

PHYSIOGEOGRAPHICA

BASLER BEITRÄGE ZUR PHYSIOGEOGRAPHIE

Band 33

**Oberflächenabfluss und Bodenerosion auf Brandflächen des
Kastanienwaldgürtels der Südschweiz
mit einer Anleitung zur Bewertung der post-fire
Erosionsanfälligkeit (BA EroKaBr)**

mit 57 Abbildungen und 50 Tabellen

von

Peter Marxer

Inhalt

Vorwort	iii
Inhaltsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	x
Tabellenverzeichnis	xv
Abkürzungs- und Akronymverzeichnis	xix
Abgekürzte Gebietsbezeichnungen	xix
1 Einleitung	1
1.1 Waldbrände in der Schweiz	1
1.2 Globales Ausmass von Vegetationsbränden	1
1.3 Bodenerosion als globales Umweltproblem	3
1.4 Waldbrandforschung an der WSL	3
1.5 Bodenerosionsforschung am Departement Geographie der Universität Basel	6
1.6 Fachbereiche Feuer- und Landschaftsökologie	8
1.6.1 Feuerökologie	8
1.6.2 Landschaftsökologie	9
2 Grundlagen, Arbeitshypothesen und Zielsetzungen	11
2.1 Methodische Grundlagen	11
2.2 Feuer als Prozess im Landschaftsökosystem	11
2.3 Arbeitshypothesen	13
2.4 Zielsetzungen	14
3 Vegetationsbrände in der Südschweiz	15
3.1 Historisches und rezentes Brandgeschehen	15
3.2 Räumliche Verteilung der Brände	16
3.3 Anzahl Brände und Brandfläche	17
3.4 Feuerregimefaktoren	17
3.4.1 Brandsaison	— 18
3.4.2 Brandgrösse	19
3.4.3 Brandtyp	20
3.4.4 Feuerintensität, Feuerlinienintensität und Stärke der Auswirkungen eines Feuers	21
3.4.5 Feuerfrequenz	23
3.5 Brandursachen	24
3.6 Brandrisiko und Brandgefahr	25
3.7 Ökologische Konsequenzen von Bränden	26
3.7.1 Vegetation	26
3.7.2 Wirbellose	27
3.7.3 Boden	28

4	Arbeitsgebiet und Arbeitsmethoden	29
4.1	Lage des Arbeitsgebietes	29
4.2	Arbeitsmethoden	30
4.3	Feldmethoden	33
4.3.1	Testparzellenmessungen	33
4.3.2	Niederschlagsmessungen	38
4.3.3	Infiltrationsmessungen	39
4.3.4	Bodenprobenahmen	41
4.3.5	Oberflächenabflussprobenahmen	41
4.3.6	Erosionsdisposition der Testgebiete	41
4.3.6.1	Reliefmerkmale	41
4.3.6.2	Bodenbedeckungsgrade	42
4.3.7	Brandeigenschaften	42
4.3.7.1	Feuerintensität	42
4.3.7.2	Thermoelementmessungen	43
4.3.7.3	Infrarot-Aufnahmen	43
4.3.8	Ascheprobenahmen	44
4.3.9	Brandgutprobenahmen	44
4.4	Labormethoden	44
4.4.1	Bodenanalysen	45
4.4.2	Wasseranalysen	45
4.4.3	Ascheanalysen	45
4.5	Berechnungsmethoden	47
4.6	Statistische Methoden	52
4.6.1	Normalverteilung	52
4.6.2	Lageparameter, Konfidenzintervalle und Streumasse	53
4.6.3	Abhängigkeitsmasse	55
4.6.4	Kistendiagramme	55
4.6.5	Vergleich von zwei oder mehreren Stichproben	55
5	Feuer- und landschaftsökologische Testgebietseigen- schaften	57
5.1	Historische und rezente Brandgeschichte	57
5.2	Erosionsdisposition	61
5.2.1	Reliefmerkmale	61
5.2.1.1	Hangneigung	61
5.2.1.2	Hanglänge	62
5.2.1.3	Hangform	62
5.2.1.4	Oberflächenrauheit	62
5.2.2	Pedologische Verhältnisse	64
5.2.2.1	Bodentypen	64
5.2.2.2	Bodenarten	77

5.2.2.3	Korngrössenzusammensetzung	79
5.2.2.4	Erodibilität der Oberböden (K-Faktoren)	79
5.2.2.5	Scheinbare Dichten, reelle Dichten und Porenvolumenanteile	80
5.2.2.6	Feldkapazitäten	81
5.2.3	Bodenbedeckung	81
5.2.3.1	Bodenbedeckungsgrade der Testgebiete	82
5.2.3.2	Bodenbedeckungsgrade der Testparzellen	83
5.2.3.3	Zusammensetzung der Bodenbedeckung	84
5.2.4	Klimatische Verhältnisse	86
5.2.4.1	Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung	86
5.2.4.2	Räumliche Niederschlagsverteilung	87
5.2.4.3	Starkniederschläge	87
5.2.4.4	Niederschlagserosivität (R-Faktor)	88
5.3	Branddisposition der Testgebiete	90
5.3.1	Meteorologische Bedingungen vor den Bränden	90
5.3.2	Volumetrischer Bodenwassergehalt	93
5.3.3	Trockenheitsindizes für Bodenwassergehaltsberechnungen	95
5.3.4	Kanadisches Feuerwetterindexsystem	96
5.3.5	Brandgutfeuchte	97
5.3.6	Brandgutmenge und Brandgutzusammensetzung	99
5.3.7	Zusammenfassende Bewertung der Branddisposition	100
5.4	Feuerdynamik und Feuereigenschaften	101
5.4.1	Wärmetransport in den Boden	101
5.4.2	Feuerintensität	102
5.4.3	Feuerlinienintensität	103
5.4.4	Streuschicht-, Strahlungs- und Bodentemperaturen	103
5.4.4.1	Streuschichttemperaturen	103
5.4.4.2	Strahlungstemperaturen	104
5.4.4.3	Bodentemperaturen	105
5.4.5	Dauererhöhter Temperatureinwirkung in der Streuschicht, an der Bodenoberfläche und im Boden	107
5.4.5.1	Verweildauer der Flammenfront in der Streuschicht	108
5.4.5.2	Dauer erhöhter Strahlungstemperaturen	108
5.4.5.3	Dauer erhöhter Bodentemperaturen	109
5.4.6	Bodenoberflächen- und Bodentemperaturen anderer Untersuchungs- gebiete	110
5.4.7	Bodentemperaturabschätzungen für die übrigen Testgebiete	110
5.4.8	Feuerausbreitungsgeschwindigkeit	110
5.4.9	Masseverlust durch Verbrennung	111

6	Wasser- und stoffhaushaltliches Prozessgeschehen	113
6.1	Einleitung	113
6.2	Oberflächenabfluss	113
6.2.1	Bildung und Wirkungen von Oberflächenabfluss	113
6.2.2	Oberflächenabflussjahreswerte	114
6.2.3	Niederschlagsbezogener Oberflächenabfluss	116
6.2.4	Zeitliche Entwicklung des Oberflächenabflussverhaltens	118
6.2.5	Variabilität des Oberflächenabflussverhaltens	122
6.2.6	Effekte von Bränden auf das Oberflächenabflussverhalten	122
6.2.7	Funktionaler Zusammenhang zwischen Oberflächenabfluss und anderen Parametern	125
6.2.8	Vergleich mit Literaturwerten	127
6.3	Infiltration und Hydrophobizität	129
6.3.1	Begriffe und Prozessmechanismen	129
6.3.2	Infiltrationsraten	130
6.3.3	Feuerinduzierte Hydrophobizität	131
6.3.4	Vergleich mit Literaturwerten	132
6.4	Bodenerosion	133
6.4.1	Erosionsprozess und Erosionsformen	133
6.4.2	Bodenerosion auf den Testparzellen	136
6.4.2.1	Gesamtabtrag	136
6.4.2.2	Niederschlagsbezogener Bodenabtrag	138
6.4.3	Sedimentkonzentrationen	141
6.4.4	Zusammenhänge zwischen Bodenerosion und weiteren Parametern	143
6.4.4.1	Bodenerosion und Oberflächenabfluss	143
6.4.4.2	Bodenerosion, Bodenbedeckungsgrad und Niederschlagsparameter	145
6.4.4.3	Bodenerosion und Erosionsdisposition	147
6.4.5	Bodenerosionsschadenskartierung und Feldbeobachtungen auf verschiedenen Brandflächen	147
6.4.6	Murgänge nach Bränden im Kastanienwaldgürtel	149
6.4.7	Vergleich mit Literaturwerten	149
6.5	Nährstoffhaushaltliche Aspekte	151
6.5.1	Einleitung	151
6.5.2	Chemische Eigenschaften der Asche	152
6.5.2.1	Austauschbare Kationen	152
6.5.2.2	pH-Gehalt	152
6.5.3	Nährstoffaustrag durch Oberflächenabfluss, Bodenabtrag und Sickerwasser	154
6.5.3.1	Nährstofffrachten und-konzentrationen im Oberflächenabfluss	154
6.5.3.2	Nährstofffrachten und-konzentrationen im Bodenabtrag	158
6.5.3.3	Nährstoffkonzentrationen im Sickerwasser	158
6.5.4	Vergleich mit Literaturwerten	158

7	Feuerinduzierte Veränderungen im Oberboden	159
7.1	Einleitung	159
7.2	Korngrössenzusammensetzung	159
7.3	Scheinbare Dichte (p_s), reelle Dichte (p_r) und Porenvolumen.	160
7.4	C _{tot} - und N _{tot} -Gehalt	160
7.5	pH-Wert	162
7.6	Austauschbare Kationen	165
7.7	Bodenrespiration und mikrobielle Biomasse	167
8	Diskussion der Resultate	169
9	Bewertungsanleitung Erosion auf Kastanienwaldbrand- flächen (BA EroKaBr)	173
9.1	Einleitung	173
9.2	Probleme und Grenzen von Bewertungsmethoden	175
9.3	Feuermanagement und Erosionsrisikobewertungen	175
9.4	Grundlagen der BA EroKaBr	177
9.4.1	Niederschlagserosivität (R-Faktor)	178
9.4.2	Skelettkorrigierte, bodenbedingte Erodibilität (K_{sk} -Faktor)	178
9.4.3	Hangneigung und erosive Hanglänge (LS-Faktor)	181
9.4.4	Bodenbedeckung (C-Faktor)	182
9.5	Bodenabtragsschätzungen mit USLE-Modellen	185
9.5.1	Vorbemerkungen	185
9.5.2	Vergleich zwischen gemessenem und mit der USLE berechnetem Bodenabtrag	186
9.5.2.1	USLE-Modell	186
9.5.2.2	BA EroKaBr Modell	187
9.6	Bodenerosionsanfälligkeitsbewertung	188
9.7	Bodenkonservierungsmassnahmen auf Brandflächen	189
9.8	Schlussgedanken zur BA EroKaBr	190
10	Schlussfolgerungen und Ausblick	191
10.1	Schlussfolgerungen	191
10.2	Ausblick	193
11	Zusammenfassung	195
12	Literatur	197