / 72					
2		A		-											
Wald															
Humus-form	Bestand form	Baumhöhe, m gem. / gesch.		Vorrat, m <sup>3</sup> /ha gem. / gesch.		Alter, J gem. / gesch.		Gesell-schaft		Geeignete Baumarten / Prod.-fähigkeit Stufe / Punkte					
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111				

Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich, © 2005



## 1.3 Rekultivierte Böden nützen der Landwirtschaft (Artikel ZUP 82/2015)

**Boden**  
ZUP Nr. 82 Oktober 2015

13

### Rekultivierte Böden nützen der Landwirtschaft

**Boden ist im Kanton Zürich eine hochwertige und in Zeiten grosser Bautätigkeit zudem knappe Ressource. Baulich beanspruchte und früher geschädigte Böden aufzuwerten, kann fruchtbaren Boden für die Landwirtschaft schaffen.**

Felix Etterlin  
Rolf Gsponer  
Fachstelle Bodenschutz  
Amt für Landschaft und Natur  
Walcheplatz 2  
8090 Zürich  
Telefon 043 259 31 88  
rolf.gsponer@bd.zh.ch  
www.boden.zh.ch



Um auch künftig genügend hochwertige Landwirtschaftsböden zu haben, muss der Kanton Zürich 44 400 Hektar Fruchtfolgeflächen sichern.  
*Quelle: David Wright, Flickr CC (CCBY2.0)*



Mit Bodenrekultivierungen können minderwertige Böden zu Fruchtfolgeflächen aufgewertet werden. Dazu werden Ober- und Unterboden fachgerecht über den Untergrund eingebaut.  
*Quelle: FaBo*

Zürich ist nicht nur Wirtschafts-, sondern auch fünftgrösster Schweizer Landwirtschaftskanton. Den für die landwirtschaftliche Produktion nötigen, fruchtbaren Boden zu sichern, ist schwierig geworden. Die Bevölkerung nimmt zu, und Zürich trägt immerhin einen Fünftel des gesamtschweizerischen Bauvolumens. Der Zürcher Boden muss also besonders haushälterisch genutzt werden.

#### **Zürcher Boden ist wichtig für die Schweizer Landwirtschaft**

Boden ist die oberste unversiegelte, häufig rund einen Meter mächtige Erdschicht, die den Pflanzen als Wurzelraum und Nährsubstrat dient. Im Kanton Zürich befinden sich viele Böden mit sehr guter Eignung für den Ackerbau, die somit fruchtfolgefähig sind. Daher hat der Kanton Zürich im Sachplan Fruchtfolgeflächen des Bundes nach den Kantonen Bern und Waadt mit 44 400 Hektaren das drittgrösste Kontingent an Fruchtfolgeflächen zu sichern. Das entspricht zehn Prozent der Schweizer Fruchtfolgeflächen.





Durch Infrastrukturbauten, wie zum Beispiel den Bau der A3 in Birmensdorf, werden umliegende Böden temporär genutzt und anthropogen belastet. Die Rekultivierung kann sie anschliessend wieder aufwerten. *Foto: FaBo*

**Fruchtbare Böden erhalten ist eine Herausforderung**

Zwischen 1985 und 2009 verringerte sich die Landwirtschaftsfläche des Kantons Zürich um 5908 Hektar beziehungsweise rund acht Prozent, grösstenteils zugunsten von Siedlungs- und Verkehrsflächen (Quelle BFS – Arealstatistik 1979/85, 2004/09). Werden die bedingt geeigneten Fruchtfolgeflächen flächenmässig zur Hälfte als Fruchtfolgeflächen angerechnet, kann der Kanton Zürich das ihm zugewiesene Kontingent an Fruchtfolgeflächen gegenwärtig knapp erfüllen.

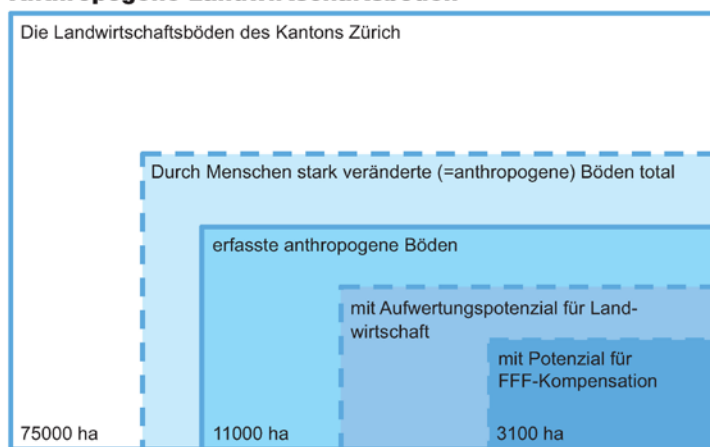
**Anthropogene Böden wiederherstellen und aufwerten**

Eine haushälterische Bodennutzung ist Voraussetzung, um auch künftig der Verantwortung für den Erhalt der landwirtschaftlichen Produktionsfläche gerecht zu werden (siehe blauen Zusatztext unten). Neben raumplanerischer Optimierung leisten die Wiederherstellung und Aufwertung von Böden einen namhaften Beitrag an die verfügbare Gesamtfläche hochwertiger Landwirtschaftsböden. Mit komplettem oder teilweise Neuaufrbau der Böden kann dabei ackerfähiges Kulturland rekultiviert werden. Dies vor Augen, setzt der Kanton die Pflicht, Verluste an Fruchtfolgeflächen gleichwertig zu ersetzen und ausgehobenes Bodenmaterial zu verwerten, seit Januar 2011 konsequent um.

**Möglichkeiten und Grenzen von Bodenrekultivierungen**

Über Jahrtausende natürlich gewachsene, vielschichtige Böden erfüllen an ihrem Entstehungsort optimal die standorttypischen Funktionen. Sie dienen zum Beispiel der Produktion, als Lebensraum, als Puffer, als Filter sowie als Speicher. In ihrer Vielschichtigkeit können sie baulich nicht gleichwertig nachgebaut werden. Sie sind daher möglichst unverändert zu erhalten. Bodenrekultivierungen sind jedoch zweckmässig, um temporär fremdgenutzte Böden wieder herzustellen und in der Vergangenheit in ihrem Aufbau durch den Menschen massgeblich veränderte Flächen, d.h. anthropogene Böden, aufzuwerten; auch zur Kompensation von Verlusten an Fruchtfolgeflächen. Ziel dabei ist es, eine angestrebte Funk-

**Anthropogene Landwirtschaftsböden**



Von den rund 11 000 Hektar bekannter anthropogen veränderter und qualitativ minderwertiger Böden haben 3100 Hektar das Potenzial, zu Fruchtfolgeflächen (FFF) aufgewertet zu werden. *Quelle: Hinweiskarte anthropogene Böden unter www.maps.zh.ch*

**Leitlinien für haushälterische Bodennutzung**

- Möglichst wenig Fläche bebauen (kompakt bauen, Flächen-Recycling, innere Verdichtung)
- Baueingriffe auf bereits geschädigte Böden lenken (schlecht rekultivierte, mechanisch oder stofflich belastete Flächen)
- Verluste an Fruchtfolgeflächen gleichwertig kompensieren
- Bodenaushub zur Aufwertung geschädigter Böden verwerten
- Böden so nutzen, dass ihre Fruchtbarkeit erhalten bleibt
- Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit nach temporärer Beanspruchung
- Qualitativ hochwertige Böden rekultivieren – Fachleute beiziehen

tion zu verbessern – beispielsweise die Produktionsfunktion für landwirtschaftliche Erzeugnisse. Das Foto auf Seite 13 zeigt den bei landwirtschaftlichen Rekultivierungen üblichen Bodenaufbau. Die Abbildung links unten demonstriert den Anteil anthropogener Böden ausserhalb der Bauzonen.

### Vielfacher Nutzen – vielfältige Interessen

Bei Bodenrekultivierungen wird wertvolles Bodenmaterial, dessen Entstehung in unserer Region bis zu 10000 Jahre benötigte, in der Regel am Ort der Entnahme oder in dessen Nähe verwertet. Es wird landwirtschaftliches Produktionspotenzial geschaffen, Deponievolumen geschont und auf zahllose Lastwagenfahrten zu meist weiter entfernten Deponien verzichtet. Das ist agronomisch, ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll.

Neben den Interessen der Landwirtschaft müssen bei Bodenaufwertungen zudem besonders die Interessen von Landschafts-, Natur-, Gewässerschutz und der Archäologie berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden.

### Bodenrekultivierungen – keine neue Erfindung

Schon immer wurden temporär für den Materialabbau oder für Installationsflächen beanspruchte Böden beispielsweise bei Kiesgruben, Verkehrsträgern und Gebäuden nach der Fremdnutzung wieder für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung rekultiviert. So erfasste die Kartierung der Zürcher Böden in den Neunzigerjahren auch die Qualität der Böden früherer Rekultivierungen. Wie das Beispiel rechts (Foto und Karte) zeigt, wurden Böden auch damals teilweise hochwertig rekultiviert, so dass zahlreiche alte Bodenrekultivierungen heute die Anforderungen an Fruchtfolgeflächen erfüllen.

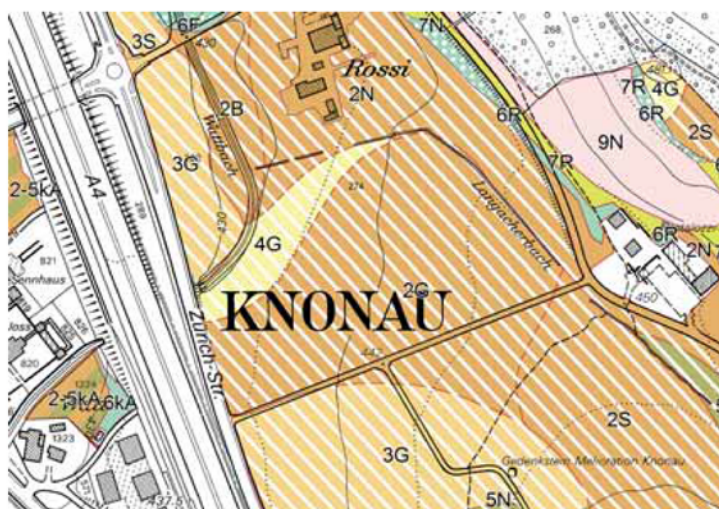
Daneben gab es jedoch viele nicht fachgerecht ausgeführte, qualitativ ungenügende Bodenrekultivierungen. Ursachen waren fehlendes Fachwissen, zu geringe Mächtigkeit der aufgetragenen Bodenschicht, schädigende Bauweise, ungenügende Entwässerung sowie die Verwendung von ungeeignetem Aushubmaterial, das auf diese Weise billig entsorgt werden konnte. Massnahmen zur Verringerung der Baumängel waren notwendig und wurden ergriffen. Denn bei Bodenrekultivierungen heilt die Zeit die Wunden meist nicht.

### Fachkompetenz und Sorgfalt führen zum Erfolg

Die kantonale Fachstelle Bodenschutz (FaBo) hat aus den Fehlern der Vergangenheit gelernt und trägt mit Fachanleitungen, Vollzugshilfsmitteln, verbindlichen Vorgaben in den Baubewilligungen und Qualitätskontrollen dazu bei, dass Bodenrekultivierungen in der Praxis vermehrt als Fachbauwerke verstanden und gelebt werden (weiterführende Informationen zu Bodenrekultivierungen siehe blauer Zusatztext auf Seite 16).

Erfolgreiche Bodenrekultivierungen erfordern eine sorgfältige Planung sämtlicher Arbeitsschritte, korrekte Bauausführung und schonende Folgebewirtschaftung zur Stabilisierung der losen Struktur frisch geschütteter Böden. Dies ist nur möglich, wenn alle am Bauvorhaben

Beteiligten mit Sachverständnis, Sorgfalt und Geduld arbeiten. Der Beizug von Fachbauleitern (Bodenkundliche Baubegleiter, BBB), bei bodenrelevanten Bauvorhaben über 5000 Quadratmetern Fläche Pflicht, hat sich dabei bewährt. Ihr Einsatz lohnt sich: Materialmanagement, Maschinenpark und Arbeitsabläufe können optimiert, gesteckte Rekultivierungsziele erreicht und Schäden, die nur mit sehr grossem Aufwand korrigierbar sind, vermieden werden.



Fruchtfolgeflächen auf alten Bodenrekultivierungen: Oben Luftbild swisstopo 1971: Autobahnbau. Unten Bodenkartierung 1996: schraffierte landwirtschaftliche Nutzungseignungsklassen (NEK) 1-5 sind Fruchtfolgeflächen, gepunktete NEK 6 bedingt geeignete Fruchtfolgeflächen.  
Quellen: swisstopo (BA150216) sowie [www.maps.zh.ch](http://www.maps.zh.ch)

## Informationen zu Bodenrekultivierungen

### Fachstelle Bodenschutz

([www.boden.zh.ch/br](http://www.boden.zh.ch/br))

- Richtlinien für Bodenrekultivierungen
- Merkblatt Ressource Boden und Sachplan Fruchtfolgeflächen – Umsetzung in den Gemeinden
- Merkblatt Bodenprojekte
- Formulare und Anleitungen

### Karten im kantonalen GIS-Browser

([www.maps.zh.ch](http://www.maps.zh.ch))

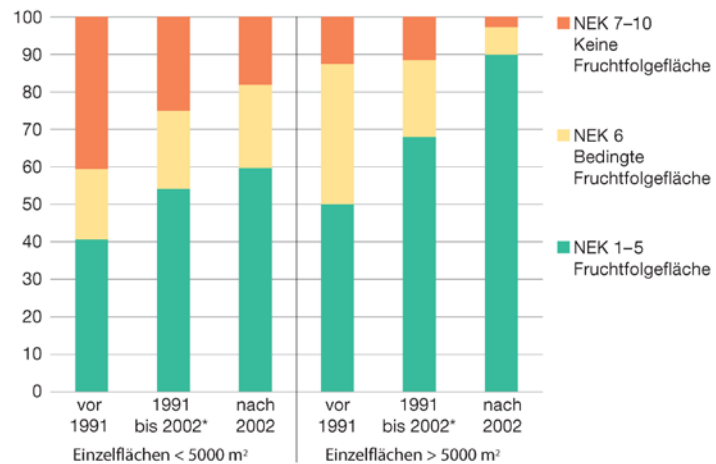
- Landwirtschaftsböden
- Fruchtfolgeflächen
- anthropogene Böden
- landwirtschaftliche Nutzungseignung
- Prüfperimeter für Bodenverschiebungen

### Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz

([www.soil.ch/bbb-liste](http://www.soil.ch/bbb-liste))

- Liste Bodenkundlicher Baubegleiter

## Qualität landwirtschaftlicher Bodenrekultivierungen im Kanton Zürich in Prozent der rekultivierten Fläche



Die Qualität der rekultivierten Flächen hat zugenommen. Dies gilt besonders für grössere Flächen über 5000 m<sup>2</sup>. Fruchtfolgeflächen haben die landwirtschaftlichen Nutzungseignungsklassen (NEK) 1-5, bedingte Fruchtfolgeflächen die NEK 6. (\*Die heutigen kantonalen Richtlinien für Bodenrekultivierungen gelten seit 2003, ihr Vorläufer datiert auf 1991.)

Quelle: Fabo

### Vorgaben und Abnahmen fördern Qualität

Die Fachstelle Bodenschutz macht bei Bauvorhaben ausserhalb der Bauzonen mit Bodeneingriffen auf mehr als 500 Quadratmetern Fläche qualitative Vorgaben für Bodenrekultivierungen. Anlässlich der Abnahmen rekultivierter Böden ermittelt sie deren Qualität, verlangt bei Abweichungen von den Bauvorgaben Sanierungsmassnahmen und führt die Karten zum Zürcher Boden nach.

Bei bewilligten Bauprojekten ausserhalb der Bauzonen beurteilt die Fachstelle seit 2010 im Baubewilligungsverfahren jährlich auf etwa 80 Hektaren den Umgang mit Boden. Auf etwas mehr als der Hälfte der Fläche handelt es sich um Bodenrekultivierungen für die Wiederherstellung oder Aufwertung von Landwirtschaftsböden.

Die Grafik oben zeigt die Qualität der ausgeführten landwirtschaftlichen Bodenrekultivierungen. Sie hat sich in den letzten 25 Jahren kontinuierlich verbessert. Grössere Projekte führen dank fundierter Planung und Einbezug von Bodenkundlichen Baubegleitern heute meist zu guten Resultaten. Bei kleineren Vorhaben sind die oben aufgeführten Mängel aus früherer Zeit bei der Rekultivierung produktiver Landwirtschaftsböden noch nicht genügend ausgeräumt. Es besteht Verbesserungspotenzial, welches mit mehr Sachkenntnis, Einsicht und Engagement zugunsten der Landwirtschaft genutzt werden kann.

### Einige ältere Bodenrekultivierungen noch nachbessern

Um Wissenslücken zu schliessen und frühere Projekte an die aktuellen Vollzugsabläufe anzupassen sowie zur Nachführung der Karten zum Zürcher Boden liess die Fachstelle Bodenschutz 2013 bis 2014 die Qualität von rund 360 älteren Bodenrekultivierungen erheben. Je nach Resultat und individueller Rechtslage besteht noch Handlungsbedarf.

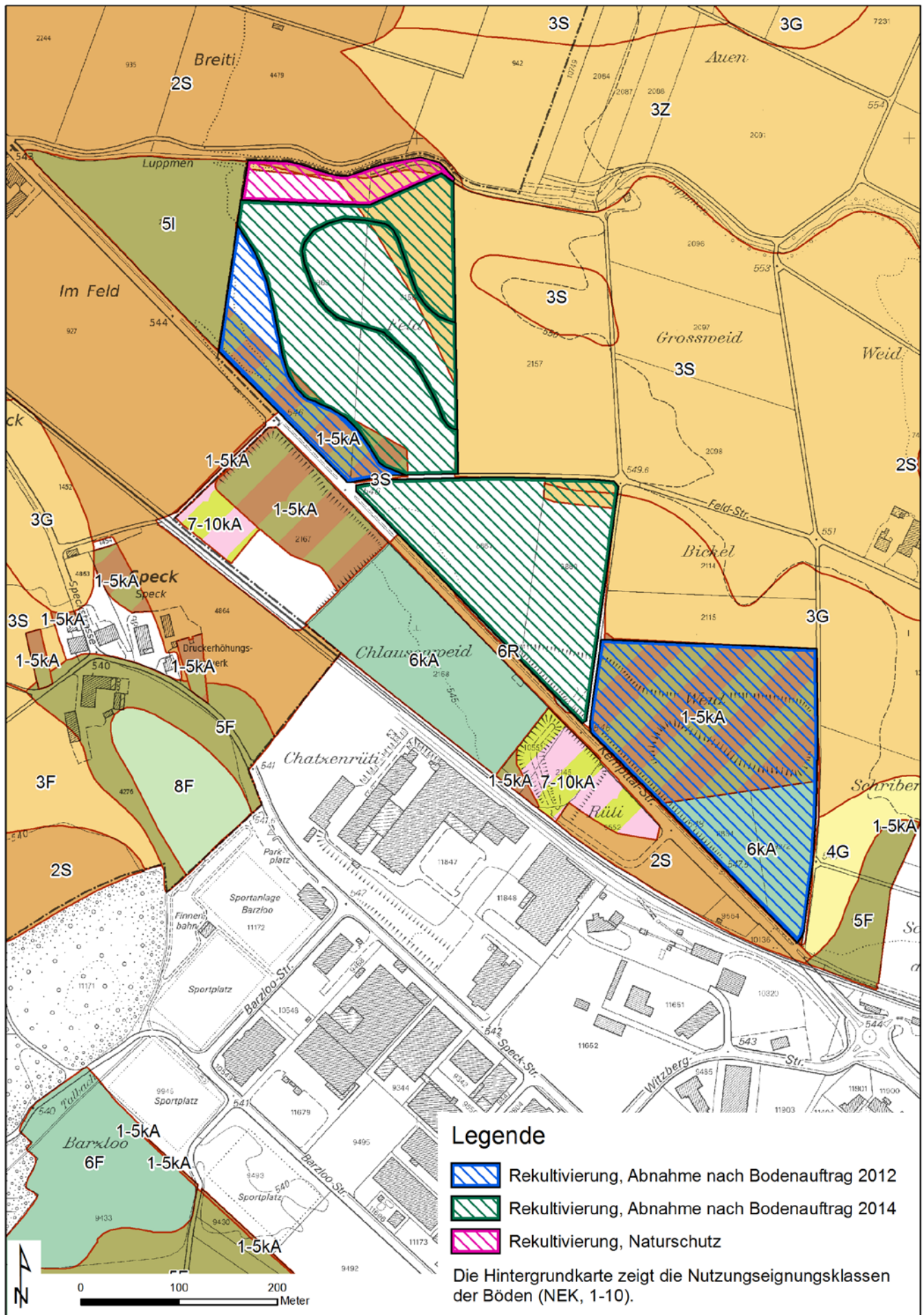
Voraussichtlich bei rund 50 Fällen sind zumindest auf Teilflächen Sanierungsmassnahmen angezeigt. Ende 2015 werden alle betroffenen Bauherrschaften, Grundeigentümer und -eigentümerinnen über die Resultate der Erhebung auf ihrer Fläche informiert. Die Umsetzung allfälliger Massnahmen ist für die Folgejahre vorgesehen.



2015  
Internationales  
Jahr des Bodens

[www.boden2015.ch](http://www.boden2015.ch)

### 1.4 Pfäffikon: Rekultivierung nach Kiesabbau

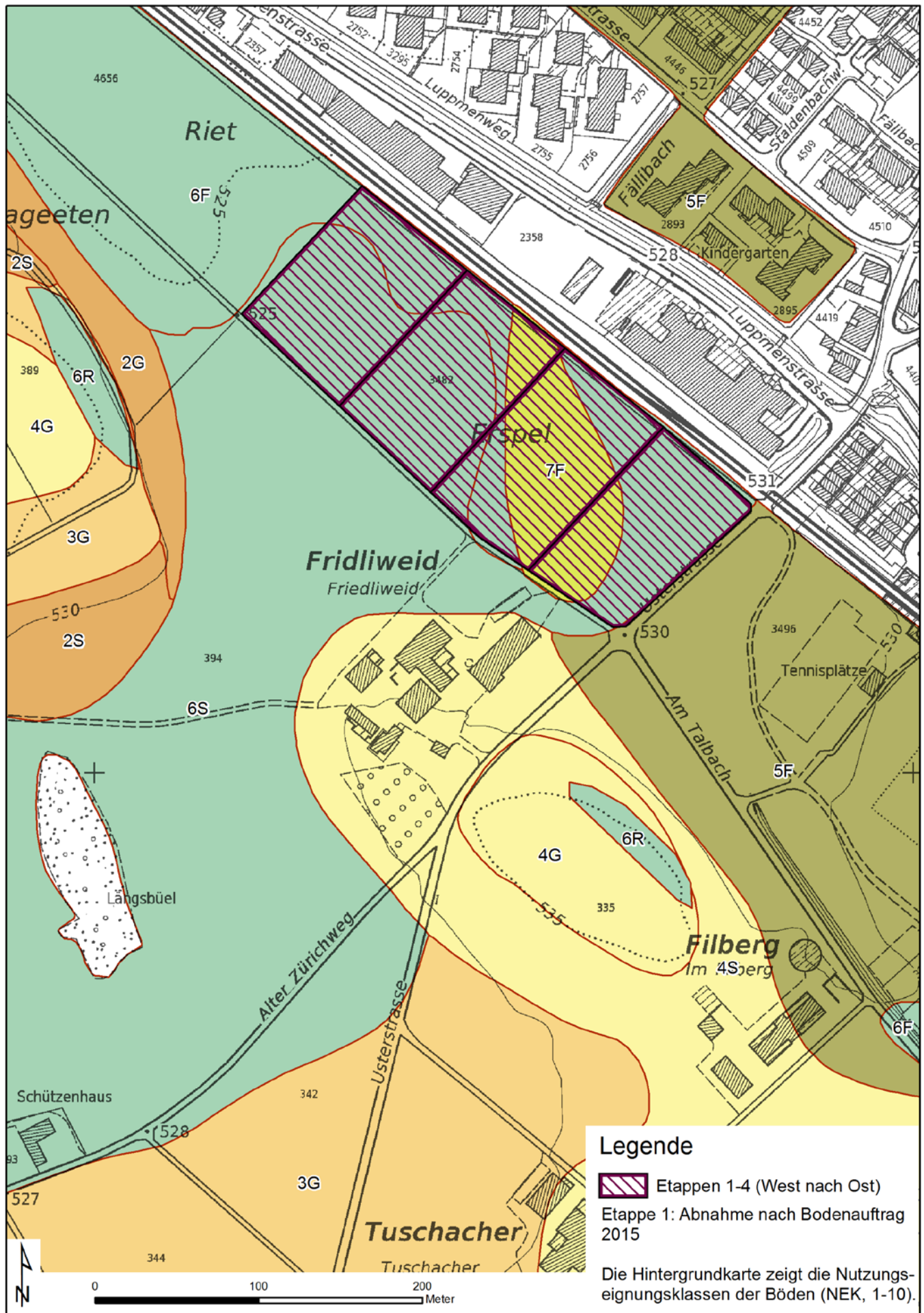


BGS BOÖFUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ  
 SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE  
 SOCIETÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA  
 SOCI. SCIE. SOC. SOCIETY OF SOIL ZERHLAND

Situation		Topographie / Geologie		Titeldaten										
		SW NR 		Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profil-art	Pedologe		Datum		Profil-bezeichnung			
				1	2	3	4	5	6	7				
				6.2	BGS 16	P	Zur ANN 18	8	2.01.16	Pfä	Unh			
				8 Polit.Gem. Pfäffikon		9 Kanton		10						
				Ort Flurname Feld		11								
12 Blatt-Nr. 1:25'000		Koordinaten		13	700	416	246	198	14					
Kartierungs-code		15												
Bemerkungen		Bodenbezeichnung												
Auffüllung alkalisch, karbonatarm, verdichtet, schw. pseudogley steinhalbig / kassien Lehm / toniger Lehm normal durchlässig $35 + 0.10 = 30 / 40 + 0.6 = 24 / 35 + 0.25 = 16 / 6 = 52 / \text{mtg}$ eben		Bodentyp		16	X	17								
		Untertyp		E0, KH, L2, I1		18								
		Skelettgehalt		19	3	6	20							
		Feinerdeklärung		21	6	7	22							
		Wasserhaushaltsgruppe /		C		23								
		Pflanzennutzbare Gründigkeit		52 cm	3	24								
Neigung		25	3 %	Geländeform		a	26							
Profilskizze														
27	28	29/30	31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizont		Profilskizze		Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen
Nr.	Tiefe	Bezeichnung												
	0													
1	10	yAh <sub>1</sub>												
	35													
2	40	yBC(g) <sub>1</sub>	Sp3 Po5 K10											
	60													
	75													
3	80	yBC(g) <sub>2</sub>	Ko Po5											
	90													
	110													
	120													
	140	Cg	Ko											
	160													
Profiltiefe		57												
Standort							Bewertung / Eignung							
Höhe ü. M.	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangs-material	Landsch. element	Nutzungs-gebiet	Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-klasse				
58	59	60	61	62/63	64	65	73	74	75	76				
			KW	X: Mo4	EE	O				3				
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen														
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		empfohlene		Düngereinsatz fest / flüssig				
66	67	68	69	70	71	72								
A	S													
Wald														
Humus-form	Bestand	Baumhöhe, m gem. / gesch.		Vorrat, m <sup>3</sup> /ha gem. / gesch.		Alter, J gem. / gesch.		Gesell-schaft	Geeignete Baumarten		Prod.-fähigkeit Stufe / Punkte			
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111			
	a	b												

Agrascopie FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich, © 2005

### 1.5 Fehraltdorf: Bodenaufwertung & FFF Kompensation in Ausführung



BODENWISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ  
 SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE  
 SOCIÉTÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA  
 SOIL SCIENCE SOCIETY OF SWITZERLAND

Situation		Topographie / Geologie				Titeldaten									
						Datenschlüssel	Projekt-Nr.	Profil-art	Pedologie	Datum		Profil-bezeichnung			
						1	2	3	4	5	6	7			
						6.2	865 16	X	GOM, 26, 27	26	8	2.16	Fe	Z	
8		9				10				11					
Polit. Gem.		Kanton				Ort				Flurname					
		TEHRALTORF				Fispel									
12		Blatt-Nr.		Koordinaten		13	14	15	16	17	18				
1.25'000						698	805	249	126						
19		Kartierungs-code				15									
Bemerkungen		Bodenbezeichnung													
X? nach Station Zwischenstandort		Fähigkeits				Bodentyp	16	G (X)		17					
		antropogen, stark grundwass, sehr stark feucht, alkalisch				Untertyp	PM, R3, G5, E0								
		Ableitung				Skelettgehalt		19	0	0	20				
		tanger Lehm / Lehm				Feinerdekorung		21	7	6	22				
		häufig bis zur Oberfläche (Korngröße) +				Wasserhaushaltsgruppe I					w				
		14+7+2+1 → flachgründig				Pflanzennutzbare Gründigkeit		24 cm	5		24				
25		Neigung		25	0 %	Geländeform		d							
26		kontra ✓													
Profilskizze															
27	28	29/30	31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56	
Horizont			Profilskizze		Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen
Nr.	Tiefe	Bezeichnung													
	0														
	10	1A <sub>h</sub> 1			Gp3, P, 5	4.5	29	38	33	2	0	2	7.0	10YR 3/2	wf 4
	20	1A <sub>b</sub> 2			Gp3, P, 4	4.2	30.5	37	31.8			2.4	7.0	10YR 4/6	wf 4
	29	(B)K 5b			Ko	2.5	32	40	28	2	0	2	7.0	10YR 4/6	wf 2
	39	(B)C 5d			Ko	0.3	32	35	67	2	0	1	6.8	2.5Y 6/6	wf 2
	50				Ko										wf 1
Profiltiefe															
57															
50															
Standort						Bewertung / Eignung									
Höhe ü. M. m	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landsch. element	Nutzungs- gebiet	Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-klasse					
58	59	60	61	62/63	64	65	73	74	75	76					
			KW	AL/Mo4	T11	0				7					
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen															
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung			Meliorationen		Düngereinsatz						
							festgestellte		empfohlene						
66		67		68			69		70						
1		F		W					71						
									72						
Wald															
Humus-form	Bestand	Baumhöhe, m		Vorrat, m <sup>3</sup> /ha		Alter, J		Gesell-schaft	Geeignete Baumarten		Prod.-fähigkeit				
		gem.	gesch.	gem.	gesch.	gem.	gesch.			Stufe	Punkte				
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109		110	111			
	a	b													

Agrascope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich, © 2005

BGS BODENKUNDE, CHE. GES. SCHAFT DER SCHWEIZ  
 SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE  
 SOCIETÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA  
 SO. SOCIETÀ SOC. IT. DI SWITZERLAND

Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich, © 2005

Situation		Topographie / Geologie		Titeldaten																							
				Datenschlüssel	Projekt-Nr.	Profil-art	Pedologe	Datum			Profil-bezeichnung																
				1	2	3	4	5			6	7															
				6.2	B53 16	P	GUM 26/16	15	8	2.16	Fe	1															
				8 Polit. Gem. <b>FENRALTORF</b>						9 Gem. Nr.		10															
				Ort <b>Felsen</b>						11																	
				12 Blatt-Nr. 1:25'000		Koordinaten		13	688	688	249	281	14														
				Kartierungs-code								15															
Bemerkungen		Bodenbezeichnung																									
<p>* Rostfaden deutlich, deshalb in Bestimmung ABE 8: nicht verwendet</p> <p>hoch nicht konsolidiert</p> <p>PNG nicht verwendet</p> <p>Wärschätzung: Setzung</p> <p>Robustheit stark</p>		Auffüllung				Bodentyp		16	X			17															
		Karbonatreicher, alialisch, schwach pseudogleyig				Untertyp		18, 50, 70				18															
		starkhaltig / stark denhaltig				Skelettgehalt				19	3	5	20														
		toniger Lehm / Lehm				Feinerdekörnig				21	7	6	22														
		normal dekarbonatig				Wasserhaushaltsgruppe /						23															
		46 + 14 + 72 = 72 -> tiefgründig				Pflanzennutzbare Gründigkeit		72cm				24															
Kener				Neigung		25	2.3 %	Geländeform		g		26															
Profilskizze																											
27		28		29/30		31/32		33/34		35/36		37/38		39/40		41 (43)		42		44/45		46/47		48 - 55		56	
Horizont		Profilskizze		Gefüge		organ. Sub. %		Ton %		Schluff %		Sand %		Kies (0.2-5) Vol. %		Steine (>5cm) Vol. %		Kalk CaCO <sub>3</sub> %		pH CaCl <sub>2</sub>		Farbe (Munsell)		Proben Bemerkungen			
Nr.	Tiefe	Bezeichnung																									
	0																										
1	10	yA4		Bz 234		3.5		25		36		35		6		6		4		7.4		1.5/2 3/3		4/3			
	20					1.4		31.4		38.4		33.2						8.8		7.7		7.5/2 4/4		2.5/3/3			
2	53	yB (S)		24.4		0.7		25		38		37		12		12		4		7.4		1.5/2 4/6		4/1			
	70			24.6		0.6		21.2		38		40.8						5.1		7.6							
3	75	yBC (S)		24.6		0.7		25		38				12		12		4		7.4		5/4		4/1			
	100			24.6		0		18		42		25		24				5		7.4		2.5/2 6/3		4/0			
Profiltiefe																											
57																											
100																											
Standort													Bewertung / Eignung														
Höhe ü. M.		Exposition		Klima-eignungszone		Vegetation aktuell		Ausgangs-material		Landsch. element		Nutzungs- gebiet		Stufe		Boden-punktzahl		Eignung		Eignungs- klasse							
58		58		60		61		62/63		64		65		73		74		75		76							
						KW		X: 1704		1.2		1								3							
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen																											
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		Meliorationen empfohlene		Düngereinsatz fest		Düngereinsatz flüssig															
66		67		68		69		70		71		72															
A		A		B																							
Wald																											
Humus-form		Bestand		Baumhöhe, m gem. gesch.		Vorrat, m <sup>3</sup> /ha gem. gesch.		Alter, J gem. gesch.		Gesell- schaft		Geeignete Baumarten		Prod.-fähigkeit Stufe		Punkte											
100		101		102		103		104		105		106		107		108		109		110		111					
a		b																									



## 2 Waldbodenkartierung

Exkursionsunterlagen für den Teil Waldbodenkartierung vom 27.8.16, zusammengestellt von Ubald Gasser, mit Beiträgen von Franz Borer, Markus Günter, Peter Lüscher und Martin Zürrer

### 2.1 Einleitung

#### 2.1.1 Ausgangssituation

Fast ein Drittel der Zürcher Kantonsfläche oder rund 50'000 Hektar sind mit Wald bestockt. Davon sind mutmasslich rund 13'000 Hektar von der starken Versauerung der Böden betroffen. Der heutige Säureeintrag aus der Atmosphäre beschleunigt die natürliche Versauerung der Waldböden gebietsweise erheblich. Ursachen sind vor allem Ammoniak- Emissionen aus der Landwirtschaft und Stickoxid-Emissionen aus dem Verkehr. In den betroffenen Wäldern sind pH-Werte (Bodensäuregrad) unter 4.0 in den obersten 100 Zentimeter Boden nicht selten.

#### 2.1.2 Wozu Bodenkarten

Beispiele:

- Geographische Ausdehnung der Böden und ihrer Eigenschaften
- Grundlage für die waldbauliche Planung
- Planung von Massnahmen im Bodenschutz, z.B. Verdichtungsgefährdung, oder Bodenversauerung
- Schutz des Grundwassers
- Hochwasserschutz
- Prognosen von Erosion, Verdichtungsgefährdung, Hangrutschungen, Murgang
- Schätzungen des Handelswerts

Ziel ist das Handeln auf Basis guter Informationen. Eine Karte der Wälder mit stark sauren Böden ist Grundlage für die Umsetzung von standortbezogenen Massnahmen gegen die Versauerung. Die aktuelle bodenkundliche Kartierung von rund 5'000 Hektar Wald, verteilt auf ca. 20 Lose, beruht auf einem Regierungsratsbeschluss (RRB 622/2013). Sie ist aufwändig, stellt aber langfristig umfassende Bodendaten für verschiedenste Anwendungen zur Verfügung.

### 3. Warum wird auf die Versauerung fokussiert

Die Bodenversauerung ist spätestens mit der Waldsterbensdebatte zwischen 1975 und 1985 in den Fokus der Boden- und Waldfachleute geraten. Ein klarer Nachweis der fortgeschrittenen Bodenversauerung im Kanton Zürich wurde bereits um 1985 anlässlich einer Kartierung für eine Güterzusammenlegung in Boppelsen und Otelfingen erbracht. Damals begann auch im Kanton Zürich das Monitoring von ausgewählten Waldflächen durch das Institut für angewandte Pflanzenbiologie. Im Rahmen der kantonalen Bodenüberwachung konnte die fortgeschrittene Versauerung von Waldböden mehrfach bestätigt werden. Zur Planung von Massnahmen müssen die betroffenen Gebiete bekannt sein, müssen also kartiert werden. Eine bodenkundliche Kartierung unter Berücksichtigung der Versauerung bietet sich an. Der Quellenstopp ist ausserdem wesentlich (Ressourcenprojekt Ammoniak im Kanton Zürich).

Die Versauerung des Bodens hat einen natürlichen und einen anthropogenen Anteil. Ein grosser Teil des Säureeintrags kommt durch die Luft. Natürliches Regenwasser hat ein pH um 5.5. Saurer Regen kann ein pH von 3.5 haben, saurer Nebel sogar pH 2.5. Saurer Regen transportiert deshalb bis zu 100 mehr Säure als natürliches Regenwasser. Da die Wasserbilanz im Gebiet positiv ist können durch den erhöhten Säureeintrag vermehrt Nährstoffe und Schadstoffe aus dem Boden ausgewaschen werden. Die Böden verarmen an Nährstoffen und die Bodenfruchtbarkeit ist langfristig nicht mehr gewährleistet.

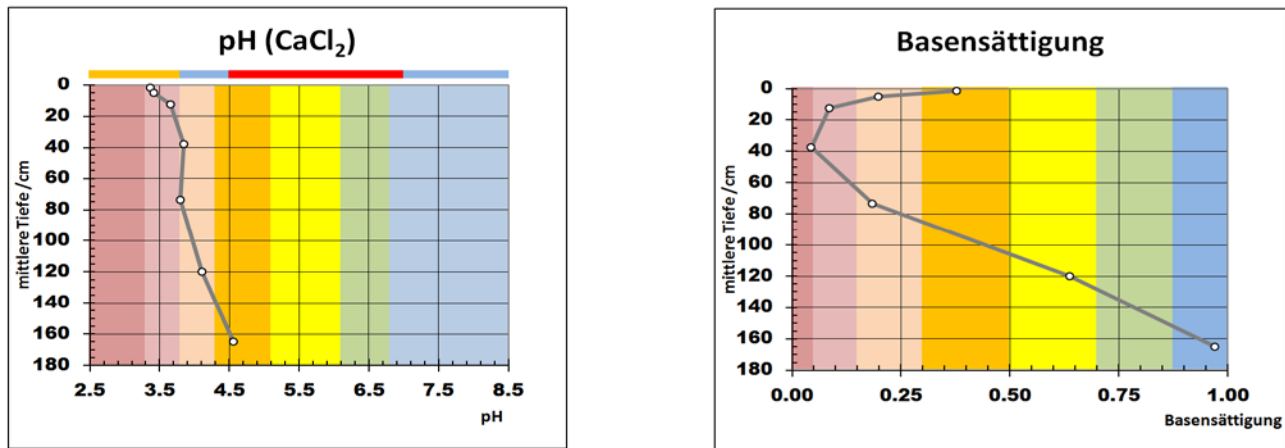
### 2.1.3 Indikatoren der Bodenversauerung

Bekannte Versauerungsindikatoren sind:

- pH
- Basensättigung
- BC/Al-Verhältnis
- Kationenaustauschkapazität KAK: Verhältnis von effektiver zu potentieller KAK
- Versauerungsfront
- Mineralogische Zusammensetzung (Quarz dominierte Sandfraktion, bodenbürtiger Chlorit)
- Kalkgrenze
- Humuskörper
- Bodenfarbe

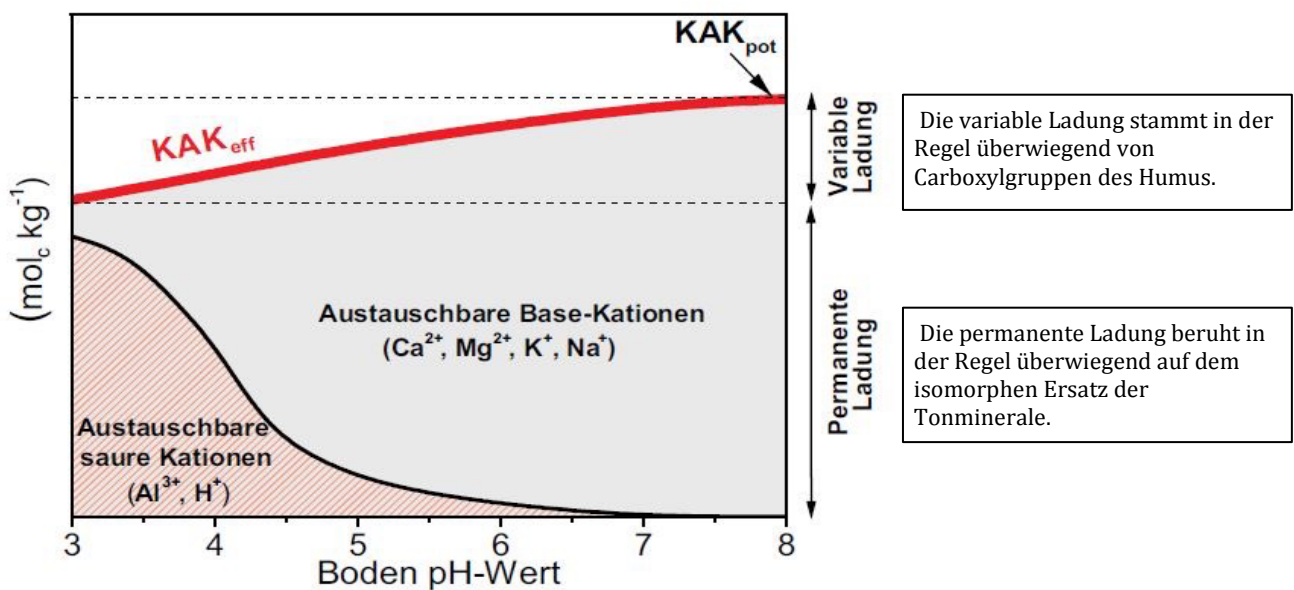
In einem stark versauerten Boden zeigen sich die Indikatoren pH und Basensättigung z. B. wie folgt (Abb. 1):

Abb. 1: pH und Basensättigung in Profil 1891 (Bachs ZH)



Zur Erinnerung ist die Beziehung zwischen pH und der Basensättigung dargestellt (Abb. 2):

Abb. 2: pH und Basensättigung (schematisch)



Quelle: Scheffer und Schachtschabel (2002), verändert, vgl. auch Abb. 8.

## 2. Abwicklung der Bodenkartierung

Die Kartierung verläuft in vier zeitlichen Phasen. In der ersten Phase werden die Grundlagen, z.B. die geologische Karte und die Vegetationskarte, gesichtet. Nach der Erkundung des Geländes werden alle wichtigen Informationen zu einer Boden-Konzeptkarte zusammengestellt. Sie dient der Ausscheidung von Gebieten vergleichbarer Böden (Bodentypen/Lokalformen) und umfasst die geplante Lage der Profilgruben, deren Bodenprofile die wesentlichen Böden des Gebietes repräsentieren. In der zweiten Phase werden die Bodenprofile beschrieben. Die wichtigsten Informationen zum Profil und seinen Schichten werden im Profilblatt festgehalten. Während der eigentlichen Kartierung (Phase 3) wird im Gelände die geographische Ausdehnung der Bodenlokalformen bestimmt und die Lage der Grenzen zwischen benachbarten Bodeneinheiten im Feld bestätigt. In der vierten Phase geht es um die Umsetzung der Erkenntnisse der Waldbodenkarte in die Praxis, oft unter Einsatz «abgeleiteter» Karten. Solche Karten können für vielfältige Zwecke verwendet werden: Grundwasser- und Hochwasserschutz, Planung von Massnahmen des Bodenschutzes bei Bodenbelastungen (zum Beispiel Bodenversauerung), Prognosen von Erosion usw. Die Bodenkarte stellt auch Grundlagen für die Planung einer nachhaltigen Waldnutzung bereit.

Die bisherigen Ergebnisse der Kartierung bestätigen die vermutete fortgeschrittene Waldbodenversauerung für viele der bearbeiteten Flächen. Viele Böden zeigen dabei Hinweise auf Aluminiumtoxizität. Solche Gebiete verdienen waldbaulich eine besondere Beachtung hinsichtlich Baumartenwahl. Die Bodenkarte kann in stark versauerten Gebieten die ökologische Situation detaillierter beschreiben als die Vegetationskarte, was für die Bewirtschaftungsplanung von Vorteil ist. Abgeleitete Karten erleichtern die Interpretation der Bodenkarte. Die Fachstelle Bodenschutz erarbeitet zusammen mit der Abteilung Wald solche Karten für die forstliche Praxis. Der Abschluss der eigentlichen Kartierungsarbeiten ist für das Jahr 2019 geplant.

### 2.2 Physische Grundlagen zum Hardwald

Der Hardwald ist aufgeteilt auf Flächen der politischen Gemeinden Bassersdorf, Dietlikon, Kloten, Opfikon und Wallisellen. In diesen Gemeinden leben heute rund 72'000 Personen, etwa doppelt so viele wie vor 50 Jahren. Der Wald weist eine Fläche von rund 450 Hektar auf und wird rege zur Erholung benutzt. Das Gebiet ist bereits auf der Wildkarte von ca. 1850 als Wald dargestellt und zwischen rund 450 und 500 müM gelegen (submontane Stufe). Das Gelände ist mit Neigungen <10% oft eben oder leicht moduliert. Neigungen >20% sind selten. Das Muttergestein besteht aus Sedimenten, - vor allem Moränen, aber auch Schottern-, der letzten Gletschervorstösse („Würmeiszeit“). Als besondere Strukturen sind Drumlins und Toteislöcher vorhanden. Es gibt keine Felsaufstösse. Die Böden weisen somit ein maximales Alter von rund 15'000 Jahren auf. Die Vegetation ist dominiert von Buchenwäldern (Ellenberg und Klötzli 7a, 7d und 7\*). Kleinflächig kommen auch einige andere Gesellschaften vor (z. B. 29 und 46). Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8.5°C und der mittlere Niederschlag ca. 1000 mm. Die Evapotranspiration beträgt 500 bis 600 mm pro Jahr, was eine Wasserbilanz rund 400 bis 500 mm pro Jahr ergibt. Im Mittel gibt es 22 Eistage und 106 Frosttage. An rund 44 Tagen fallen rund 66 cm Schnee. Vegetationsdauer beträgt 220 -250 Tage. Der Hardwald ist im Besitz von Gemeinden, Korporationen und Privaten.

Im Gebiet werden rund 300 ha bodenkundlich kartiert.

### 2.3 Zum Hardwald

([www.forsthu.ch](http://www.forsthu.ch))

Das Forstrevier Hardwald Umgebung (FRHU) setzt sich aus den Gemeinden Bassersdorf, Dietlikon, Opfikon, Nürensdorf und Wallisellen zusammen. Der Wald der Gemeinde Kloten gehört zu einem weiteren Forstrevier. Im Naturwald herrscht die Waldgesellschaft des Waldmeister-Buchenwaldes vor. In den Gemeinden des FRHU gibt es Hinweise auf eine mindestens 200 jährige Tradition des Fichtenanbaus (Nadelhochwald) auf einem wesentlichen Teil der Waldfläche (Bader 2014 auf der Basis von Originaldokumenten von 1823). Daneben war Mittelwald und teilweise Laubhochwald bedeutsam.

Die häufigsten Baumarten (Vorrat; FRHU) gemäss Betriebsplan im Gemeindewald sind:

31%	Fichte	5%	Eiche
17%	Buche	4%	Ahorn
16%	Esche	5%	übriges Laubholz
11%	Föhre	2%	Nadelholz
9%	Tanne		

An verschiedenen Orten im Hardwald wurde in den letzten Jahren, im Hinblick auf den Klimawandel, erfolgreich die Edelkastanie angepflanzt, teilweise aus eigener Nachzucht.

Im Herbst 2014 entstanden durch orkanartige Böen Sturmschäden. Kurz danach verursachte eine Schneefall von 40 cm Schneelastholz. Die Trockenheit in der zweiten Jahreshälfte 2015 hat vor allem den Fichten stark zugesetzt. Diese sind oft von Käfern (Buchdrucker, Kupferstecher und Tannenborkenkäfer) befallen oder der Spitztrieb stirbt ab.

Der Hardwald wird im Bereich FRHU von acht Personen bewirtschaftet, welche FSC-zertifiziertes Holz bereitstellen. Letzteres gilt auch für die Wälder der Stadt Kloten. Es besteht ein Naturlehrpfad in Dietlikon.

(siehe auch Präsentation von Urs Brunner)

## 5. Anmerkungen zur Organisation und zum Vorgehen der aktuellen Kartierung

(Beitrag von Martin Zürrer)

### Organisation

Die Projektorganisation lehnt sich stark an die bewährten Strukturen, die im Zuge der BOKA Solothurn entwickelt wurden an. Auf der operativen Ebene gibt es folgende Funktionen:

- > Projektleiter
- > Teilprojektleiter Kartierung
- > Teilprojektleiter Qualitätssicherung
- > Labor (zwei externe Labors und dasjenige der FaBo sind beteiligt)

Neben dem Handbuch der BOKASO dienen folgende Elemente der Standardisierung und Prozesssteuerung:

- > Technische Merkblätter
- > Eichtage
- > Produktdefinitionen – mit formalisiertem Abschluss

### Kartierungsweise:

Der thematische Fokus auf die Bodenversauerung bedingt einige Anpassungen in der Kartiermethodik:

- > Bohrtiefe bis 180 cm
- > Umfangreiche Analytik – nicht nur aus den Bodenprofilen sondern auch aus den Bohrungen
- > Erweiterter Datensatz (Parameterliste)
- > Erfassung der Dichte (Zylinder und Handpenetrometer)

Der Mehraufwand für die aus anderen Projekten nicht bekannten Zusatzleistungen erfordert (bei gleichbleibendem Budget) Einsparungen bei der Bohrnitzdichte und damit auch beim Abgrenzen der Polygone. Die Erfahrungen mit der GIS-gestützten Abgrenzung von Polygonen zeigen ein zu wenig konsistentes Bild. Da sind weitere Anstrengungen nötig – im Feld bzw. Wald.

## 2.4 Profilbesichtigungen

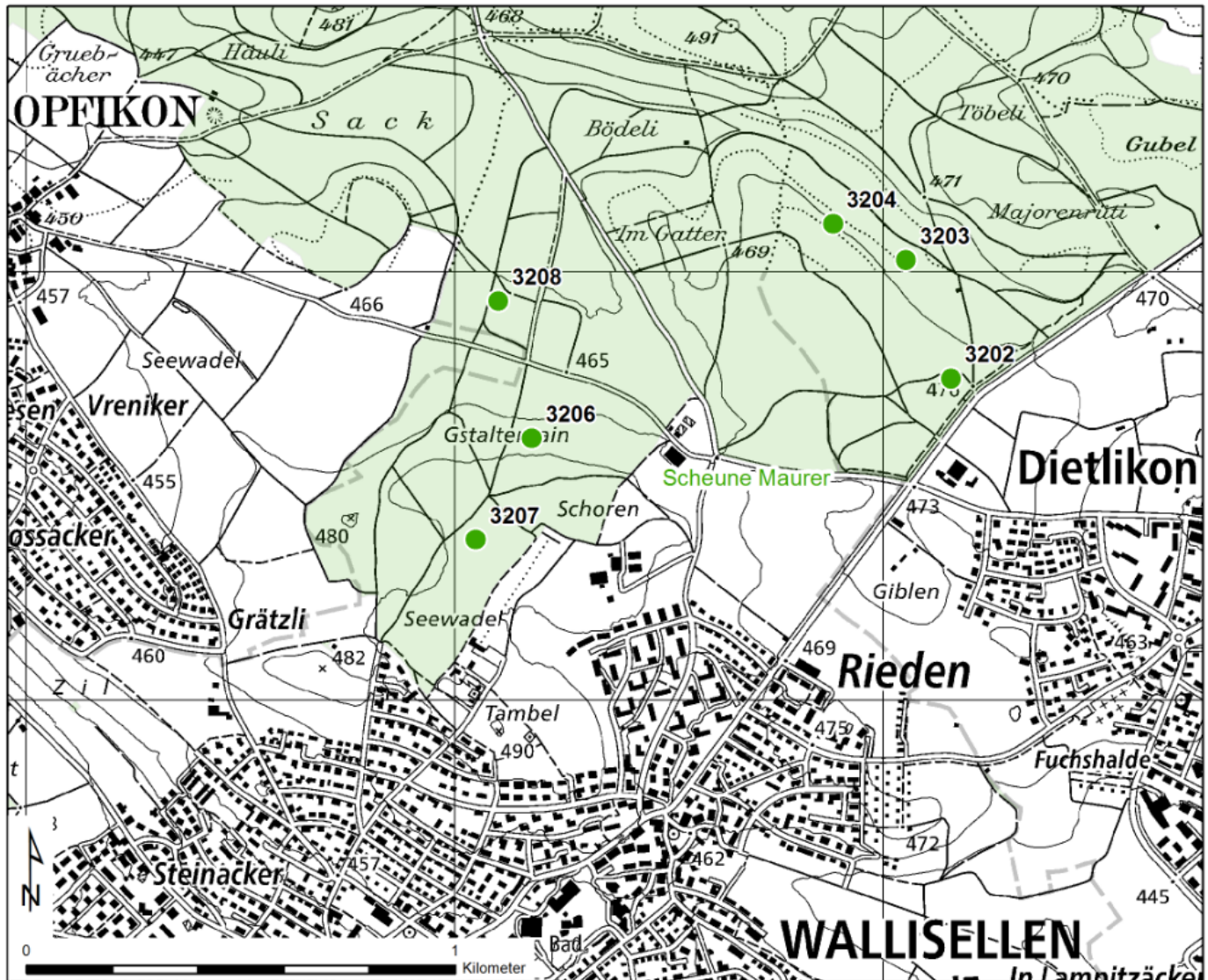
Anlässlich der Exkursion sind sechs Profile der Zürcher Waldbodenkartierung im Raum Hardwald geöffnet. Die Profile werden in zwei Gruppen besucht Tab. 1.

**Tab. 1: Organisation der Profilbesichtigung**

Gruppe	Profil ID	Vortragende Person
A: Ost	3202	Karin Baumgartner
A: Ost	3203	Marianne Knecht
A: Ost	3204	freie Besichtigung
B: West	3206	Markus Günter
B: West	3207	freie Besichtigung
B: West	3208	Moritz Graf

Von den Profilen 3202 bis 3208 (ohne 3205) liegen die Profilblätter vor (Tab. 2 bis Tab. 7; Version vom 16.08.16) sowie einige analytische Ergebnisse. Die Lage der vorgestellten Profile ist auch nachfolgendem Kartenausschnitt ersichtlich (Abb. 3).

Abb. 3: Geographische Situation der vorgestellten Profil



Quelle: Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich auf der Basis von <https://map.geo.admin.ch/> (©)

Kennwerte der Böden sind in Tab. 8 dargestellt und die Austauschereigenschaften in Tab. 9. Die Ergebnisse der Ammoniumacetat-EDTA-Extraktion (AAE) liegen in Tab. 10 vor und dienen der Schätzung der Austauschereigenschaften, geben aber auch Auskunft über die Nährstoffsituation der Standorte.

Tab. 2: Profilblatt 3202

Situation		Topographie / Geologie				Titeldaten									
						Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologie	Datum			Profilbezeichnung		
						1	2	3	4	5			6	7	
						6.1	1813	P*	CAR	16	12	2015	3202		
8		Polit.Gem. Kanton				Dietlikon			ZH	Gem. Nr.	54	10			
9		Ort				Herrenbänkli						11			
12		Blatt-Nr. 1:25'000		1091		Koordinaten		13	688	166	253	753	14		
		Kartierungscode				cTa						15			
Bemerkungen		Bodenbezeichnung													
Hauptwurzelraum: bis 67 cm Nebenwurzelraum: bis 150 cm		Parabraunerde				Bodentyp	16	T	1355			17			
<b>PnG-Berechnung</b> Hz. M Koeffizienten Skel Vern Gef Übr Meff		sauer, stark sauer, Kalkgrenze zwischen 61 und 90 cm OKT				Untertyp	E3, A3, KG3					18			
1	13	0.82				11	skeletthaltig über stark skeletthaltig				Skelettgehalt	Oberboden 19 - 2/4 - 2/4		20A	
2	19	0.84				16	sandiger Lehm über tonigem Lehm				Feinerdekorung	Oberboden 21 - 6/7 - 5/7		22A	
3	35	0.78				27	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig				Wasserhaushaltsgruppe		c	23	
4	18	0.73	0.2			3	mässig tiefgründig				Pflanzennutzbare Gründigkeit		57 cm	3	24
Kalkgrenze zwischen 80 cm (links) - 58 cm (rechts); Regenwurmmaktivität: Lu2: Analyse Sk, Hz.2 nicht repräsentativ		eben				Neigung [%]	25	2	%	Geländeform		a	26		
Profilskizze															
27	28	29/30		31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43) 42		44/45	46/47	48/55	56
Horizonte		Profilskizze		Gefüge	O.S.	Ton	Schluff	Sand	Kies 0.2-5cm	Steine > 5 cm	Kalk	Hell. / CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Probenbez. Zusätzl. Analyseresultate	
Nr.	Tiefe	Bezeichnung			[%]	[%]	[%]	[%]	[Vol. %]	[Vol. %]	Klasse				
-1	-2	OI		0											
1	13	EAh		10	Kr2 / Gr2	6.5	22	40	38	11	7	0	4	37976 (S) 38112 (Z); Ld:1.32 Wf3, Wg2, Lu1	
						3.86	17.3	29.3	53.4	14.2		4.73			
2	32	(E)AhB		20 30	Po3-4	1	22	40	38	11	5	0	4	37977 (S) 38113 (Z); Ld:1.87 Wf2, Wg1, Lu1	
						2.5	19.2	27.4	53.4	49.6		4.64			
3	67	ItBw		40 50 60 70	Po4	0.5	32	36	32	14	8	0	4	37978 (S) 38114 (Z); Ld:1.66 Wf2, Wg1, Lu0	
						1.28	32.4	22.7	44.9	27.9		5.53			
4	85	(B)C		80	Ko / Po5	0.1	18	45	37	18	9	4	7.2	10YR 6/4 Wf1, Wg0, Lu0	
5	150	C		100 120 140	Ko	0	23	40	37	18	9	5	7.5	10YR 6/4 Tongehalt heterogen Wf1, Wg0, Lu0	
Profiltiefe				160											
				180											
				57											
				150											
Standort						Bewertung / Eignung									
Höhe [m ü.M.]	Exposition	Klimaeignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landschafts-element	Nutzungsgebiet	Stufe	Boden-profilwert	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungsklasse				
58	59	60	61	62/63	64 65		73		74	75	76				
476	-		WA	MO4	PF	0									
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen															
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		empfohlene		Düngereinsatz fest		flüssig			
68		67		68		69		70		71		72			
Wald															
Humus-form	Bestand	Baumhöhe [m] gem.	Baumhöhe [m] gesch.	Vorrat, [m <sup>3</sup> /ha] gem.	Vorrat, [m <sup>3</sup> /ha] gesch.	Alter, [J] gem.	Alter, [J] gesch.	Gesellschaft	Geeignete Baumarten		Produktionsfähigkeit Stufe	Produktionsfähigkeit Punkte			
Mt	221	1	25	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	
													76		

Tab. 3: Profilblatt 3203

Situation		Topographie / Geologie				Titeldaten													
						Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologie	Datum			Profilbezeichnung						
						1	2	3	4	5			6	7					
						6.1	1813	P*	CAR	16	12	2015	3203						
8		9				10			11		12		13		14		15		
Polit. Gem. Kanton		Dietlikon				ZH			Gem. Nr.		54								
Ort		Majorenrüti																	
Blatt-Nr.		1071				Koordinaten			13	688	048	254	028						
Kartierungscode		aEa																	
Bemerkungen		Bodenbezeichnung																	
Hauptwurzelraum: bis 65 cm Nebenwurzelraum: bis 180 cm		Saure Braunerde				Bodentyp		16	E		1351				17				
<b>PhG-Berechnung</b> Hz. M Koeffizienten Skel Vern Gef Ubr Meff		stark sauer, verdichtet, Kalkgrenze > 180 cm OKT, stark sauer, tonhügelig				Untertyp		E4, L2, KG7, A3, ZT						18					
1	4	0.91				4	schwach skeletthaltig über skeletthaltig				Skelettgehalt		Oberboden		19	1	1	20	
2	58	0.84				49	sandiger Lehm				Feinerdekorngung		Oberboden		21	6	5	22	
3	20	0.75				15	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig				Wasserhaushaltsgruppe						a		
4	17	0.65			0.95	10	sehr tiefgründig				Pflanzennutzbare Gründigkeit		102 cm		1		24		
5	37	0.63		0.8	0.9	17	eben				Neigung [%]		25	1	%	Geländeform		a	26
Kalkgrenze: 260 cm; Regenwurmakktivität: Lu1																			
Profilskizze																			
27	28	29/30		31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43) 42		44/45	46/47	48/55	56				
Horizonte		Profilskizze		Gefüge	O.S.	Ton	Schluff	Sand	Kies	Steine	Kalk	Heil.	Farbe	Probenbez.					
Nr.	Tiefe	Bezeichnung			[%]	[%]	[%]	[%]	0.2-5cm	> 5 cm	Klasse	/ CaCl <sub>2</sub>	(Munsell)	Zusätzl. Analyseresultate					
-3	-5	OI			100									37979 (S)					
-2	-3	Of			45.02									37980 (S)					
-1	-1	Oh																	
1	4	Ahh		Sp2	6	21	35	44	8	1	0	<4	7.5YR 3/2	37981 (S) 38115 (Z); Ld:0.9 Wf2, Wg1, Lu2					
		10			17.97	15.9	36.4	47.7	7.7			3.16		37982 (S) 38116 (Z); Ld:1.26					
2		(E)AB		Po2-3	1	22	35	43	11	5	0	4	10YR 5/4	Wf1, Wg0, Lu1					
		20																	
		30			1.48	17.4	46.1	36.5	11			4.08							
		40																	
		50																	
		60																	
	62	60																	
3		(E)B		Po3	0.5	22	35	43	18	7	0	4	10YR 5/6	37983 (S) 38117 (Z); Ld:1.38 Wf1, Wg0, Lu1					
		70																	
		80			16	38	46		9.2			4.13							
	82	80																	
4		(It)B(x)		Po3-4	0.3	27	35	38	25	10	0	4	10YR 5/6 7.5YR 5/8	37984 (S) 38118 (Z); Ld:1.42 Wf1, Wg0, Lu0					
		90																	
		100			14.9	30.1	55		28.7			4.04							
	99	100																	
5		(It)Bx		Po4-5 / (Ko)	0.2	24	35	41	22	15	0	4	10YR 4/6 7.5YR 5/8	37985 (S) 38119 (Z); Ld:1.61 Wf1, Wg0, Lu0					
		120																	
		140			11.7	20.6	67.7		33.2			3.99							
	136	140																	
6		CB		Ko / Po5	0	26	35	39	19	12	0	4.2	7.5YR 4/6	37986 (S) Wf1, Wg0, Lu0					
		160										4.16							
		180			24	20.2	55.8												
Profiltiefe		180																	
57																			
190																			
Standort																			
Höhe [m ü.M.]		Exposition		Klimaeignungszone		Vegetation aktuell		Ausgangsmaterial		Landschaftselement		Nutzungsgebiet		Bewertung / Eignung					
58	59	80		61		62/63		64		65		73		74					
470	-			WA		MO4		EE		0				75					
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen																			
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		festgestellte		Meliorationen		empfohlene		Düngereinsatz		fest / flüssig					
66		67		68		69		70		71		72							
Wald																			
Humusform		Bestand		Baumhöhe [m]		Vorrat [m <sup>3</sup> /ha]		Alter [J]		Gesellschaft		Geeignete Baumarten		Produktionsfähigkeit					
100	101	102		103		104		105		106		107		108					
Fa	121	2		35				40		7*		109		110					
												111		100					

Tab. 4: Profilblatt 3204

Situation		Topographie / Geologie		Titeldaten														
				Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologie	Datum			Profilbezeichnung							
				1	2	3	4	5			6	7						
				6.1	1813	P*	GUN	23	12	2015	3204							
				8	Polit.Gem. Kanton		Dietlikon			ZH			Gem. Nr.	54	10			
				9	Ort Flurname										Oberer Grund	11		
12	Blatt-Nr. 1:25'000		1071		Koordinaten	13	687	899	254	101	14							
Kartierungscode												cEt	15					
Bemerkungen		Bodenbezeichnung																
Hauptwurzelraum: bis 45 cm Nebenwurzelraum: bis 75 cm		Saure Braunerde					Bodentyp	16	E		1351		17					
<b>PnG-Berechnung</b> Hz. M Koeffizienten Skel Vern Gef Uhr Meff		stark sauer, stark sauer, Kalkgrenze zwischen 61 und 90 cm OKT, tonhüllig					Untertyp		E4, A3, KG3, ZT				18					
1	1	0.83				1	skeletthaltig über stark skeletthaltig		Skelettgehalt		Oberboden		19	1	2	20A		
2	5	0.83				4					Unterboden			4	4			
3	40	0.79				32	lehmreicher Sand über sandigem Lehm		Feinerdekörnung		Oberboden		21	5	4	22A		
4	19	0.79				15					Unterboden			6	5			
5	10	0.76				8	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig		Wasserhaushaltsgruppe							c	23	
Kalkgrenze: 75 cm; Regenwurmaktivität: Lu1 Ahh nicht durchgehend		mässig tiefgründig					Pflanzennutzbare Gründigkeit		60		cm		3	24				
		konvex bis 50 %					Neigung [%]	25	37 %		Geländeform		t	26				
		<b>Profilskizze</b> 27 28 29/30 31/32 33/34 35/36 37/38 39/40 41 (43) 42 44/45 46/47 48/55 56 Horizonte Profilskizze Gefüge O.S. Ton Schluff Sand Kies 0.2-5cm Steine > 5 cm Kalk Klasse HELL. / CaCl2 Farbe (Munsell) Probenbez. Zusätzl. Analyseresultate Nr. Tiefe Bezeichnung [%] [%] [%] [%] [Vol. %] [Vol. %]																
-3	-4	Ol																
-2	-3	Of																
-1	-1	Oh																
1	1	Ahh																
2	6	EAh																
3	10	AB																
46	20		Po3 / Sp3	1.5	21	32	47	6	11	0	4.3	10YR 5/4	37997 (S) 38101 (Z); Ld:1.43					
65	30	B(cn)																
65	40		Po4	0.7	21	30	49	9	12	0	4.5	7.5YR 5/3	37998 (S) 38102 (Z); Ld:1.68					
75	50	(lt)B(cn)																
75	60		Po4-5	0.4	29	32	39	10	14	0	6	7.5YR 4/3	37999 (S) Wf1, Wg0, Lu0					
150	70	C(g)																
150	80		Ko	0	14	28	58	18	13	5	7.5	10YR 5/2	Wf0, Wg0, Lu0					
Profiltiefe		180																
57																		
150																		
Standort						Bewertung / Eignung												
Höhe [m ü.M.]	Exposition	Klimaeignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landschaftselement	Nutzungsgebiet	Stufe	Bodenprofilwert	Bodenpunktzahl	Eignung	Eignungsklasse							
58	59	60	61	62/63	64 65		73		74	75	76							
470	N		WA	MO4	HX	1												
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen																		
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		empfohlene		Düngereinsatz fest flüssig								
66		67		68		69		70		71 72								
Wald																		
Humusform	Bestand	Baumhöhe [m] gem. gesch.		Vorrat, [m3/ha] gem. gesch.		Alter, [J] gem. gesch.		Gesellschaft	Geeignete Baumarten		Produktionsfähigkeit Stufe Punkte							
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109		110 111							
Fa	131	2	32				45	7d			III 76							



Tab. 5: Profilblatt 3206

Situation				Topographie / Geologie				Titeldaten																							
								Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologe	Datum			Profilbezeichnung																
								1	2	3	4	5			6	7															
								6.1	1813	P*	GUN	23	12	2015	3206																
8				9				10			11			12			13			14			15								
Polit.Gem. Kanton				Wallisellen				ZH			Gem. Nr. 69			Ort Flurname Gestaltenrain			Blatt-Nr. 1:25'000			1091			Koordinaten			13 687 183 253 622			Kartierungscode cTf		
Bemerkungen				Bodenbezeichnung																											
Hauptwurzelraum: bis 54 cm Nebenwurzelraum: bis 82 cm				Parabraunerde				Bodentyp			16			T			1355			17											
<b>PnG-Berechnung</b> Hz. M Koeffizienten Skel Vern Gef Uhr Meff				stark sauer, stark sauer, Kalkgrenze zwischen 61 und 90 cm OKT, tonhügelig, schwach ausgeprägt				Untertyp			E4, A3, KG3, ZT, T1			18																	
1 4 0.94				schwach skeletthaltig über stark skeletthaltig				Skelettgehalt			Oberboden			19 - 1 - 4 - 4			20														
2 18 0.89				sandiger Lehm				Feinerdekorngung			Oberboden			21 - 5 - 5			22														
3 32 0.73				senkrecht durchwaschen, normal durchlässig				Wasserhaushaltsgruppe						c			23														
4 28 0.71				mässig tiefgründig				Pflanzennutzbare Gründigkeit			64 cm			3			24														
5 17 0.59				gleichmässig geneigt 10-15 %				Neigung [%]			25 14 %			Geländeform			f			26											
Kalkgrenze: 82 cm; Regenwurmkaktivität: Lu1. OS-Gehalt Hz. 5 nicht klar (sehr alte natürliche Überschüttung?)																															
Profilskizze																															
27	28	29/30		31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43) 42	44/45	46/47	48/55	56																	
Horizonte		Profilskizze		Gefüge	O.S.	Ton	Schluff	Sand	Kies	Steine	Kalk	Hell.	Farbe	Probenbez.																	
Nr.	Tiefe	Bezeichnung			[%]	[%]	[%]	[%]	0.2-5cm [Vol. %]	> 5 cm [Vol. %]	Klasse	/ CaCl <sub>2</sub>	(Munsell)	Zusätzl. Analyseresultate																	
-2	-2.5	O1																													
-1	-1	Of																													
1	4	Ah		Sp2-3	4.5 9.34	19 15.8	33 35.7	48 48.5	5	1	0	<4 3.54	10YR 3/3	38027 (S) Wf2, Wg1, Lu1																	
2	22	[A]EB		Sp3 / Po3	1.4 1.4	19 15.7	34 37.5	47 46.8	8	3	0	4.2 3.86	10YR 3/4 10YR 4/4	38028 (S) 38084 (Z); Ld:1.28 Wf2, Wg1, Lu1																	
3	54	(E)B		Po3 / Sp2	0.9 0.71	21 16.7	35 33.2	44 50.1	12	15	0	4.2 3.91	10YR 5/5	38029 (S) 38084 (Z); Ld:1.41 Wf1, Wg1, Lu2																	
4	82	ItB(x)		Po3	0.7 0.6	25 20.2	35 25.5	40 54.3	23	6	0	4.5 4.83	7.5YR 5/6	38030 (S) 38084 (Z); Ld:1.38 Wf1, Wg0, Lu1																	
5	99	(B)C		Ko / Po2	1.2 0.6	18 12.8	28 23.1	54 64.1	35	6	5	7.5 7.26	7.5YR 4/3	38031 (S) 38084 (Z) Wf0, Wg0, Lu0																	
6	150	C		Ko	0	18	28	54	20	8	5	7.5	10YR 6/3	Wf0, Wg0, Lu0																	
Profiltiefe		180																													
57																															
150																															
Standort								Bewertung / Eignung																							
Höhe [m ü.M.]	Exposition	Klimaeignungszone		Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landschaftselement		Nutzungsgebiet	Stufe	Bodenprofilwert	Bodenpunktzahl	Eignung	Eignungsklasse																		
58	59	60		61	62/63	64	65		73		74		76																		
473	N			WA	MO4	HH	0																								
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen																															
Krumenzustand				Limitierungen				Nutzungsbeschränkung				Meliorationen				Düngereinsatz															
86				67				68				festgestellte				empfohlene				fest				flüssig							
												69				70				71				72							
Wald																															
Humusform	Bestand	Baumhöhe [m]		Vorrat, [m <sup>3</sup> /ha]		Alter, [J]		Gesellschaft	Geeignete Baumarten				Produktionsfähigkeit																		
100	101	102	103	104	105	106	107	108	100				110 111																		
Mf	122	2	25				30	7d					II 82																		

Tab. 6: Profilblatt 3207

Situation				Topographie / Geologie				Titeldaten												
								Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologe	Datum			Profilbezeichnung					
								1	2	3	4	5			6			7		
								6.1	1813	P*	GUN	23	12	2015	3207					
								8	9	Polit. Gem. Kanton Wallisellen				ZH			Gem. Nr.	69		
								Ort Flurname				Wädemli								
Blatt-Nr. 1:25'000				1091		Koordinaten	13	687	049	253	374									
Kartierungscode				cBc																
Bemerkungen				Bodenbezeichnung																
Hauptwurzelraum: bis 38 cm Nebenwurzelraum: bis 124 cm				Braunerde				Bodentyp	16	B			1352							
<b>PnG-Berechnung</b> H <sub>z</sub> M Koeffizienten Skel Vern Gef Uhr Meff				alkalisch, Kalkgrenze zwischen 31 und 60 cm OKT, teilweise entkarbonatet, schwach ausgeprägt				Untertyp		E0, A0, KG2, KE, T1										
1	15	0.96				14	schwach skeletthalzig über skeletthalzig		Skelettgehalt		Oberboden		19	0	1	20 <sub>A</sub>				
2	23	0.87				20	Lehm		Feinerdekorung		Oberboden		21	6	6	22 <sub>A</sub>				
3	18	0.71				13	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig		Wasserhaushaltsgruppe			c								
4	21	0.73		0.4		5	mässig tiefgründig		Pflanzennutzbare Gründigkeit			58 cm		3						
5	47	0.68		0.2		6	konvex bis 10 %		Neigung [%]		25	1 %		Geländeform		c				
Kalkgrenze: 38 cm; Regenwurmaktivität: Lu2																				
Profilskizze																				
27	28	29/30		31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43) 42	44/45	46/47	48/55	56						
Horizonte				Profilskizze		Gefüge	O.S.	Ton	Schluff	Sand	Kies 0.2-5cm [Vol. %]	Steine > 5 cm [Vol. %]	Kalk Klasse	Hell. / CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Probenbez. Zusätzl. Analyseresultate				
Nr.	Tiefe	Bezeichnung																		
-2	-1	-0.5	0	59.95																
1	15	Ah	10	Sp3 / Kr2	5.5	24	35	41	4	0	0	5.9	10YR 3/3		38033 (S) 38087 (Z) Wf2, Wg1, Lu2					
2	38	BA	20	Sp3	2.5	24	35	41	9	4	0	6.3	10YR 4/3		38034 (S) 38088 (Z) Wf2, Wg1, Lu3					
3	56	BC	40	Po4	0.9	25	35	40	17	12	5	7.5	10YR 4/3 10YR 5/4		38035 (S) 38089 (Z) Wf1, Wg1, Lu3					
4	77	(B)C	60	Ko / Po4	0.4	21	37	42	21	6	5	7.5	10YR 6/4		38036 (S) Wf1, Wg0, Lu1					
5	124	[B]C	80	Ko / (Po3)	0.1	21	39	40	20	12	5	7.5	10YR 6/3		Wf1, Wg0, Lu0					
6	160	C	140	Ko	0	21	39	40	25	10	5	7.5	10YR 6/3		Wf0, Wg0, Lu0					
Profiltiefe		180																		
57																				
160																				
Standort								Bewertung / Eignung												
Höhe [m ü.M.]	Exposition	Klimaeignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landschaftselement	Nutzungsgebiet	Stufe	Bodenprofilwert	Bodenpunktzahl	Eignung	Eignungsklasse									
58	59	60	61	62/83	84	65	73	74	75	76										
480	-		WA	MO4	PF	1														
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen																				
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen		Düngereinsatz												
66		67		68		festgestellte 69		empfohlene 70		fest 71		flüssig 72								
Wald																				
Humusform	Bestand	Baumhöhe [m] gem. gesch.		Vorrat [m <sup>3</sup> /ha] gem. gesch.		Alter [J] gem. gesch.		Gesellschaft	Geeignete Baumarten		Produktionsfähigkeit									
Mf	223	2	25	104	105	106	107	40	7a	109		Stufe 110	Punkte 111							
												III	76							

Tab. 7: Profilblatt 3208

Situation		Topographie / Geologie					Titeldaten												
							Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologie	Datum			Profilbezeichnung					
							1	2	3	4	5	6	7						
							8	9	10	11	12	13	14	15					
							Polit. Gem. Kanton			Wallisellen			ZH	Gem. Nr.	69				
							Ort Flurname			Mittlerer Hau									
							Blatt-Nr. 1:25'000		1091	Koordinaten	13	687	088	253	943				
							Kartierungscode			bEa									
Bemerkungen		Bodenbezeichnung																	
Hauptwurzelraum: bis 73 cm Nebenwurzelraum: bis 137 cm		Saure Braunerde					Bodentyp	16	E			1351							
<b>PnG-Berechnung</b> Hz. M Koeffizienten Skel. Vern. Gef. Uhr Meff		stark sauer, quarkörnig, sehr stark sauer, Kalkgrenze zwischen 121 und 150 cm OKT					Untertyp	E4, FQ, A4, KG5			18								
1	1	0.95				1	schwach skeletthaltig					Skelettgehalt		Oberboden		19	1	1	
2	3	0.92				3	sandiger Lehm über Lehm					Feinerdekörnig		Unterboden		20	2	2	
3	52	0.84				44	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig					Wasserhaushaltsgruppe		Oberboden		21	6	5	
4	15	0.84	0.95			12	tieftgründig					Pflanzennutzbare Gründigkeit		Unterboden		22	6	6	
5	34	0.79				27	ebenen					Neigung [%]		25	3	%	Geländeform		a
6	30	0.75		0.5		11	Kalkgrenze: 137 cm; Regenwurmaktivität: Lu1												
Profilskizze																			
27	28	29/30		31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43) 42	44/45	46/47	48/55	56					
Horizonte		Profilskizze		Gefüge	O.S.	Ton	Schluff	Sand	Kies	Steine	Kalk	Hell.	Farbe	Probenbez.					
Nr.	Tiefe	Bezeichnung			[%]	[%]	[%]	[%]	0.2-5cm [Vol. %]	> 5 cm [Vol. %]	Klasse	/ CaCl <sub>2</sub>	(Munsell)	Zusätzl. Analyseresultate					
-2	-3	Of	94.96																
-1	-1	Oh	37.69																
1	1	Ahh <sub>q</sub>	3.65																
2	4	Ah	3.25																
3	10	(A)B	Sp2	23	21	35	44	3	2	0	4	10YR 2/2	37963 (S)						
4	71	Bcn	Sp2	6	21	35	44	6	7.2	2	0	<4	10YR 4/4	37964 (S)					
5	105	B	Po2-3	1	23	35	42	9	7	0	4	10YR 5/6	37966 (S) 38072 (Z 20-30cm) 38073 (Z 45-55cm); Ld:1.38/1.51						
6	135	CB	Po3-4	0.8	23	35	42	12	4	0	4	7.5YR 4/6	37967 (S) 38074 (Z); Ld:1.57						
7	150	C	Po4-5	0.3	25	35	40	15	6	0	4.2	7.5YR 4/6 heterogen	37968 (S) 38111(Z); LD:1.56						
Profiltiefe	180		Po5 / Ko	0.1	22	35	43	15	10	0	5	10YR 6/4 heterogen	37969 (S) Wf1, Wg1, Lu0						
57			Ek	0	8	45	47	13	5	4	7	10YR 6/2	Wf0, Wg0, Lu0						
150																			
Standort																			
Höhe [m ü.M.]	Exposition	Klimaeignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landschaftselement		Nutzungsgebiet	Stufe	Bodenprofilwert	Bodenpunktzahl	Eignung	Eignungsklasse							
462	59	80	81	62/63	64	65		73		74		75	76						
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen																			
Krumenzustand	Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		festgestellte		empfohlene		fest		flüssig								
68	67		68		69		70		71		72								
Wald																			
Humusform	Bestand		Baumhöhe [m]		Vorrat [m <sup>3</sup> /ha]		Alter [J]		Gesellschaft		Geeignete Baumarten		Produktionsfähigkeit						
100	101		gem. 102	gesch. 103	gem. 104	gesch. 105	gem. 106	gesch. 107	108		109		Stufe 110	Punkte 111					
Fa	221	1	13				20	7d					I	98					

Tab. 8: Gemessene Bodenkennwerte von sechs Profilen aus dem Hardwald bei Kloten

Profil-ID	Hor. Nr.	Hor. Bez.	OG	UG	Hu-mus	pH	Ton	Sch.	Hue	Val.	Chr.	K <sub>eff</sub>	Ca <sub>t</sub>	Fe <sub>t</sub>	Zr <sub>t</sub>	Ca/Al (AAE)
3202	1	Ah	0	13	3.9	4.73	17.3	29.3	10.0YR	5.9	2.0	9.4	0.3	2.0	203	3.17
	2	EB(g)	13	32	2.5	4.64	19.2	27.4	0.1Y	6.1	2.2	8.5	0.3	1.9	214	2.63
	3	ltg	32	78	1.3	5.53	32.4	22.7	9.7YR	6.1	2.9	15.9	0.3	3.2	171	8.42
3203	-1	Of	-3	0	100.0	3.77			6.7YR	4.3	1.1	23.0	1.0	0.3	36	16.6
	1	Ahh	0	3	45.0	3.04			8.4YR	4.9	1.1	22.3	0.1	1.2	254	0.24
	2	Ah	3	7	18.0	3.16	15.9	36.4	8.8YR	5.2	1.5	15.5	0.1	1.5	316	0.09
	3	EB	7	65	1.5	4.08	17.4	46.1	0.2Y	6.7	2.7	2.4	0.1	1.8	344	0.09
	4	B(g)	65	85	0.4	4.13	16.0	38.0	10YR	6.7	2.9	2.4	<0.1	1.9	242	0.03
	5	ltg,x	85	102	0.3	4.04	14.9	30.1	9.8YR	6.6	2.9	2.6	<0.1	2.1	244	0.04
	6	CB	102	139	0.2	3.99	11.7	20.6	9.7YR	6.4	2.8	4.0	<0.1	2.5	194	0.06
3204	7	(B)C	139	190	0.4	4.16	24.0	20.2	9.2YR	6.0	2.9	7.3	<0.1	3.9	152	0.84
	-2	Of	-3	1	100.0	3.77			7.4YR	4.4	1.0	33.4	1.1	0.6	62	12.1
	-1	Oh	-1	0	93.4	3.11			7.5YR	4.4	0.9	26.5	0.7	0.7	87	3.20
	1	Ahh	0	1	42.1											0.57
	2	EAh	1	6	14.2	3.01	14.3	34.0	8.8YR	5.2	1.2	10.0	0.1	1.2	235	0.23
	3	(E)AB	6	46	1.0	3.85	21.9	29.1	0.1Y	6.9	2.8	4.4	<0.1	1.6	260	0.14
	4	B(cn)	46	65	0.6	5.18	19.7	31.1	9.8YR	6.5	2.8	6.4	0.2	2.3	204	1.64
3206	5	ltB(cn)	65	75	0.7	6.05	22.8	31.4	9.8YR	6.0	2.6	11.5	0.5	2.5	185	9.15
	1	Ah	0	4	9.3	3.54	15.8	35.7	9.8YR	5.6	1.5	9.1	<0.1	1.4	276	0.22
	2	AEB	4	22	1.4	3.86	15.7	37.5	10.0YR	6.6	2.5	4.7	<0.1	1.6	284	0.13
	3	(E)(A)B	22	54	0.7	3.91	16.7	33.2	9.7YR	6.5	2.9	4.9	<0.1	2.0	269	0.18
	4	(lt)B(x)	54	82	0.6	4.83	20.2	25.5	9.5YR	6.1	2.9	8.6	0.2	3.1	220	3.44
3207	5	(B)AC	82	99	0.6	7.26	12.8	23.1	9.9YR	6.2	2.5		6.8	2.6	136	500
	-1	Of	-2	0	59.9	5.23			8.5YR	4.7	1.0	38.9	1.7	1.4	115	28.32
	1	Ah	0	15	3.5	6.48	22.2	31.9	10.0YR	5.8	1.9	22.0	0.7	1.8	236	19.3
	2	BAh	15	38	1.6	7.12	22.3	31.4	10.0YR	6.1	2.4		1.9	2.1	206	80.0
	3	BC	38	55	0.6	7.62	14.9	31.6	0.6Y	6.9	2.3		13.6	1.4	136	762
3208	4	(B)C	55	77	0.4	7.69			1.0Y	7.1	2.1		15.9	1.3	84	820
	-1	Of	-1	0	95.0	3.65			7.4YR	4.3	0.9	26.7	1.0	0.8	59	10.9
	1	Ahh	0	2	37.7	3.25			8.4YR	4.8	1.0	21.4	0.3	1.1	178	1.04
	2	Ah	2	6	5.4	3.58	16.0	31.4	9.9YR	5.7	1.8	9.0	0.1	1.6	224	0.19
	3	B	6	58	1.3	3.91	24.1	29.4	10YR	6.6	2.9	5.5	0.1	1.9	251	0.11
	4	Bg	58	73	0.4	3.79	25.2	25.0	9.4YR	6.3	3.0	8.3	<0.1	3.1	204	0.10
	5	Bg,x	73	107	0.3	4.17	22.2	27.0	9.5YR	6.2	2.8	8.2	0.2	2.5	184	1.33
6	CB	107	137	0.2	6.44	12.9	27.4	9.6YR	5.9	2.4	9.6	0.4	1.9	210	12.2	

Legende:

OG bzw. UG: Ober- bzw. Untergrenze des Horizonts in cm; Humus: Gehalt in wt.-%, pH: Wert gemessen in 0.01 molarer Calciumchloridlösung; Ton- und Schluffgehalte (Sch.; Ribí 2014 auf der Basis der Methode KOF von Agroscope bzw. FAC) in wt.-%. Hue, Value und Chroma: Farben nach MUNSELL, gemessen an lufttrockener Feinerde (Konica-Minolta-Farbmessgerät); effektive Kationenaustauschkapazität KAK<sub>eff</sub> geschätzt (Nussbaum und Papritz 2015; Gasser et al. 2011), halbquantitative Messwerte mit Röntgenfluoreszenzspektrometrie (NITON 3 XLt) für Gesamtgehalte von Calcium und Eisen (Ca<sub>t</sub> und Fe<sub>t</sub>) in wt.-% bzw. für Zirkonium (Zr<sub>t</sub>) in mg kg<sup>-1</sup> und Ca/Al: molares Verhältnis von Calcium zu Aluminium im Ammoniumacetat-EDTA-Extrakt (Agroscope auf der Basis von Lakanen und Erviö 1973).

**Tab. 9: Austauschereigenschaften von Profil 3208 ermittelt mit verschiedenen Methoden**

Methodik	H.	OG	KAK <sub>e</sub>	Ca <sub>e</sub>	Mg <sub>e</sub>	K <sub>e</sub>	Al <sub>e</sub>	V	Ca/Al	KAK <sub>p</sub>	He
Original M.											
FAC	-1	-1									
FAC	1	0	40.90	6.61	0.91	0.49	3.25	0.20	3.05	119.70	9.18
FAC	2	2	8.71	0.85	0.20	0.15	4.56	0.14	0.28	21.40	2.75
FAC	3	6	4.72	0.18	-0.09	0.13	2.96	0.08	0.09	11.18	1.15
FAC	4	58	8.99	0.26	0.21	0.24	5.64	0.08	0.07	14.02	2.17
FAC	5	73	9.31	3.94	1.50	0.27	1.56	0.61	3.79	13.18	1.27
FAC	6	107	7.01	6.04	1.00	0.17		1.03			
N&P Meth. (Schätzung)											
N&P	-1	-1	26.7	16.12	1.86	1.30	1.58	0.72	15.29	n.v.	n.v.
N&P	1	0	21.4	6.90	0.81	0.71	7.04	0.39	1.47	n.v.	n.v.
N&P	2	2	9.0	1.28	0.21	0.12	6.00	0.18	0.32	n.v.	n.v.
N&P	3	6	5.5	0.55	0.11	0.13	4.45	0.14	0.19	n.v.	n.v.
N&P	4	58	8.3	0.67	0.21	0.23	6.07	0.14	0.17	n.v.	n.v.
N&P	5	73	8.2	3.64	1.34	0.22	2.54	0.64	2.15	n.v.	n.v.
N&P	6	107	9.6	8.37	1.05	0.15	0.30	1.00	41.82	n.v.	n.v.
Vergleich N&P/Orig.											
N&P/FAC	-1									n.v.	n.v.
N&P/FAC	1		52%	104%	89%	146%	217%	201%	48%	n.v.	n.v.
N&P/FAC	2		103%	150%	104%	83%	132%	130%	114%	n.v.	n.v.
N&P/FAC	3		117%	306%	-125%	99%	150%	169%	204%	n.v.	n.v.
N&P/FAC	4		92%	259%	102%	97%	108%	172%	241%	n.v.	n.v.
N&P/FAC	5		88%	92%	89%	82%	163%	104%	57%	n.v.	n.v.
N&P/FAC	6		137%	139%	105%	87%		97%		n.v.	n.v.

**Tab. 10: Messungen im AAE-Extrakt für die Schätzungen nach Nussbaum & Papritz**

Methodik	H.	OG	KAK <sub>e</sub>	Ca <sub>AAE</sub>	Mg <sub>AAE</sub>	Ke <sub>AAE</sub>	Al <sub>AAE</sub>	V	Ca/Al	KAK <sub>p</sub>	He
AAE	-1	-1	n.v.	3226	376	222	199	n.v.	10.91	n.v.	n.v.
AAE	1	0	n.v.	1436	211	95	933	n.v.	1.04	n.v.	n.v.
AAE	2	2	n.v.	287	39	24	1030	n.v.	0.19	n.v.	n.v.
AAE	3	6	n.v.	129	40	13	812	n.v.	0.11	n.v.	n.v.
AAE	4	58	n.v.	156	71	25	1040	n.v.	0.10	n.v.	n.v.
AAE	5	73	n.v.	780	68	159	395	n.v.	1.33	n.v.	n.v.
AAE	6	107	n.v.	1726	46	124	95	n.v.	12.25	n.v.	n.v.

Legende:

Austauschereigenschaften nach FAC (1989), Schätzungen nach Nussbaum und Papritz (2015) auf der Basis der Messungen mit AAE: Ammoniumacetat-EDTA nach Agroscope auf der Basis von Lakanen und Erviö (1973)

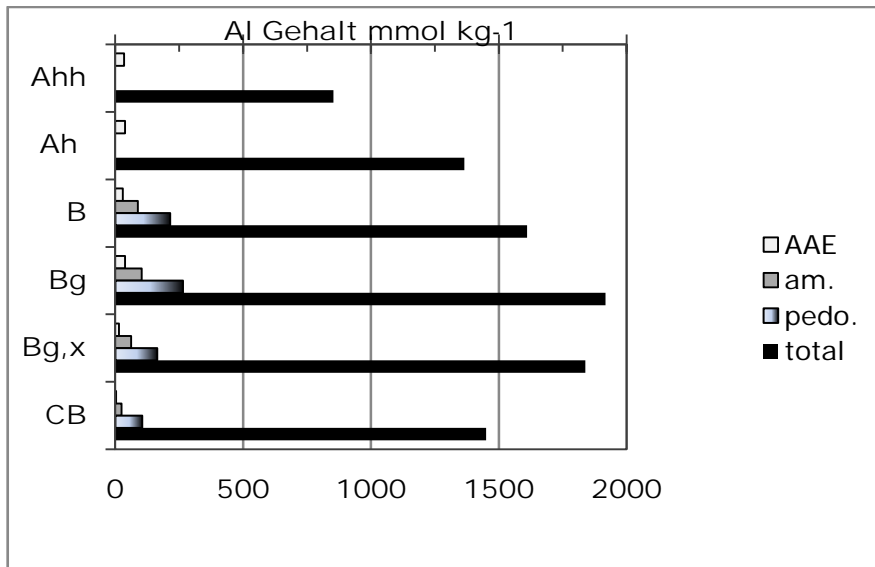
KAK, Ca<sub>e</sub>, ... Al<sub>e</sub> in cmol<sub>c</sub>/kg Ca/Al in mol/mol; Ca<sub>AAE</sub> ... Al<sub>AAE</sub> in mg/kg

Bemerkung: Kosten für die FAC-Methode: ca. Fr. 300.- und für die AAE-Methode ca. Fr. 20.- pro Probe.

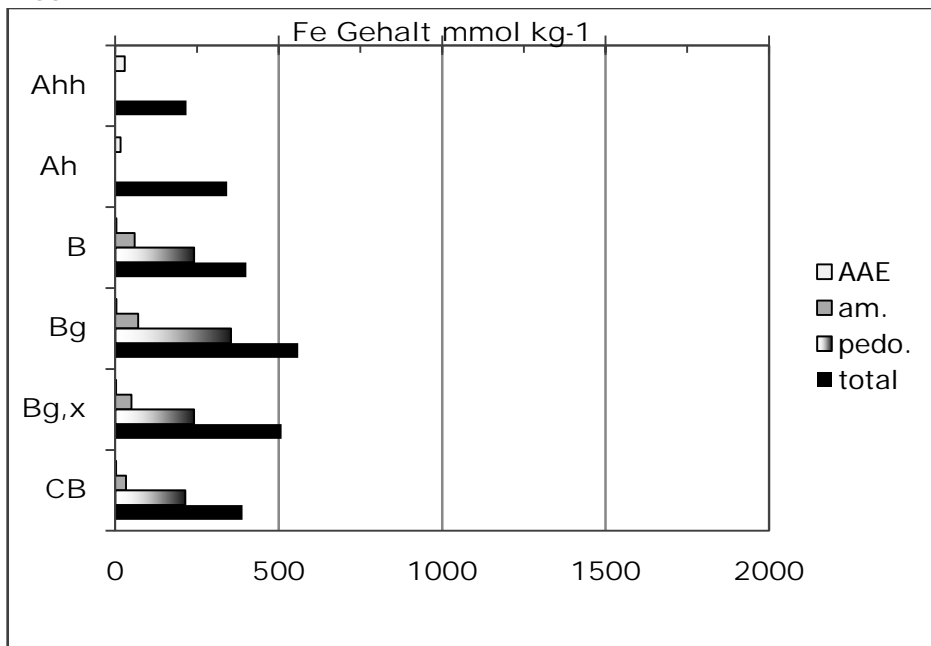
In fünf Profilen des Hardwaldes wurde ein medianes Verhältnis von amorphem zu kristallinem Eisen von 21% gefunden (Bereich 13-30%; n=19). Daraus ergibt sich kein Hinweis auf eine Podsolierung, die im Gang wäre (Abb. 4).

**Abb. 4: Totale und extrahierbare Aluminium- und Eisengehalte von Profil 3208**

Aluminium



Eisen



Legende:

AAE: Aluminium im Ammoniumacetat-EDTA-Extrakt (Agroscope auf der Basis von Lakanen und Erviö 1973)

Am. Amorphe Oxide (Agroscope FAC Methode 15.1.1 von 1989)

Am. Amorphe plus kristalline Oxide (Agroscope FAC Methode 15.1.2 von 1989)

Gesamtgehalt mit Labor-Röntgenfluoreszenzspektrometrie

Die Verteilung der die Hauptelemente am Beispiel von Profil 3208 zeigt Tab. 11.

**Tab. 11: Oxidische Hauptelementgehalte von Profil 3208**

Hor. Nr.	Hor. Bez.	OG	UG	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total	C <sub>org</sub>
-1	Of															55.0
1	Ahh	0	2	55.4	0.30	4.35	1.74	0.05	0.33	0.36	0.69	0.71	0.20	35.3	99.5	21.9
2	Ah	2	6	78.9	0.46	6.96	2.73	0.07	0.61	0.27	1.01	1.08	0.11	7.4	99.6	3.1
3	B	6	58	80.9	0.49	8.21	3.20	0.09	0.76	0.23	1.00	1.25	0.09	3.5	99.8	0.7
4	Bg	58	73	77.7	0.44	9.77	4.47	0.10	1.05	0.22	0.99	1.43	0.11	3.5	99.8	0.2
5	Bg,x	73	107	79.3	0.44	9.37	4.06	0.13	1.04	0.37	1.11	1.50	0.12	3.2	100.7	0.2
6	CB	107	137	82.4	0.38	7.39	3.11	0.11	0.83	0.63	1.21	1.32	0.13	2.1	99.6	0.1

Hinweis: Die Bezeichnung Ahh für den Horizont 1 stammt aus der Profilbeschreibung. Die Analytik zeigte, dass es sich um einen Oh-Horizont handelt.

Legende:

OG bzw. UG: Ober- bzw. Untergrenze des Horizonts in cm; alle übrigen Angaben erfolgen in wt.-%; SiO<sub>2</sub> ... P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Gehalt der Hauptelemente, Glühverlust LOI und Total: Totalgehalt aller Oxide plus Glühverlust. C<sub>org</sub>: Gehalt an organischen Kohlenstoff; der Totalgehalt umfasst insgesamt zwischen 0.02 und 0.09 wt.-% der folgenden Oxide: Summe von SO<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SrO, ZrO<sub>2</sub>, BaO, NiO, CuO, ZnO, PbO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, HfO<sub>2</sub>, F, Cl. Analytik mit wellenlängendispersiver Röntgenfluoreszenzspektroskopie, C<sub>org</sub>: ist Teil des Glühverlusts und wurde mit trockener Veraschung bestimmt.

## 7. „Waldstandortstypen“

(Beitrag von Peter Lüscher)

Standortseigenschaften haben einen direkten Einfluss auf die Phänologie, das Wachstum, die Mortalität, die Verjüngung und damit auch auf die Artenzusammensetzung im Bestand und auf die Verbreitung von Baumarten. Mit der Typisierung werden Standortseinheiten unterschieden, welche aufgrund unterschiedlicher Standortbedingungen, beispielsweise zu unterschiedlicher Artenzusammensetzung, zu unterschiedlichen Bodeneigenschaften, aber auch zu unterschiedlichem Wachstum führen. Waldstandortstypen sind auf waldbauliche Bedürfnisse ausgerichtet und erleichtern das Übertragen von Erfahrungen und Forschungsergebnissen bezüglich Waldökologie und Waldbau.

Ausgehend von den Waldstandortstypen, die bei Bodenprofilen im Hardwald (Präsentation der Profile anlässlich der Exkursion) vorkommen, werden die Rahmenbedingungen und Grundsätze für den naturnahen und nachhaltigen Waldbau aufgezeigt. Die vorhandene Baumartenzusammensetzung (IST-Zustand) wird einem möglichen, künftigen Bestand - der optimal auf die standortkundlichen Voraussetzungen abgestimmt ist (SOLL-Zustand) - gegenübergestellt. Die Einflussnahme der forstlichen Massnahmen auf den Boden - beispielsweise im Rahmen der Holznutzung - werden vorgestellt. Risiken durch allfällige Veränderungen der klimatischen Voraussetzungen auf den Waldzustand bzw. dessen Stabilität werden erörtert.

Waldstandortstypen dienen auch als Grundlage und Bezugsgrösse u.a. für ertragskundliche Erhebungen des Landesforstinventars.

## 2.5 „Waldbodenkartierung / Anwendungskarten“

(Beitrag von Franz Borer)

Wer den Wald verstehen und nutzen will, muss den Boden kennen. Zusammen mit den spezifischen Kenntnissen über die den ganzen Bodenraum erschliessenden Baum-Wurzeln sind umfassende Bodeninformationen die Basis für viele Entscheidungen in der forstlichen Planung und praktischen Waldwirtschaft.

Damit ist die flächendeckende dreidimensionale Bodendaten-Erhebung die Grundlage für eine nachhaltige und standortgerechte Waldbewirtschaftung.

Die Kenntnis der Bodeneigenschaften sowie der Dynamik des Stoff- und vor allem des Wasserhaushalts entscheiden darüber, dies im Verbund mit einer darauf abgestützten Baumartenwahl, ob ein neu begründeter Waldbestand die Alterszielgrösse von 80-120 Jahren erreichen kann. Dies insbesondere vor dem Hintergrund der sich anbahnenden relativ schnellen Änderungen der Wuchsbedingungen durch den Klimawandel. Mit Attributkarten und weiterführenden Anwendungskarten, abgeleitet aus der heute dem Stand der Technik entsprechenden FAL-Kartiermethode+, stehen dem Waldbewirtschaftler neue Planungsinstrumente zur

Verfügung. Diese sind wichtig sowohl für die langfristige strategische Ausrichtung als auch zur Beantwortung von mittel- oder kurzfristigen (operativen) Fragestellungen der Waldbewirtschaftung (Waldentwicklungsplan und Betriebsplan).

Es wird eine Herausforderung der nächsten Jahrzehnte sein, die Erarbeitung von Waldbodenkarten weiter voranzutreiben, nicht zuletzt im Rahmen des Konzeptes Bodeninformation auf Bundesebene.

## 2.6 Weitere Aspekte

### 2.6.1 Schluffreiche Profilmereiche

Anlässlich der BGS-Jahresexkursion 2015 konnten wir viele Böden mit schluffreichen Profilmereichen betrachten. Solche Böden wurden anlässlich der Waldbodenkartierung auch in folgenden Gebieten gefunden: Bachs, Kyburg, Wallisellen, Wangen ZH und auf der Wehntaler Egg (lokale Beispiele siehe Tab. 12).

**Tab. 12: Schluffreiche Profile im Hardwald**

					Messung			Schätzung				
Profil-ID	Hor. Nr.	Hor. Bez.	OG	UG	Schluff	Ton	Hu-mus	Schluff	Ton	Sand	Kies	Steine
3215	2	ABg	17	56	55.4	30.4	1.7	40	25	36	1	0
3215	3	Bg	56	87	58.7	28.4	0.7	45	21	34	2	1
3215	4	Bg(g)	87	99	60.3	28.1	0.4	45	25	30	2	0
3215	5	Bgg	99	128	57.1	34.8	0.4	45	25	30	2	0
3215	6	Cgg	128	147	64.1	27.7	0.4	35	13	52	3	0
3215	7	lICgg	147	170	23.7	14.9	0.3	35	17	48	18	5
3216	2	Ah	3	6	45.1	16.9	5.8	35	22	43	10	4
3216	3	(A)Bg	6	77	48.1	20.8	0.9	35	22	43	10	4
3216	4	Bg	77	135	24.4	22.0	0.3	35	23	42	16	11
3216	5	CB(g)	135	167	27.0	23.6	n.b.	35	25	40	15	18

Legende:

OG bzw. UG: Ober- bzw. Untergrenze des Horizonts in cm; Sand-, Schluff- und Tongehalte in wt.-%; Skelettgehalte (Kies, 2-50 mm, und Steine, >50 mm) in vol.-%; die schluffreichen Horizonte sind in der Regel skelettfrei, skelettarm oder schwach skeletthaltig, vgl. Veit, H., R. Zech, M. Trauerstein, T. Messmer, C. Gnägi und L. Wüthrich (2015). "Böden und Paläoböden des Schweizer Mittellandes im Spiegel der Landschaftsgeschichte (Dokumentation zur Jahresexkursion 2015 der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz BGS)." Geographisches Institut der Universität Bern. 65 p. Bemerkung: Die Schätzwerte von Schluff und Ton sind im Median 2-3 wt.-% höher als die Messwerte (Beurteilungsbasis: 30 Profile mit n=153 Horizonten).

## 2. Kosten

Die Gesamtkosten (Defizit) der Waldbewirtschaftung betragen zwischen 2010 und 2014 im Mittelland in den Jahren rund Fr. 150 bis 210 Fr. pro Hektar Wald und Jahr. Berücksichtigt ist darin der Wert des Holzerlöses zwischen 90 und 150 Fr. pro Hektar Wald und Jahr.

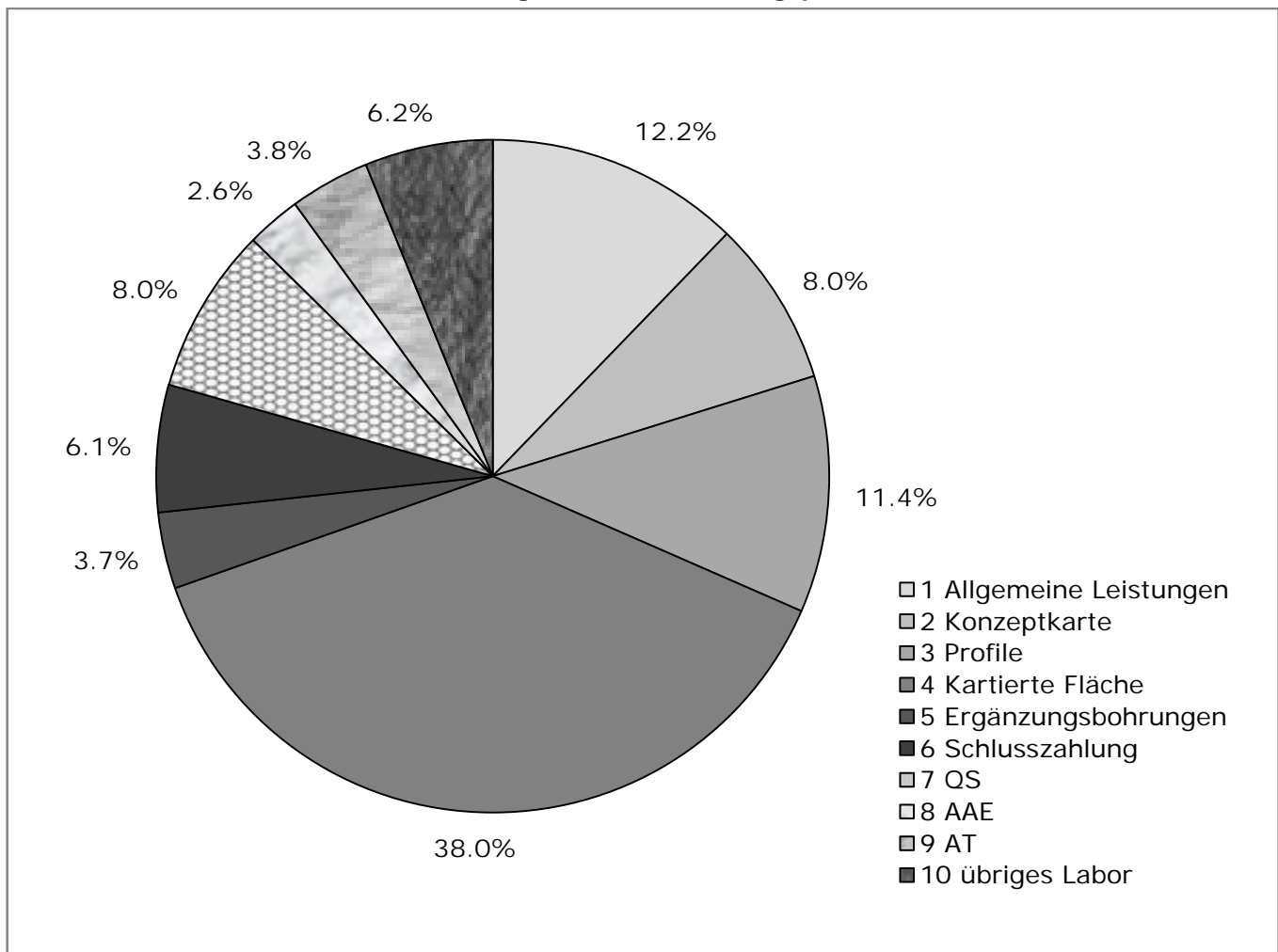
Quelle: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/40369.pdf>

Die Kosten für die Kartierung betragen im Projekt rund Fr. 550 pro Hektar Wald oder 5.5 Rappen pro Quadratmeter. Diese Kosten verteilen sich wie in Abb. 5 dargestellt. Es kann gefolgert werden, dass die Kosten für die Erstellung der Bodenkarte in der Grössenordnung der Kosten von ca. 1 bis 3 Bewirtschaftungsjahren liegt. Die Informationen der Bodenkarte können allerdings während Jahrzehnten als Planungsgrundlage verwendet werden.

Wie erwähnt muss aus Kostengründen für die Beurteilung der Austauschereigenschaften eine Näherungsmethode gewählt werden. Diese Methode wurde an einer BGS-Jahrestagung vor einiger Zeit vorgestellt. Madlene Nussbaum und Andres Papritz haben diese Methode noch verfeinern können wie Abb. 6 am Beispiel der effektiven Kationenaustauschkapazität zeigt. Es wird angestrebt, in naher Zukunft auch die potentielle Kationenaustauschkapazität zu schätzen.



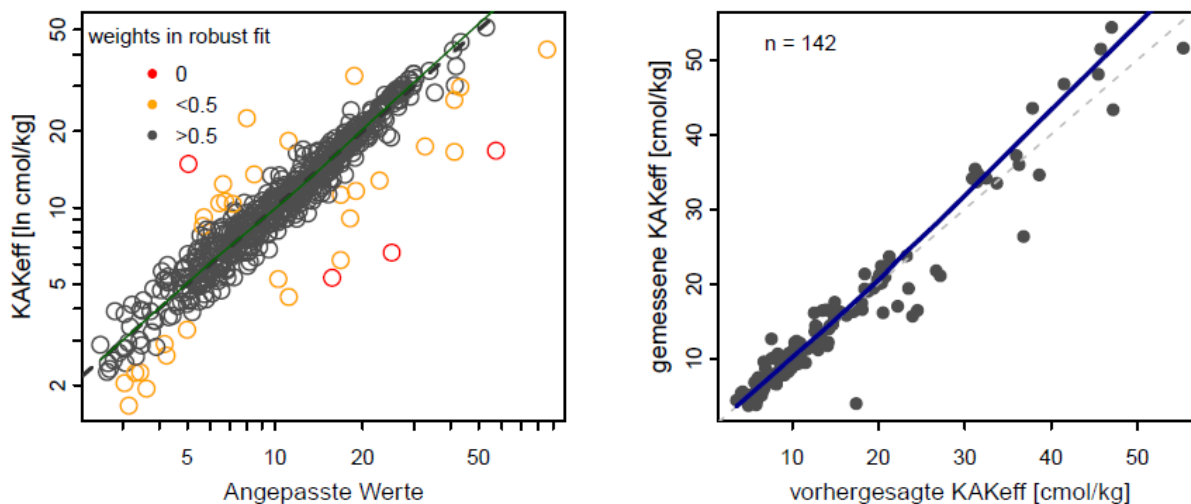
**Abb. 5: Relative Kosten verschiedener Tätigkeiten des Kartierungsprozesses**



**Legende:**

1) Allgemeine Leistungen (Start-/Schlussitzung, Abgleichstag, Einrichtung GIS-Projekt inkl. Installation Datengrundlagen und -prüfung, interne Koordination und interne QS, weitere Arbeitsgrundlagen wie Feldpläne, Koordination mit FaBo und TPL QS, inkl. Meldewesen und Rapporte, Schlussbericht, Koordination zwischen den Losen; 2) Konzeptkarte; 3) Profile: Beschreibung und Beprobung; 4) eigentliche Kartierarbeit inkl. Kartierbohrungen, Rapporte und Probenahme; 5) Ergänzungsbohrungen von 100 bis 180 cm Tiefe (max. 0.2 Stk pro Hektar); 6) Schlusszahlung (Schliessen der Profilgruben, Daten- und Kartenbereinigung, bereinigte Feldkarte, digitale Bodenkarte, Schlussbericht, Spesen); 7) externe QS; Labor: 8) Ammoniumacetat-EDTA-Extraktionen; 9) klassische Austauschereigenschaften; 10) übriges Labor: pH,  $C_{org}$ , Körnung, Farbe, Infrarot- und mobile Röntgenfluoreszenzspektrometrie. Grob gesagt sind die Kosten also wie folgt verteilt: 80% Ingenieurleistungen für die Kartierung; 10% externe Qualitätssicherung und 10% Laborkosten.

**Abb. 6: Fit sowie gemessene und vorhergesagte Werte der effektiven KAK**

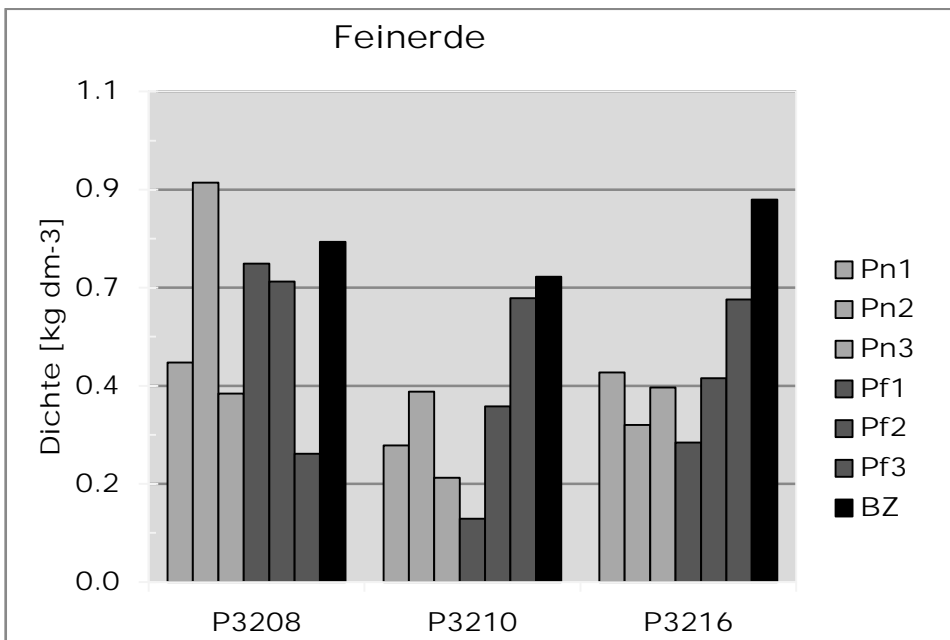
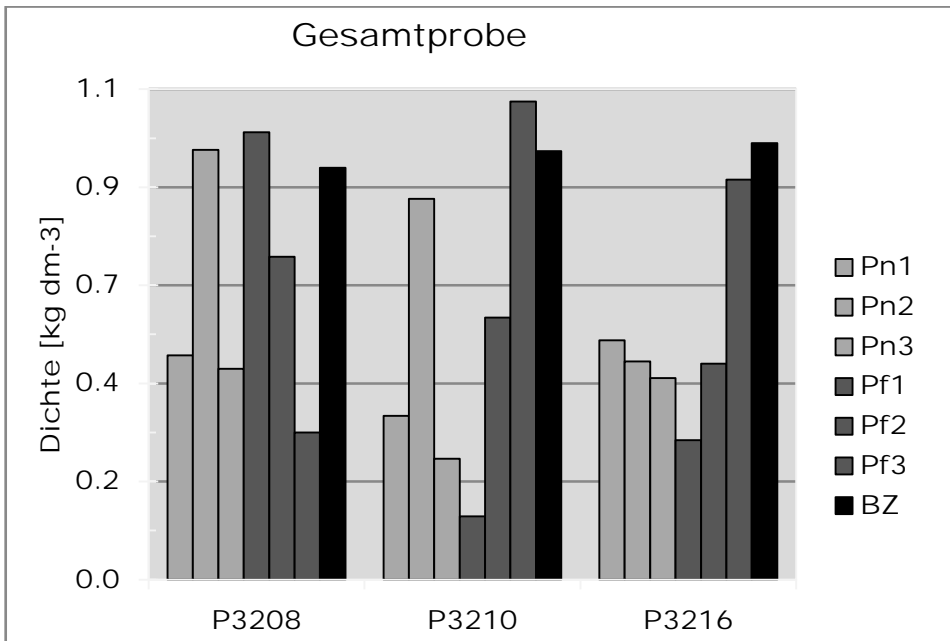


Legende: KAK: Kationenaustauschkapazität. Quellen: Nussbaum und Papritz (2015); Gasser et al. (2011).

## 2.6.2 Bestimmung der Lagerungsdichte

Dichte Daten sind wichtig für die Ermittlung der kumulierten Masse der Feinerde in einem Profil. Diese Masse ist wichtig für die Beurteilung des Versauerungszustandes nach einer Methode der WSL. Insbesondere auch die Dichte der obersten Horizonte ist schwierig zu erfassen (vgl. Abb. 7). Die Schwierigkeiten beruhen vor allem auf i) der geringen Mächtigkeit der oberen humusreichen Horizonte, ii) auf hohen Skelettgehalten und iii) auf der oft hohen physikalischen Heterogenität der Horizonte. Eine genaue profilumfassende Bestimmung der Lagerungsdichte ist in den meisten Fällen zu teuer.

Abb. 7: Lagerungsdichte von Gesamtprobe und Feinerde ausgewählter Profile



### Legende:

Pn1...3: Lagerungsdichte von Proben, die in unmittelbarer Nähe der Profilwand in 0-4 cm Tiefe mittels 100 mL Zylinder entnommen wurden; Pf1...3: Lagerungsdichte von Proben, die in 10 Meter Entfernung der Profilwand in 0-4 cm Tiefe mittels 100 mL Zylinder entnommen wurden; BZ: Lagerungsdichte von Proben, die in unmittelbarer Nähe der Profilwand in 1-12 cm Tiefe mittels 1000 mL Zylinder entnommen wurden.

### 2.6.3 Kumulative Masse der Feinerde

Die Bestimmung der kumulativen Masse der Feinerde ist für die Beurteilung des Versauerungszustandes nach WSL notwendig, aber zeitaufwändig und kann nur als Schätzung betrachtet werden (Tab. 13).

**Tab. 13: Schätzung der kumulativen Masse der Feinerde im Profil**

Hor. Nr.	OG	UG	Hor. Bez.	Hor. Vol.	LDG (m)	LDF (m)	LDF (s)	Ton (m)	Ton (s)	S. (m)	S. (s)	Masse Horizont (m)	Masse Horizont (s)	Kumul. Masse Hor.	Kumul. Masse bis 1m
-1	-1	0	Of	0.10			0.40						0.04	0.04	
1	0	2	Ahh	0.20			0.45		21		7		0.08	0.12	
2	2	6	Ah	0.40	0.50	0.49		16.0	21	1	8	0.20		0.32	
3a	6 (30)	(30) 58	(A)B	2.40	1.38	1.29		24.1	23	5	16	2.87		3.19	
3b				2.80	1.51	1.36		24.1	23	8	16	3.37		6.56	
4	58	73	Bg	1.50	1.57	1.40		25.2	23	9	16	1.81		8.37	
5	73	107	Bg,x	3.40	1.56	1.32		22.2	25	12	21	3.61		11.98	11.24
6	107	137	CB	3.00			1.45	12.9	22		25		3.26	15.24	
7	137	150	C	1.30			1.50		8		18		1.60	16.84	

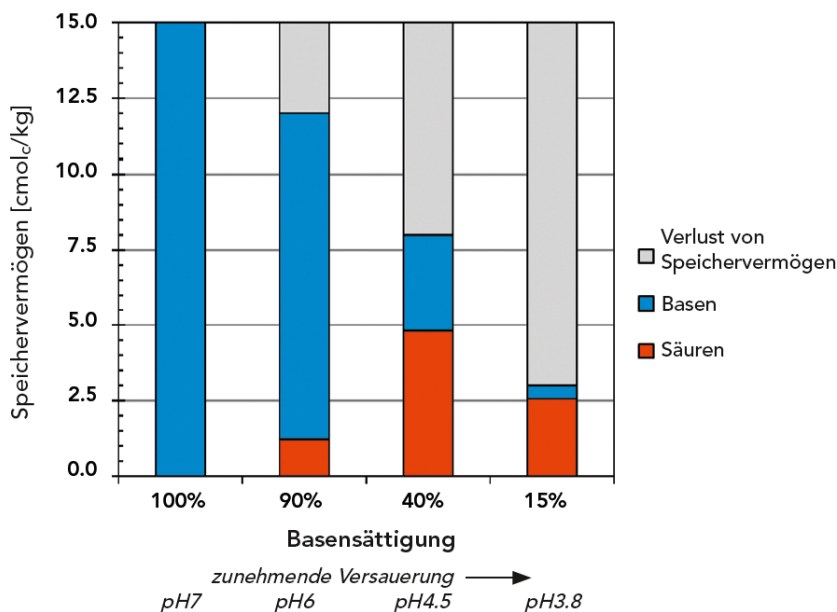
Legende:

OG bzw. UG: Ober- bzw. Untergrenze des Horizonts in cm; Hor. Bez.: Horizontbezeichner; Hor. Vol.: Horizontvolumen in dm<sup>3</sup>; LDG und LDF: Lagerungsdichte der Gesamtprobe und der Feinerde in kg dm<sup>-3</sup>, (m): gemessen und (s) geschätzt; S.: Skelettgehalt, gemessen (m) oder geschätzt (s) in Vol.-%. Tongehalt in wt.-%; Massen in kg; Bezugsfläche 1 dm<sup>2</sup>. In die Schätzung fließen folgende Angaben ein: Horizontgrenzen, Tongehalt, Lagerungsdichte der Gesamtprobe, Skelettgehalt der Gesamtprobe, Schätzungen von Skelettgehalt und Tongehalt aus der Profilaufnahme. Hinweis: In der Regel liegen nur für etwa die Hälfte der Horizonte Messwerte vor. Die Bestimmung der Lagerungsdichte von Horizonten mit Mächtigkeit unter 4 cm oder hohem Skelettgehalt (>vol. 30%) ist oft schwierig oder nicht möglich.

### 5. Speicherplatzverlust bei der Bodenversauerung

Mit zunehmender Versauerung nimmt das pH des Bodens ab zusammen mit seinem Speichervermögen, der effektiven Kationenaustauschkapazität. Gleichzeitig sinkt auch die Basensättigung (Abb. 8; vgl. Abb. 2).

**Abb. 8: Speicherung von Basen und Säuren sowie Verlust von Speichervermögen eines typischen Unterbodens mit zunehmender Versauerung und abnehmender Basensättigung.**



Legende: Die Abbildung zeigt die Folgen zunehmender Versauerung eines typischen Unterbodens.

Der Boden hatte mit  $15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  Ladung ursprünglich ein mittleres Speichervermögen (effektive Kationenaustauschkapazität, dargestellt durch die Farben rot und blau). Dieses nimmt mit zunehmender Versauerung stark ab und ist bei 15% Basensättigung nur noch sehr gering. Darunter kann Mangelernährung der Bäume oder Aluminium-Toxizität für Baumwurzeln auftreten. Die «basischen» Ionen (blau: Nährstoffe Magnesium, Kalium und Calcium) stehen am Austauscher im Wettbewerb mit den sauren Ionen (rot) von Aluminium, Eisen und Mangan. Für den Sturm «Lothar» wurde z.B. eine deutlich erhöhte Windwurfanfälligkeit auf Standorten mit einer Basensättigung unter 40% nachgewiesen. Quelle: Gasser (2016).

Bei einer Basensättigung unter 40% tritt oft erhöhte Windwurfgefahr ein und unter 15% muss mit Mangelernährung gerechnet werden. Rund ein Drittel der Profile der laufenden Kartierung weist im gesamten Wurzelraum eine Basensättigung von unter 15% auf (Tab. 14).

**Tab. 14: Anzahl Profile mit Basensättigung unter 40% bzw. 15% im Haupt- und Nebenwurzelraum sowie darunter**

Betroffener Tiefenbereich des Profils	Basensättigung <40%	Basensättigung <15%
in keiner Bodentiefe betroffen	36	45
nur im Hauptwurzelraum betroffen (0 bis $\leq 60$ cm)	19	22
im Haupt- und Nebenwurzelraum betroffen (0 bis $\leq 140$ cm)	35	35
sogar jenseits des Nebenwurzelraums betroffen (0 bis $>140$ cm)	13	1
Anzahl Profile	103	

In den stark sauren Profilen fehlen Regenwürmer oftmals ganz und die Ausbildung des Wurzelsystems ist beeinträchtigt. Ausserdem ist das Speichervermögen der Böden für Nährstoffe stark vermindert, in gewissen Fällen um bis zu 75% (Abb. 8). Dadurch sind die Regulierungs- und Lebensraumfunktion dieser Böden beeinträchtigt und somit oft auch die Produktionsfunktion.

# Informationen

## Freitag | Vendredi

---

### Treffpunkt | Lieu de rencontre

09:00 Uhr  
Technorama Winterthur  
Technoramastrasse 1  
8404 Winterthur

### Mittagessen | Repas du midi

Restaurant Technorama  
Das Mittagessen kann entsprechend dem Tagesmenü gewählt werden.

### Abendessen | Souper

Juckerfarm  
Dorfstrasse 23  
8607 Seegräben  
Die Getränke beim Abendessen gehen zu Lasten der Teilnehmenden.

### Unterkunft | Hébergement

*Einzel- und Doppelzimmer*  
Hotel Swiss Star  
Grubenstrasse 5  
8620 Wetzikon

*Gruppenunterkunft*  
Bed & Breakfast Meierwiesen  
Rapperswilerstrasse  
8620 Wetzikon ZH

inkl. Frühstück im Hotel

inkl. Frühstück im Restaurant Stadion

## Samstag | Samedi

---

### Treffpunkt | Lieu de rencontre

08:30 Uhr  
Parkplatz Eisbahn Wetzikon

08:35 Uhr  
Bahnhof Wetzikon

08:45 Uhr  
Bahnhof Wallisellen

### Mittagessen | Repas du midi

Forsthaus Rüti  
Erlenholzstrasse 1  
8304 Wallisellen

### Veranstaltungsende | Fin d'excursion

ca. 14:00 Uhr  
Danach Transfer zum Bahnhof Zürich Flughafen oder Bahnhof Kloten

### Sponsoren

Die Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich hat die Exkursion mit einem grossen eigenen Aufwand ermöglicht!

Die Analysen wurden mit freundlicher Unterstützung der Firma Niutec durchgeführt.

Die Exkursion wird alljährlich durch einen Beitrag der scnat mitfinanziert

