

Vergleichende Untersuchungen zum oberflächengebundenen Wasser- und Stoffhaushalt auf Weinbaustandorten mit unterschiedlicher Bodenbedeckung

Andrea SRUGIES und Manfred FRÜHAUF

5 Abbildungen und 3 Tabellen

ABSTRACT

SRUGIES, A.; FRÜHAUF, M.: Investigations to surface runoff in vineyards with different forms of cultivation. – *Hercynia N.F.* 39 (2006): 11 – 24.

In this contribution, the influence on rainfall runoff in vineyards is described, focusing on different forms of cultivation (grass cover, bark, bare soil) in the study area “Weinbaubereich Mansfelder Seen” (Sachsen-Anhalt, Germany). Statistical calculations (box-plot analysis, statistical tests) was used to compare three examination areas, based on a two-years long series of measurements related to the quantity an quality of overland flow. Contrary to the general theory, the grass cover had the greatest tendency to build surface runoff. The highest ability of retention could award to the bare surface. In addition the article discusses the mean of these findings in regional and vinegrowing connection.

Key words: overland flow, retention, vineyard cultivation, Mansfelder Land

1 EINFÜHRUNG

Pflanzen besitzen spezifische Ansprüche an die Standortverhältnisse. Für die besonders Wärme liebende Weinpflanze (*Vitis vinifera*) kann der mitteleuropäische Raum mit dem nördlichsten europäischen Qualitätsweinbaugebiet an Saale und Unstrut diesbezüglich nur als Extremareal verstanden werden (WEBER 1980). Lohnender Weinanbau ist hier nur an sonnenexponierten Steillagen der Uferhänge der größeren Flüsse und Seen möglich. Diese Standorte besitzen auf Grund ihrer starken Hangneigungen eine besondere Anfälligkeit für Bodenabträge und Stoffabträge über den Pfad des Oberflächenabflusses. Darüber hinaus weist die Weinbaukultur eine Reihe weiterer spezifischer abflussfördernder Besonderheiten auf. Hierzu gehören z. B. die Pflanzung in Reihen entlang des Gefälles sowie die häufige Bodenbearbeitung und Befahrung der Flächen auf immer denselben Spuren.

In der Saale-Unstrut-Region besteht bezüglich der Oberflächenabflussbildung eine besondere Brisanz durch die vorherrschenden Niederschlagsverhältnisse im Mitteldeutschen Trockengebiet mit geringen Jahresniederschlagssummen unter 600 mm und häufigen konvektiven Starkniederschlagsereignissen (SEILS 2000), die das sommerliche Niederschlagsmaximum bedingen. Während für Ackerflächen Untersuchungen zum Abfluss- und Erosionspotential vorliegen, fehlen diese für die Sonderkultur Weinbau. Damit verbunden ergeben sich Informationsdefizite bezüglich alternativer Bearbeitungsvarianten, mit denen nicht nur ein verbesserter Bodenschutz, sondern auch eine Reduktion der Nährstoffverluste und letztlich eine gesteigerte Ertragslage, erreicht werden kann. Die vorliegende Studie möchte einen Beitrag zur Klärung des oberflächengebundenen Wasser- und Stoffhaushaltes von Weinbaustandorten mit unterschiedlicher Bodenbedeckung (Schwarzbrache, Dauerbegrünung, Rindenmulchbedeckung) in der Saale-Unstrut-Region liefern. Da im Gesamtzeitraum auf keiner Bearbeitungsvariante messbare Sedimentansammlungen in den Proben festgestellt werden konnten, musste die Betrachtung auf das Oberflächenabflussverhalten und den damit verbundenen gelösten Stoffaustausch beschränkt bleiben. Eine Beurteilung der partikulären Stoffabträge, die Rückschlüsse auf die Erosionsleistung ermöglichen, war nicht möglich.

2 UNTERSUCHUNGSSTANDORT

Das im Rahmen eines vom Land Sachsen-Anhalt geförderten Forschungsprojektes durch die AG Geoökologie am Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität eingerichtete Intensivmessfeld am traditionellen „Heineckeberg“ unweit der Ortslage Rollsdorf (Landkreis Mansfelder Land) befand sich in den Jahren zwischen 2000 und 2005 an der südexponierten Bundsandsteinflanke am Nordrand der Subrosionssenke der Eislebener Niederung (Abb. 1). Es umfasste die oberste Hanglage (ca. 800 m²) eines vierstufigen Terrassenkomplexes, der in regionaltypischer Weise mit Buntsandstein-Trockenmauern befestigt ist. Das Bodensubstrat wird durch bis zu 4 Meter mächtige Lößablagerungen gebildet, die stellenweise starke, durch Erosion bedingte, Kappungen aufweisen. Im Untergrund stehen rote, feinsandige Tonschiefer des Unteren Buntsandsteins an. Durch die Rebflächenbereinigung und mehrmaliges Rigolen wurden Bodenstruktur und Hangmorphologie zum Teil stark anthropogen verändert.

Auf dem 1994 aus einer Aprikosenplantage neu aufgerebten Weinberg entstand durch Planierungsarbeiten ein gleichmäßiges Relief mit annähernd konstanten Neigungen von 15° ohne Quergefälle. Als Bodenformen sind Pararendzina-Rigosole auf Löß mit erosionsbedingt verschiedenen Mächtigkeiten der humosen Horizonte entwickelt. Am Hangfuß dominieren kolluviale Ablagerungen. Die Gassenlänge der Rebzeilen beträgt 40 Meter, die Gassenbreite 1,5 Meter. Es wurden drei Bedeckungsvarianten untersucht: Die Variante „Offen“ wurde als Schwarzbrache jeweils im Mai mit einem dreiteiligen Seilschleppzug und Grubbern bearbeitet. Zusätzlich erfolgte eine Bodenbearbeitung mit Motorhacke und Fräse, um eine Verkrautung zu unterbinden. Bei der Variante „Dauerbegrünt“ erfolgte durch Mahd eine Kontrolle der natürlichen Sukzession. Die dritte Bearbeitungsvariante bildete eine „Rindenmulch“-Bedeckung, die im Mai 2000 durch das Ausbringen einer 10 Zentimeter mächtigen Nadelholz-Rindenmulch-Schicht geschaffen wurde.

3 GELÄNDE- UND LABORMETHODIK

Die Oberflächenabflussmessungen orientierten sich an der jeweiligen Rebzeilenstruktur. Es wurden keine durch Bleche abgetrennten Messparzellen eingerichtet, da die untersuchten Weinbergareale einer normalen maschinellen Bewirtschaftung zugänglich bleiben mussten. Durch die bearbeitungsbedingte Anhäufung von Bodenmaterial entlang der Rebzeile konnte ein Abflussübertritt ausgeschlossen werden. Am Hangfuß des jeweiligen untersuchten Rebzeilenzwischenraumes war ein Fangtrichter mit Lochblechabdeckung gegen das Eindringen von Tieren und Einspülen großer Gegenstände angebracht. Über ein flexibles Rohrleitungssystem wurde der Oberflächenabfluss in Auffangvorrichtungen geleitet. Auf der offenen Variante konnten die Proben mit Hilfe eines mikrorechnergestützten Probennehmers (1-Liter-Kippzähler) aufgefangen werden (näher erläutert bei LIERMANN 2001, 2003). Die Beprobungen der Varianten „Dauerbegrünt“ und „Rindenmulch“ erfolgten mit Hilfe Kaskadenauffangvorrichtungen, bestehend aus einem 12-Liter- und einem nach geschalteten 200-Liter-Gefäß. Um nach möglichst jedem Abflussereignis die Sammelgefäße zu leeren, wurden die Weinberge zweimal pro Woche kontrolliert. Die nachfolgende laborchemische Untersuchung der Proben erfolgte im Institut für Geographie an der Martin-Luther-Universität. Tab. 1 listet die nach DIN-Normen analysierten Untersuchungsparameter auf. Nur die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert wurden im unfiltrierten Zustand ermittelt. Parallel zu den Abflussmessungen erfolgte eine sekundengenaue Niederschlagsregistrierung mit Hilfe eines unbeheizten automatischen Wippregennessers in Norm-Hellmann-Maßen mit einem Kippvolumen von 0,1 mm.

Der für die Untersuchung zur Verfügung stehende Datenumfang betraf einen Zeitraum von rund zwei Jahren (zwischen dem 14. 07. 2000 und dem 16. 09. 2002).

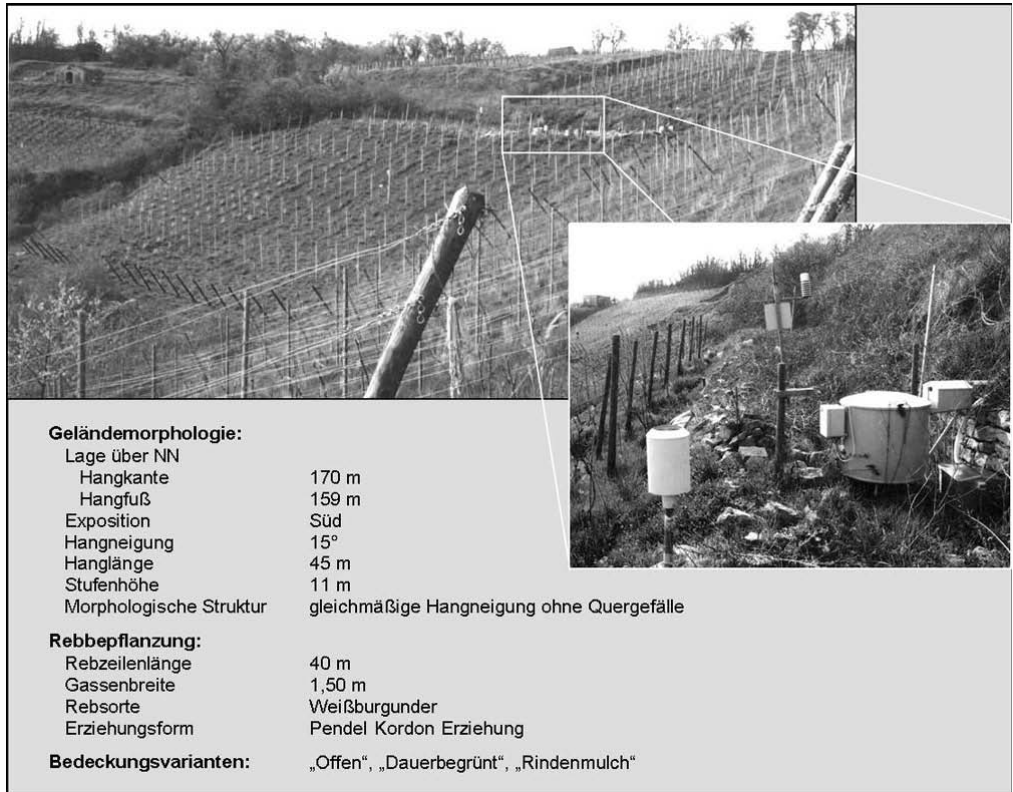


Abb. 1 Morphologische und bearbeitungstechnische Standorteigenschaften des „Heineckebergs“

Tab. 1 Datenumfang der im Gelände und Labor aufgenommenen Parameter der Abflussmengen und Wasserchemie

	„Offen“	„Dauerbegrünt“	„Rindenmulch“	Abflussphasen mit Abfluss in allen Varianten
Geländeerfassung				
Abflusssumme (A)	64	47	42	40
Laboruntersuchung				
pH-Wert (pH)	59	47	42	38
elektrische Leitfähigkeit (LF)	59	47	42	38
Natrium (Na ⁺)	59	46	42	37
Kalium (K ⁺)	59	47	42	38
Magnesium (Mg ²⁺)	59	47	42	38
Calcium (Ca ²⁺)	59	47	42	38
Chlorid (Cl ⁻)	59	47	42	38
Nitrat (NO ₃ ⁻)	56	47	42	37
Ortho-Phosphat (oPO ₄ ²⁻)	54	40	42	32
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	59	38	42	30
Sedimentaustrag	0	0	0	0

4 STATISTISCHE ANALYSE

4.1 Theoretische Ansätze und Vorüberlegungen

Zur Beantwortung der Frage, inwieweit sich die untersuchten Bearbeitungsvarianten bezüglich ihrer Oberflächenabflussbildung und des hieran gebundenen Stoffaustrags unterscheiden, sollten die drei Untersuchungsflächen einem statistischen Vergleich unterzogen werden.

Die beprobten Messflächen lagen in einer sehr geringen räumlichen Entfernung zueinander, so dass die räumliche Heterogenität der Niederschläge vernachlässigt werden konnte. Der Niederschlag sowie die Schneedecke und der Energieeintrag zur Schneeschmelze konnten somit als annähernd gleich über den Flächen verteilt angesehen werden. Damit wurde ein direkter Vergleich der Abfluss- und Stoffaustragswerte möglich, der sich trotz des Fehlens eines beheizten Niederschlagsmessgerätes auch auf die Wintermonate ausweiten ließ. Mögliche Unterschiede in den Messwerten wurden auf flächeninterne Faktorendifferenzen zurückgeführt. Die Substrat-, Boden-, Relief- und weinbaulichen Faktorenausprägungen verteilten sich homogen auf alle drei Messfelder, wodurch es vertretbar erschien, mögliche Wertedifferenzen dem Faktor Bodenbedeckung, d.h. vorrangig der Bearbeitungsvariante, zuzuschreiben.

Eine Zuordnung der ermittelten Abflüsse zu einzelnen Niederschlagsereignissen war auf den dauerbegrüntem und mit Rindenmulch bedeckten Messfeldern auf Grund der Abflusssammlung in Behälterkaskadensystemen nicht möglich. Die Abflüsse lassen sich nur als potentielle Mischproben den Gesamtniederschlägen der Abflussphasen, d.h. den Zeiträumen zwischen dem jeweilig letzten Geländegang und der Behälterleerung, zuordnen. Angaben über abflusswirksame Niederschlagsverhältnisse sind nur in Form von Verhältnissen der Abflusshöhen zu den Niederschlagshöhen der Abflussphasen in die Betrachtung einzubeziehen. Die Niederschlagsregistrierung mit Hilfe eines unbeheizten Gerätes verhinderte für die Wintermonate (Oktober bis März) selbst diese relativ unscharfen Aussagen. Da im vorliegenden Beitrag vor allem ein Vergleich zwischen den drei Bearbeitungsvarianten vorgenommen werden soll, wird auf eine methodisch machbare zeitlich hochaufgelöste Beschreibung der Niederschlags-Abfluss-Prozessfolge (vgl. SRUGIES 2004) für die automatisch beprobte offene Variante verzichtet.

Auf Grund der unterschiedlichen Beprobungsmethoden mussten die zeitlich hochaufgelösten Werte des offen gehaltenen Messfeldes in eine den Messwerten der Varianten „Dauerbegrünt“ und „Rindenmulch“ angepasste Ausgabeform überführt werden. Dazu wurden aus den Konzentrationswerten der Proben mit automatischer Kippregistrierung sowie manueller Kippauslösung entsprechend den Zwischenzeiträumen der Geländebegehungen Mischproben generiert. Die Einzelkonzentrationen gingen dabei gemäß ihrer jeweiligen Abflusssumme in die Berechnung ein. Danach konnten die Gesamtkonzentrationen der Mischproben den Gesamtabflusssummen der jeweiligen Abflussphasen zugeordnet werden.

Auf Grundlage der vorhandenen Daten beschränkte sich die Problemlösung auf eine Untersuchung der Oberflächenabflussbildung und der darin gelösten Stoffgehalte. Die Stoffausträge wurden hierbei sowohl absolut (n [mmol/60m²]) betrachtet, d.h. die gemessenen Werte in Bezug auf das Einzugsgebiet von 60 m² sowie relativ (c [mmol/l]) mit Hilfe von Stoffkonzentrationen je Liter Abfluss. Dabei wurde dem Phänomen Rechnung getragen, dass eine Variante zwar höhere absolute Stoffausträge auf Grund einer stärkeren Abflussbildung zeigen kann, ihr Abfluss relativ zur Einheitsmaßangabe von einem Liter aber möglicherweise geringer konzentriert ist. Als Betrachtungs- und Berechnungsgrundlage wurde ein Stoffmengenbezug den üblicherweise verwendeten Massenangaben vorgezogen, da hierdurch intervariable Vergleiche erleichtert werden.

Um eventuelle Abweichungen im saisonalen Vergleich zu überprüfen, wurden die Daten nach ihrer Zugehörigkeit zum Winter- bzw. Sommerhalbjahr klassifiziert. Von einer Unterteilung entsprechend der Hydrologischen Jahre wurde Abstand genommen, da nur für das Hydrologische Jahr 2001 eine vollständige Datenreihe vorlag.

4.2 Statistische Berechnungsmethodik

Zur Problemlösung wurden verschiedene statistische Verfahren angewandt. Zunächst erfolgte eine einfache Auszählung der abflusswirksamen Abflussphasen. Ebenfalls wurden Gesamtabflusssummen so-

wie die Summen der auf die jeweiligen 60m²-Einzugsgebiete bezogenen Stoffausträge berechnet. Zur Abschätzung der Dimensionierung der einzelnen Austragsereignisse erfolgte die Berechnung statistischer Maßzahlen für Abflüsse und Stoffausträge in einer univariaten Datenanalyse. Die Anwendung der statistischen Verfahren konzentrierte sich dabei vor allem auf die Gruppe der Abflussphasen, in denen alle drei Varianten Abfluss erzeugten (N = 40). In Bezug auf diese Datengruppierung wurden für die Abflüsse und Stoffausträge ebenfalls Gesamtsummen sowie Zentral- und Streumaße zur Beschreibung eventueller Unterschiede berechnet. Ebenso erfolgten die Berechnungen für die Stoffkonzentrationen und die elektrische Leitfähigkeit der Abflüsse. Zur besseren Veranschaulichung wurden Boxplots gestaltet (vgl. BÜHL et ZÖFEL 1999). Da nach einer Prüfung durch den Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (VOSS 2004) eine Normalverteilung der Abfluss-, Stoffaustrags- und Konzentrationswerte nicht angenommen werden konnte, musste zur statistischen Absicherung der Erkenntnisse auf verteilungsunabhängige Testverfahren zurückgegriffen werden. Es wurden der Vorzeichentest nach Dixon et Mood sowie der Wilcoxon-Rangtest für zwei verbundene Stichproben, auch bezeichnet als Wilcoxon-Test für Paardifferenzen (VOSS 2004) verwendet.

Mögliche Unterschiede in der Quantität und Qualität der Abflüsse zwischen den Sommer- und Wintermonaten wurden mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben überprüft.

5 ERGEBNISSE

5.1 Niederschlagsverhältnisse

Die Niederschlagsmessungen ergaben für den Messzeitraum August 2001 bis Juli 2002 eine Gesamtsumme von 349 mm. Allerdings waren dabei rund 51 Fehltage zu verzeichnen. Durch das „Auffüllen“ der Fehlwerte mit Hilfe von Messungen der rund 2 km entfernten Station Wansleben, konnten als Jahresniederschlagshöhe 430 mm angegeben werden. Im Zeitraum August 2000 bis Juli 2001 wurden 556 mm Niederschlag ermittelt. Entsprechend einer Trennung von Niederschlagsereignissen bei einer gemessenen Niederschlagsintensität von weniger als einer Kippregistrierung (< 0,1 mm) in 6 Stunden (vgl. SCHWERTMANN et al 1990, ROHRER 1985), lag die mittlere Niederschlagshöhe der Ereignisse bei 3,3 mm. Der Median der Niederschlagshöhen kann mit 1,2 mm angegeben werden. Das maximale gemessene Ereignis wurde mit 48 mm in 19,3 Stunden am 17. 07. 2002 erfasst.

Auf Grund der Homogenitätsannahme der Niederschlagsverhältnisse über den Untersuchungsflächen kann im vorliegenden Beitrag von einer genaueren Beschreibung des Niederschlagsgeschehens abgesehen werden.

5.2 Oberflächenabfluss

Die Häufigkeitsanalyse ergab in der Gesamtheit 67 Abflussphasen, die sich im Messzeitraum Juli 2000 bis September 2002 auf die einzelnen Bearbeitungsvarianten, wie in Tab. 2 dargestellt, verteilen. Die Variante „Offen“ war in 64 Abflussphasen abflusswirksam, dabei in 20 allein. Auf den dauerbegrünt und Rindenmulch bedeckten Flächen wurden 47 bzw. 42 Abflussphasen registriert. In Bezug auf die Abflusshäufigkeit kann die offene Fläche damit als deutlich abflusswirksamer angesehen werden.

Trotz der Unterzahl an abflusswirksamen Beobachtungsphasen erbrachte die Variante „Dauerbegrünt“ mit 254 Litern im Gesamtzeitraum rund 100 Liter mehr Abfluss als die Variante „Offen“ mit 151 Litern (Tab. 2). Den geringsten Gesamtabfluss lieferte die Rindenmulch-Variante mit 120 Litern im Gesamtzeitraum, was rund der Hälfte des Abflusses der dauerbegrünt Fläche entspricht.

Ähnliche Verhältnisse zeigen sich in einem auf die 40 Abflussphasen, in denen alle drei Beobachtungsflächen Abfluss wirksam waren, beschränkten Vergleich. Mit 245 Litern lag hier die Gesamtabflusssumme der dauerbegrünt Fläche sogar fast 120 Liter über der offenen mit ca. 126 Litern. Die Rindenmulch-Fläche ergab mit 118 Litern ebenfalls rund halb so viel Abfluss wie die dauerbegrünte und zeigte damit den geringsten Gesamtwert.

Tab. 2 Vergleich der Abflussverhältnisse der drei Bearbeitungsvarianten

	„Offen“	„Dauer begrünt“	„Rinden mulch“
Anzahl der Abflussphasen	64	47	42
Gesamtsumme der Abflusssummen			
Gesamtheit der Abflussphasen [l/60m ²]	151,1	254,3	120,1
Abflussphasen mit Abfluss auf allen Varianten [l/60m ²]	125,9	245,7	118,0
Median der Abflusssummen			
Abflussphasen mit Abfluss auf allen Varianten [l/60m ²]	2,0	3,8	1,1
Maximum der Abflusssummen			
Abflussphasen mit Abfluss auf allen Varianten [l/60m ²]	21	50	12

Ähnliche Verhältnisse vermittelte die univariate Statistik. So wurden für die Variante „Dauerbegrünt“ ein Median der Abflusshöhen von 3,8 Litern, für die Varianten „Offen“ und „Rindenmulch“ von 2,0 bzw. 1,1 Litern errechnet. Auch in den maximalen Abflusshöhen übertraf das dauerbegrünte Messfeld die beiden anderen um 138% bzw. 316%.

Die Unterschiede zwischen den Abflussbildungen auf der dauerbegrünten Fläche und den beiden anderen Varianten konnten mit Hilfe des Vorzeichentests nach Dixon et Mood und des Wilcoxon-Rangtests auf dem 99%-Signifikanzniveau bestätigt werden. In den Verteilungen der Abflusssummen der offenen und Rindenmulch bedeckten Fläche wurden dagegen keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

In der Aufteilung der Abflusssummen auf die Sommer- und Wintermonate ähnelten sich die Varianten „Offen“ und „Dauerbegrünt“ mit 58% zu 42% bzw. 56% zu 44%. Auf der mit Rindenmulch bedeckten Fläche lag das saisonale Verhältnis dagegen bei ca. 2:1 (66,1% zu 33,9%). Obgleich diese saisonalen Differenzen einem statistischen Test nicht standhielten, wird die Tendenz eines leicht höheren sommerlichen Abflusses auf allen drei Beobachtungsflächen ersichtlich.

5.3 Stoffausttrag

Wie in den Abflüssen übertraf die dauerbegrünte Variante die beiden anderen in der Gesamtsumme des oberflächenabflussgebundenen Stoffausttrags im Untersuchungszeitraum zum Teil erheblich. In Abb. 2 sind die Verhältnisse der Gesamtsummen für die 40 Abflussphasen, in denen alle Varianten Abfluss zeigten, zusammengestellt. Die Box-Plots der Abb. 3 bilden die Zentralwerte und Verteilungen der absoluten Stoffaustträge (n [mmol/60m²]) ab.

Ein Vergleich zwischen den Varianten „Offen“ und „Dauerbegrünt“ zeigt für fast alle untersuchten Nährstoffe signifikante Unterschiede in den Stoffausttragungswerten und zum Teil in den Stoffkonzentrationen der Oberflächenabflüsse auf. Allein in den Natrium- und Hydroniumionengehalten konnte keine ausreichende Signifikanz der hydrochemischen Unterschiede in den Abflüssen ermittelt werden. In den Gesamtausträgen der 40 Abflussphasen, in denen alle Varianten Abfluss aufwiesen, erreichte die offene Fläche für alle untersuchten Parameter nur rund 3/5 der Werte der dauerbegrünten, für die Nitrat-, Phosphat- und Sulfatausträge nur rund 20%.

Die höheren absoluten Stoffaustträge auf der dauerbegrünten Fläche für die Kalium-, Nitrat-, Phosphat- und Sulfationen, in den saisonal getrennten Zeitschnitten auch für Magnesium- und Chloridionen, sind dabei nachweislich nicht nur auf die quantitativ höheren Abflüsse zurückzuführen. Es ließen sich vielmehr für diese Stoffe auch in den Konzentrationen (c [mmol/l]), d.h. pro Liter Abfluss, signifikant höhere Werte auf der Variante „Dauerbegrünt“ nachweisen (Abb. 4).

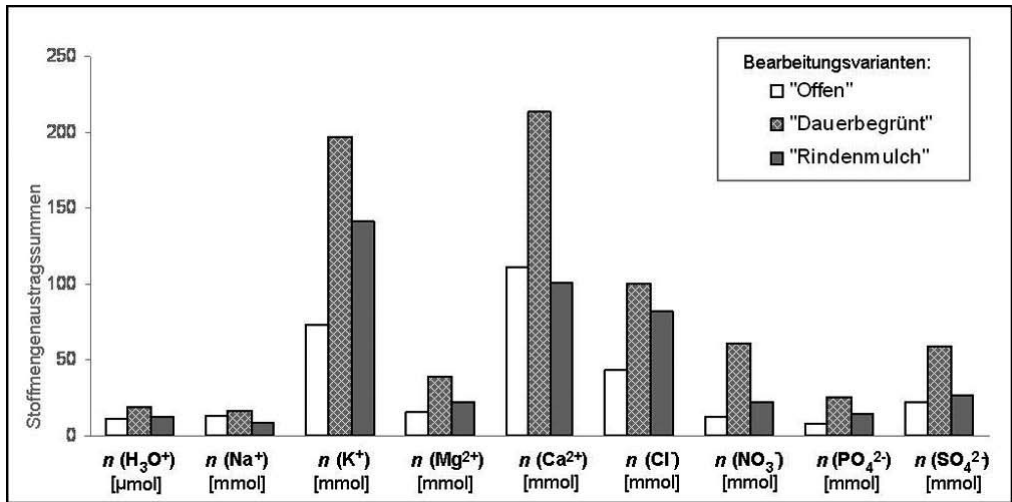


Abb. 2 Stoffausstragssummen in den Abflussphasen mit Abfluss in allen drei Bearbeitungsvarianten (N: siehe Tab. 1)

Damit übertraf die dauerbegrünte Beobachtungsfläche die offene sowohl in den absoluten als auch in den relativen gelösten Stoffausträgen für die Kalium-, Magnesiumionen, Chlorid, Sulfat, Nitrat und Phosphat. Für den Gesamtzeitraum erreichten die Mediane der absoluten Stoffausträge der Variante „Offen“ die der Variante „Dauerbegrünt“ nur zu 33 bis 63 %.

Bezüglich der Calciumionen konnte dieser Zusammenhang jedoch nicht festgestellt werden. Hier war eine statistisch abgesicherte Unterscheidung der Stoffkonzentrationen zwischen den Abflussgehalten der Varianten „Offen“ und „Dauerbegrünt“ nicht möglich. Die signifikant höheren absoluten Stoffausträge auf der dauerbegrünten Fläche (Median: 2,21 mmol/60 m²) gegenüber der offenen (Median: 1,25 mmol/60 m²) müssen somit allein der höheren Abflussquantität zugesprochen werden.

Für den Säureausstrag sind statistisch ähnliche Verhältnisse zwischen der offenen und der begrünten Fläche zu konstatieren. Sowohl in den Stoffausträgen als auch in den Stoffkonzentrationen der Hydroniumionen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Ebenso verhielten sich die Austräge für die Natriumionen, so dass sie mit Hilfe der durchgeführten Testverfahren nicht statistisch getrennt werden konnten. Hier wurde allerdings für die Wintermonate ein Unterschied in den Stoffkonzentrationen zwischen den Varianten erkannt. Tab. 3 fasst die Ergebnisse der statistischen Prüfung mittels des Wilcoxon-Rangtests zusammen.

Zwischen den Bearbeitungsvarianten „Dauerbegrünt“ und „Rindenmulch“ traten ebenso große Unterschiede in den absoluten sowie relativen Stoffausträgen auf (Abb. 3, Abb. 4, Tab. 3). In den Austragssummen nahezu aller untersuchten Parameter übertraf die dauerbegrünte Fläche die Rindenmulch-Variante im Gesamtzeitraum erheblich, hinsichtlich der Natrium-, Calcium-, Nitrat- und Phosphationen sogar über das Doppelte (Abb. 2). In Bezug auf die Hydronium-, Calcium-, Nitrat- und Sulfationen können diese Unterschiede in der gesamten Messperiode als statistisch abgesichert gelten.

Für die übrigen Ionen wurden demgegenüber keine oder jeweils nur in einer Saison signifikante Unterschiede in den absoluten Stoffausträgen ermittelt. Auch in den Abflusskonzentrationen übertraf die Variante „Dauerbegrünt“ die Variante „Rindenmulch“ in den Calcium-, Nitrat- und Sulfationen in mindestens einem Zeitschnitt deutlich. Für diese Stoffgruppe gehen die erfassten Verhältnisse nicht nur auf höhere Abflusssummen der Variante „Dauerbegrünt“ zurück, sondern zeigen auf, dass der Abfluss auch auf einen Liter bezogen höhere Gehalte aufwies. Hinsichtlich der Natrium-, Chlorid-, Kalium- und Magnesiumionen drehte sich das Verhältnis dagegen um. Für diese Stoffgruppe wurden in den Abflüssen

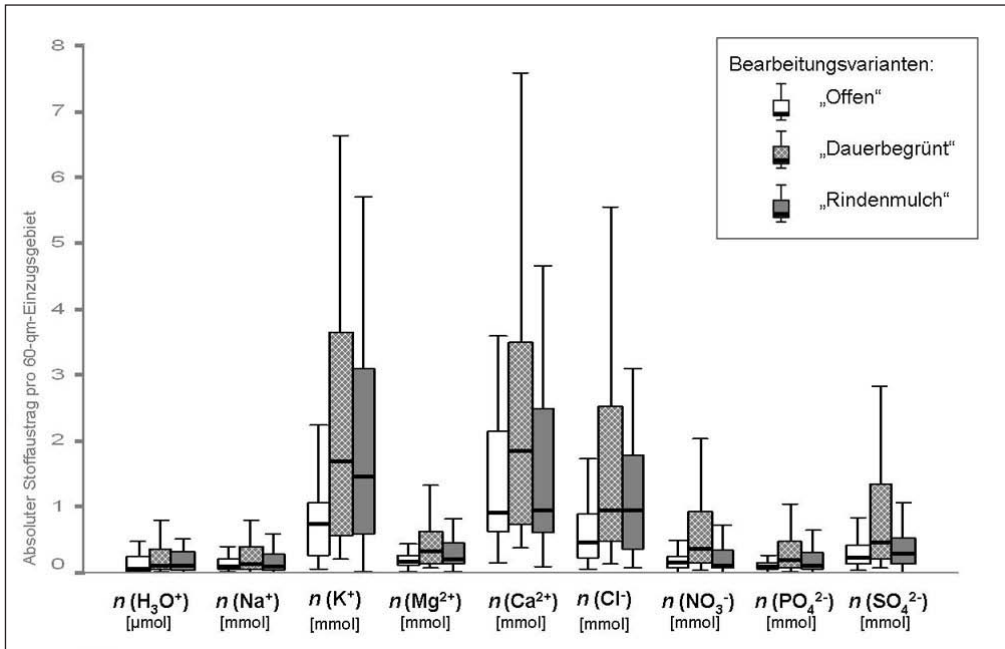


Abb. 3 Boxplots der absoluten Stoffausträge bezogen auf 60-m²-Einzugsgebiete (N: siehe Tab. 1, Abflussphasen mit Abfluss auf allen Varianten)

der mit Rindenmulch bedeckten Beobachtungsfläche signifikant höhere Stoffkonzentrationen gegenüber den Abflüssen der dauerbegrünteren ermittelt.

Ebenso ist ein signifikant höherer Säureaustrag auf der Rindenmulch-Variante zu konstatieren. In den Wintermonaten wurden darüber hinaus signifikant höhere elektrische Leitfähigkeiten festgestellt. Die Variante „Rindenmulch“ wies somit höhere Konzentrationen an Natrium-, Chlorid-, Kalium-, Magnesium- und Hydroniumionen sowie der elektrischen Leitfähigkeit in ihren Einzelabflüssen auf. Auf Grund geringerer Abflusshöhen führten diese aber nicht zu einer Dominanz in den absoluten Stoffausträgen und Austragssummen gegenüber der dauerbegrünteren Variante.

Der Vergleich der Austragssummen des Gesamtmeszeitraumes zwischen den Varianten „Offen“ und „Rindenmulch“ ermöglicht keine einheitlichen Aussagen. Die Natrium- und Calciumionen-Werte verwiesen auf einen stärkeren Gesamtaustrag auf der offenen gegenüber der Rindenmulch-Fläche.

In Bezug auf die anderen Nährstoffe übertraf die Variante „Rindenmulch“ die offene in den Austragssummen trotz gleicher Abflusshöhen. Für die Chlorid-, Nitrat-, Phosphat- und Sulfationen erreichten die Austragssummen der offenen nur rund die Hälfte der mit Rindenmulch bedeckten Fläche, für die Kaliumionen nur 37%. In den Austragssummen der Hydroniumionen ähnelten sich die beiden Varianten. In Bezug auf die absoluten Stoffausträge der Einzelereignisse an Kalium-, Magnesium-, Chlorid- und Phosphationen konnten die in den Austragssummen erfassten, höheren Werte für die Rindenmulch-Variante signifikant bestätigt werden. Für die Natrium-, Calcium- und Nitrationen wurden im Gesamtzeitraum größere Mediane auf der offenen Fläche angezeigt, wobei sich diese Unterschiede aber einem statistischen Beleg entzogen. In den Box-Plots der Konzentrationsverteilungen der Kalium- und Chloridionen traten zwischen der offenen und der Rindenmulch bedeckten Variante deutliche Unterschiede hervor (Abb. 4). Für beide Ionen sowie das Phosphat erreichten die Mediane der offenen Fläche nur zu 30% die der Rindenmulch bedeckten. Ein ähnliches Verhalten konnte für die Magnesiumionen festgestellt werden.

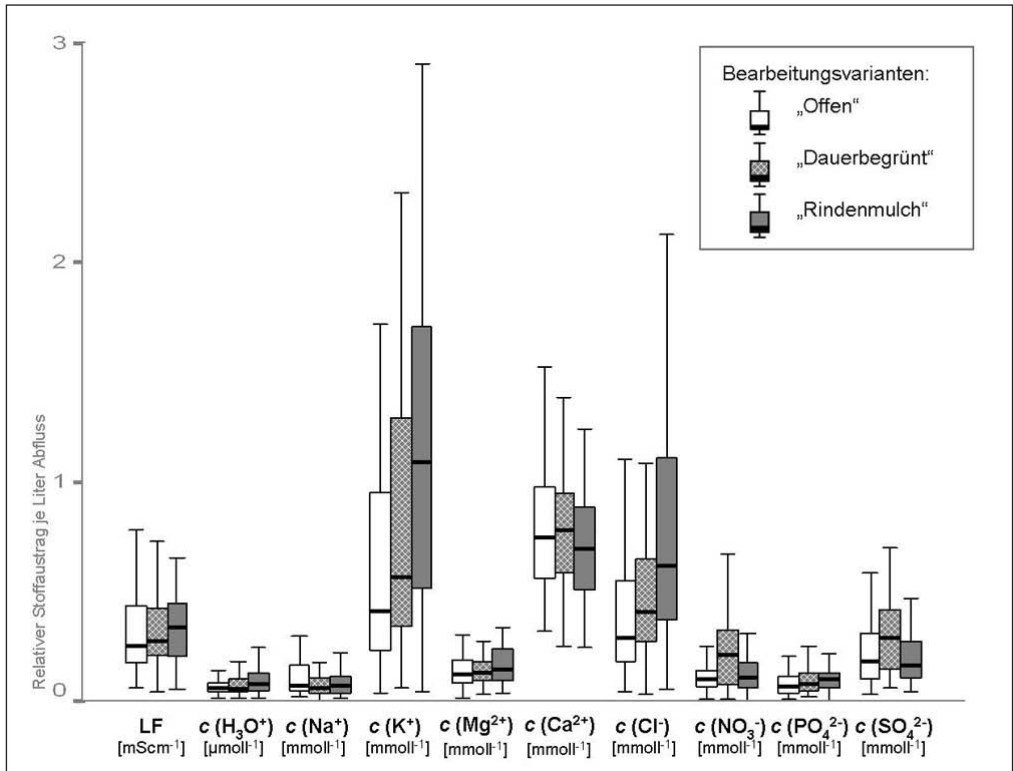


Abb. 4 Boxplots der Stoffkonzentrationen der Einzelabflüsse (N: siehe Tab. 1, Abflussphasen mit Abfluss auf allen Varianten)

Die Unterschiede zwischen der offenen und der Rindenmulch bedeckten Fläche wurden in Bezug auf diese vier Stoffe auf einem hoch- bis höchstsignifikanten Niveau getestet, was die erfassten Verhältnisse mit gleichen Abflüssen und gleichzeitig höheren Stoffausträgen bestätigte. Für alle anderen Parameter wurden keine statistisch abgesicherten Unterschiede ermittelt.

Insgesamt sind die sommerlichen Stoffausträge den winterlichen auf allen drei Varianten überlegen (Abb. 5), zum Teil resultierten dreimal höhere Mediane. Nur für das Chlorid und Nitrat auf der offenen sowie für die Natriumionen auf der Rindenmulch-Fläche wurden in den Wintermonaten höhere Stoffaustragsmediane berechnet. Die in den Austragssummen und absoluten Austrägen der Einzelereignisse erkannten Unterschiede in den Zeitschnitten lassen sich aber nur zum Teil mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests nachweisen.

5.4 Ergebniskonklusion

Eine Rangfolge zwischen den drei Varianten in ihrem Abfluss- und Stoffaustragsverhalten bildend, muss im Ergebnis der durchgeführten statistischen Analysen und mit Blick auf den Untersuchungszeitraum der dauerbegrünt Variante der „Spitzenplatz“ eingeräumt werden. Sie übertraf die offene Variante sowohl in den Abflüssen, als auch in den absoluten und relativen Stoffausträgen mehrheitlich. Ebenso zeigte sie im Vergleich zur Variante „Rindenmulch“ verstärkte Oberflächenabflussbildung und Stoffaustragstendenzen.

Tab. 3 Zusammenfassung des Vergleichs zwischen den drei Varianten

Vergleich der absoluten Stoffausträge [mmol/60 m ²] zwischen den Bearbeitungsvarianten			
	"Offen" : "Dauerbegrünt"	"Offen" : "Rindenmulch"	"Rindenmulch" : "Dauerbegrünt"
SO ₄ ²⁻	< (**)	= ()	< (**)
NO ₃ ⁻	< (***)	= ()	< (***)
Ca ²⁺	= (**)	= ()	< (**)
H ₂ O ⁺	= ()	= ()	< (**)
Na ⁺	= ()	= ()	< (**)
PO ₄ ²⁻	< (***)	< (**)	< (**)
Cl ⁻	< (***)	< (**)	= ()
K ⁺	< (**)	< (**)	= ()
Mg ²⁺	< (**)	< (**)	< (**)

Vergleich der Stoffkonzentrationen [mmol/l] zwischen den Bearbeitungsvarianten			
	"Offen" : "Dauerbegrünt"	"Offen" : "Rindenmulch"	"Rindenmulch" : "Dauerbegrünt"
SO ₄ ²⁻	< (**)	= ()	< (**)
NO ₃ ⁻	< (**)	= ()	< (**)
Ca ²⁺	= ()	= ()	> > > ()
H ₂ O ⁺	= ()	= ()	> > > ()
Na ⁺	< (**)	= ()	> > > ()
PO ₄ ²⁻	< (**)	< (**)	= > > ()
Cl ⁻	< (**)	< (**)	> > > ()
K ⁺	< (**)	< (**)	> > > ()
Mg ²⁺	< (**)	< (**)	> > > ()
Elektrische Leitfähigkeit	= ()	= ()	> > > ()

Zeichenerklärung: Testergebnisse des WILCOXON-Test für Paardifferenzen
 <, >, = Vergleich der Bearbeitungsvarianten anhand der Richtung der Paardifferenzdominanz
 (***) höchst signifikant, Signifikanz ≤ 0,001
 (**) hoch signifikant, Signifikanz ≤ 0,01
 (*) signifikant, Signifikanz ≤ 0,05
 () Signifikanz > 0,05
 schwarze Färbung: Signifikanzniveau im Gesamtuntersuchungszeitraum erreicht
 graue Färbung: Signifikanzniveau in mindestens einem der saisonalen Zeitschnitte erreicht

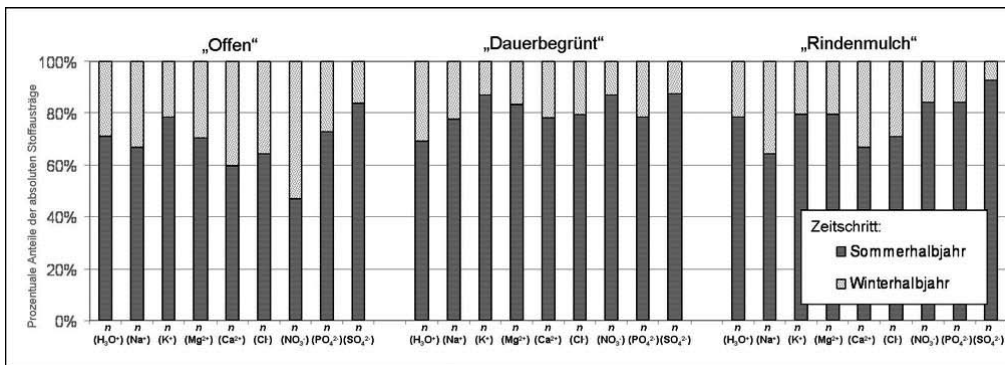


Abb. 5 Prozentuale Verteilung der Stoffaustragssummen zwischen Sommer- und Winterhalbjahr für die Abflussphasen mit Abfluss in allen drei Bearbeitungsvarianten (N: siehe Tab. 1)

Die mit Rindenmulch bedeckte Fläche erbrachte in der Gesamtheit den geringsten Abfluss. Bezüglich der ermittelten Abflussphasen, die auf allen Varianten zu Abfluss führten, konnten allerdings keine statistisch abgesicherten Unterschiede im Wasserhaushaltsverhalten zur offenen Variante festgestellt werden. Trotzdem übertraf die Rindenmulch-Variante die offene im Austrag einer Reihe von Nährstoffen. Ihre

relativ geringen Abflüsse sind in Bezug auf die Kalium-, Magnesium-, Chlorid- und Phosphationen höher konzentriert als die der offenen Fläche. Gegenüber der dauerbegrünten Variante wiesen ihre Abflüsse höhere Konzentrationen an Natrium-, Chlorid-, Kalium-, Magnesium- und Hydroniumionen sowie an elektrischer Leitfähigkeit auf. Die relativen Stoffausträge der Variante Rindenmulch lassen damit eine höhere Anfälligkeit bezüglich des Oberflächenabfluss gebundenen Transfers bestimmter Stoffe erkennen.

Der offenen Untersuchungsfläche konnten in keiner Betrachtungsebene statistisch abgesichert gegenüber den beiden anderen Bearbeitungsvarianten höhere Werte nachgewiesen werden. Ihre Abflüsse können als relativ gering angesehen werden. Ihre absoluten Stoffausträge „unterlagen“ denen der dauerbegrünten Variante mehrheitlich und unterboten bzw. ähnelten denen der Rindenmulch-Variante. Auch in den Stoffkonzentrationen wurden gegenüber den beiden anderen Varianten niedrigere Werte erreicht. Damit traten auf der offenen Untersuchungsfläche die geringste Oberflächenabflussbildung und der niedrigste (gelöste) Stoffaustrag im Vergleich der drei Bearbeitungsvarianten auf.

Hieraus ableitend kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass sich die drei Bearbeitungsvarianten unterschiedlich bezüglich ihres oberflächengebundenen Wasser- und Stoffaustrags verhalten. Als in diesem Sinne für eine weinbauliche Nutzung am geeignetesten kann unter Zugrundelegung des methodischen Ansatzes und des begrenzten Messzeitraums die Bearbeitungsvariante „Offen“ angesprochen werden.

6 DISKUSSION

Aus geoökologischer Sicht können Weinberge als spezifisch agrarisch genutzte Ökosysteme betrachtet werden. Die ablaufenden Prozesse werden durch vielfältige Faktoren bestimmt und stehen in einem komplexen Wirkungszusammenhang. Eine Erfassung aller für eine realgetreue Beurteilung und Simulation relevanten Parameter ist häufig aus personellen, technischen und vor allem finanziellen Engpässen in der geoökosystemaren Forschung nicht möglich. Für die vorliegende Betrachtung lagen daher keine Informationen zu den entscheidend wirksam werdenden Infiltrationsbedingungen wie Porenvolumen und Lagerungsdichte der Böden vor. Eine höhere Oberflächenrauigkeit oder ein erhöhter Anteil von Grobporen in der Form von Trocken- und Frostrissen auf der offenen Variante, wie sie [DIKAL](#) (1988) und [ROTH](#) (1992) als abflussmindernde Faktoren beschreiben, konnte zwar vermutet, jedoch nicht durch eigene Datenerfassungen belegt werden. Die erbrachten Ergebnisse stehen der allgemeinen Auffassung entgegen, dass vegetationsbedeckte Flächen eine höhere Retentionswirkung besitzen als offen gehaltene. Ein Vergleich der ermittelten Erkenntnisse zu den durch [CAESAR](#) (1986) und [DIECKMANN](#) et al. (1985) gefundenen Beziehungen zwischen Abflussbildung und Vegetationsbedeckung war nicht möglich, da Vegetationskartierungen im Laufe des Untersuchungszeitraumes nicht durchgeführt werden konnten. Die vorgefundene Abfluss mindernde Wirkung der Variante „Rindenmulch“ entspricht demgegenüber in vielerlei Hinsicht den aus der Literatur bekannten Erkenntnissen. Als mögliche Ursachen können eine Verringerung der Fließgeschwindigkeiten, der Rückhalt des Wassers in Unebenheiten der Auflagenoberfläche sowie ein höheres Porenvolumen auf Grund eines aktiveren Edaphons ([KÖNIG](#) 2000) genannt werden.

Auch in Bezug auf das Stoffaustragsverhalten gestaltete sich eine Klärung der Ursachen schwierig. Die geringen Nährstoffkonzentrationen in den Oberflächenabflüssen der offenen Variante geben Hinweise darauf, dass hier vor allem Hortonscher Direktabfluss gebildet wurde ([BAUMGARTNER](#) et [LIEBSCHER](#) 1996). Im Vergleich zur dauerbegrünten Fläche können letztlich schwächere Lösungsvorgänge und Kontakte zur Bodenlösung vermutet werden, die in einer relativ trockenen, verkrusteten Bodenoberfläche oder größeren Aggregaten mit geringeren relativen Oberflächen ihre wahrscheinliche Hauptursache finden. In den Abflüssen der Rindenmulch bedeckten Fläche können in den ermittelten Nährstoffkonzentrationen verstärkte Kommunikationen zur Bodenlösung erkannt werden. Die direkte Weitergabe der Lösungsfracht an den Abfluss über eine höhere Bodenfeuchte in der Auflagenschicht ist genauso denkbar, wie höhere Nährstoffgehalte auf Grund von verstärkten Mineralisierungsvorgängen in der organischen Bodenaufgabe. Ein Einfluss des niedrigeren pH-Wertes, das heißt eines größeren Vorkommens organischer Säuren in

Oberflächennähe, auf den Stoffaustrag kann dagegen in Folge berechneter partieller Korrelationskoeffizienten ausgeschlossen werden (SRUGIES 2004). Auch auf der dauerbegrünt Fläche könnten die höheren Stoffkonzentrationen gegenüber der offenen Variante auf höhere Gehalte gelöster, das heißt pflanzenverfügbarer Nährstoffe in Folge einer höheren biologischen Aktivität zurückgehen. Die auffällige Dominanz im Austrag der Sulfat-, Calcium- und Nitrationen gegenüber den beiden anderen Varianten, lässt aber auch den Verdacht auf eine stärkere Verdichtung des Bodenkörpers zu. In Bezug auf Sulfate und Nitrate dominieren, verursacht durch gute Löslichkeitseigenschaften, vertikale Verlagerungsrichtungen im Bodenkörper (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Eine gehinderte Sickerungsbewegung könnte dabei zu einem verstärkten horizontalen Transport mit Hilfe des Oberflächenabflusses auf der dauerbegrünt Fläche geführt haben.

7 BEDEUTUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass es im Messzeitraum wiederholt zu Oberflächenabflüssen und gelösten Stoffausträgen aus den Weinbergflächen kam. Ein Großteil der beobachteten Abflüsse kann dabei Starkniederschlagsereignissen zugesprochen werden. So gingen mit 2500 lha⁻¹ rund 10% des im gesamten Messzeitraum (07/2000 bis 09/2002) auf der offenen Beobachtungsfläche erfassten Abflusses allein auf ein Starkniederschlagsereignis am 17. 07. 2002 zurück. Diese Beobachtung stützt die Angaben von THOMAS (1983) über extreme Abfluss- und Sedimenttransportereignisse im Bereich der Mansfelder Mulde. Insgesamt kann der Oberflächenabfluss jedoch als gering eingestuft werden. Nur 0,2% der Jahresniederschlagshöhe flossen im Untersuchungszeitraum von den Messfeldern ab. Die gemessenen Jahresniederschlagssummen lagen dabei im Dimensionsbereich der für das Gebiet beschriebenen Werte (SCHRÖDER 1986). Mit Blick auf die von FORNAÇON et al. (2002) für die Mansfelder Mulde aufgezeigte potentielle Evapotranspiration von rund 550 mma⁻¹ und der daraus berechneten negativen klimatischen Wasserbilanz, wird die vorherrschende hydrologische Situation erkennbar. Hieraus begründet sich die Problematik einer sukzessiven Dauerbegrünung der Weinbergflächen. Ihre Retentionsleistung kann auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse im Verhältnis zu den beiden anderen betrachteten Varianten als gering eingestuft werden. Wird darüber hinaus noch die erhöhte Transpirationsleistung beachtet und die damit verbundene wasserkonkurrierende Wirkung, erscheint es möglich, dass extrem trockene Witterungsbedingungen verstärkt zu den unter anderem von KÖNIG (2000) beobachteten Mangelversorgungen der Weinpflanzen führen. Die Folge könnte in einer geringeren Weinqualität liegen, ausgedrückt in der „Untypischen Alterungsnote“ (UTA) (HÜHN et al. 1997), die direkte ökonomische Konsequenzen für den Winzer nach sich zieht.

Den Untersuchungsergebnissen folgend können die offene und die Rindenmulch bedeckte Variante daher als geeignetere Bedeckungsvarianten gelten. Bei der Beurteilung der Schwarzbrachennutzung muss beachtet werden, dass im untersuchten Zeitraum keine Bodenabträge nachgewiesen wurden. Die Bodenverhältnisse der durch historischen Weinbau geprägten Standorte mit häufig gekappten Bodenprofilen und Kolluvien am Hangfuß lassen allerdings auf das Vorkommen von erosiven Vorgängen schließen (FRÜHAUF 2003). Inwieweit sich die offene und die Rindenmulch-Fläche diesen Prozessen gegenüber verhalten, war mit Hilfe der vorliegenden Daten nicht zu klären. In den Ergebnissen erscheint zwar die offene Variante in ihrer Retentionsleistung als optimal, eine endgültige Empfehlung kann aber auf Grund dieser Überlegungen nicht gegeben werden. Weiterführende Untersuchungen des Oberflächenabfluss- und Stoffaustragsverhaltens der Weinbauflächen im Mansfelder Land sind daher unbedingt anzuraten.

8 ZUSAMMENFASSUNG

SRUGIES, A.; FRÜHAUF, M.: Vergleichende Untersuchungen zum oberflächengebundenen Wasser- und Stoffhaushalt auf Weinbaustandorten mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung. – *Hercynia N.F.* **39** (2006): 11 – 24.

Im vorgelegten Beitrag wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluss verschiedene Bearbeitungsvarianten (Schwarzbrache, Dauerbegrünung, Rindenmulchbedeckung) unter weinbaulicher Nutzung in Bezug auf den oberflächengebundenen Wasser- vor allem aber Stoffhaushalt besitzen. Als übergeordnetes Ziel konnte dabei die Ermittlung der geeignetsten Variante für den Untersuchungsraum „Weinbaubereich Mansfelder Seen“ formuliert werden. Mit Hilfe statistischer Verfahren wurden drei Messareale unterschiedlicher Bearbeitung anhand von Daten aus einer 2-jährigen Feldmesskampagne bezüglich ihrer quantitativen und qualitativen Oberflächenabflussbildung miteinander verglichen. Die Ergebnisse weisen auf eine höhere Abfluss- und Stoffaustragstendenz der dauerbegrünten Beobachtungsfläche gegenüber den beiden anderen Verfahren hin. Die höchste Retentionsleistung konnte der Variante „Offen“ zugesprochen werden. Die Bedeutung dieser Erkenntnisse wird im vorliegenden Beitrag auch im regionalen und weinbaulich-wirtschaftlichen Kontext diskutiert.

9 DANKSAGUNG

Der Artikel basiert auf einer Diplomarbeit am Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (SRUGIES 2004). Die zugrunde liegenden Daten wurden durch Herrn Dipl.-Geogr. R. Liermann freundlicherweise zur Verfügung gestellt. In jahrelanger Feld- und Laborarbeit wurden sie von ihm im Rahmen des durch das Land Sachsen-Anhalt geförderten Projektes „Vergleichende Untersuchungen zur Erfassung und Bewertung wassergetragener Sediment- und Stofftransferprozesse in Weinbaugebieten Sachsen-Anhalts hinsichtlich der Belastungswirkung auf Böden und Gewässer“ aufgenommen.

10 LITERATUR

- BAUMGARTNER, A.; LIEBSCHER, H.-J. (1996): Lehrbuch der Hydrologie. Bd. 1: Allgemeine Hydrologie: Quantitative Hydrologie. – 2. Aufl., Stuttgart.
- BÜHL, A.; ZÖFEL, P. (1999): SPSS Version 8 – Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. – 5. Aufl., Bonn.
- DIECKMANN, H.; HARRIS, H.-P.; MOTZER, H.; SEUFFERT, O. (1985): Die Vegetation als Steuerfaktor der Erosion. – Geoök. 6: 121-148.
- DIKAU, R. (1988): Oberflächenabfluß und Bodenabtrag von Meßparzellen des Versuchsgebietes „Hollmuth“. – In: BARSCH, D.; FLÜGEL, W.-A. (Ed.): Niederschlag, Grundwasser, Abfluß: Ergebnisse aus dem hydrologisch-geomorphologischen Versuchsgebiet „Hollmuth“. – Heidelberg. Geogr. Arb. 66: 127-146.
- CAESAR, K. (Ed.) (1986): Einführung in den tropischen und subtropischen Pflanzenbau. – Frankfurt/Main.
- FORNAÇON, C.; HARTMANN, K.-J.; SRUGIES, A. (2002). Zur standortkundlichen Kennzeichnung von Bodentypen in Landschaften des Schwarzerdegebietes. – Hall. Jb. Geowiss. A 24: 89-96.
- FRÜHAUF, M. (2003): Eine kurze naturkundliche Exkursion um die „Blauen Augen“ des Mansfelder Landes. In: FREMDENVERKEHRSVEREIN MANSFELDER LAND EISLEBEN e. V. (Ed.): 1030 Jahre Weinbau: Bereich Mansfelder Seen. – Eisleben: 67-74.
- HÜHN, T.; SPONHOLZ, W.-R.; GAFNER, J. (1997): Einflussfaktoren der vorzeitigen und untypischen Weinalterung. – Schweiz. Z. Obst. Weinb. 25: 636-638.
- KÖNIG, D. (2000): Möglichkeiten zur Begrenzung von Stofftransporten im Steillagen-Weinbau im östlichen Rheinhessen. – In: MAUSBACHER, R.; BAADE, J.; GUDE, M. (Ed.): Geomorphologische Prozessforschung: Stofftransport, Methodik und Regionale Aspekte. – Z. Geomorph. N. F. 121: 63-76.
- LIERMANN, R. (2001): Untersuchungen zur Oberflächenabflussbildung und zum wassergebundenen Stoffaustrag in der Sonderkultur Weinbau im Saale-Unstrut-Gebiet (Sachsen-Anhalt). – Hall. Jb. Geowiss. A 23: 27-39.
- LIERMANN, R. (2003): Untersuchungen zum Bodenabtrag und zur Oberflächenabflussbildung im Weinanbaugebiet „Saale-Unstrut“ - Automatische Registrierung des Prozessgeschehens und abflussabhängige Probenahme als methodischer Ansatz der Ereignis-separation. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 101: 87-88.
- ROHRER, J. (1985): Quantitative Bestimmung der Bodenerosion unter Berücksichtigung des Zusammenhanges Erosion-Nährstoff-Abfluss im oberen Langete-Einzugsgebiet (Napfgebiet, südlich Huttwil). – Physiogeographica 6, Basel.
- ROTH, C. H. (1992): Die Bedeutung der Oberflächenverschlämmung für die Auslösung von Abfluß und Abtrag. – Bodenöko. Bodengen. 6, Berlin.

- SCHACHTSCHABEL, P.; BLUME, H.-P.; BRÜMMER, G.; HATGE, K.H.; SCHWERTMANN, U. (1998): Scheffer/Schachtschabel | Lehrbuch der Bodenkunde. – 14. Aufl., Stuttgart.
- SCHRÖDER, H. (1986): Allgemein-geographische Charakteristik der natürlichen Verhältnisse des südöstlichen Harzvorland. – *Hercynia*, N. F. **23**: 1-14.
- SCHWERTMANN, U.; VOGEL, W.; KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen., 2. Aufl. – Stuttgart.
- SEILS, M. (2000): Holozäne Sediment- und Bodenverlagerungen im östlichen Harzvorland – Wirkungen und Ursachen nutzungsbedingter Landschaftsveränderungen. – Halle.
- SRUGIES, A. (2004): Vergleichende Untersuchungen zum oberflächengebundenen Wasser- und Stoffhaushalt auf Weinbaustandorten mit unterschiedlicher Boden-/Substratgenese. – Dipl. arb. Univ. Halle.
- THOMAS, M. (1983): Böden und Feststoffumlagerungen im Einzugsgebiet des Süßen Sees bei Eisleben. – *Peterm. Geogr. Mitt.* **4**: 257-259.
- VOSS, W. [HRSG.] (2004): Taschenbuch der Statistik. – 2. Aufl., Leipzig.
- WEBER, W. (1980): Die Entwicklung der nördlichen Weinbaugrenze in Europa. – Trier.

Manuskript angenommen: 5. Dezember 2005

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geographin Andrea Srugies, Prof. Dr. Manfred Frühauf

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Fachbereich Geowissenschaften

Institut für Geographie

Von-Seckendorff-Platz 4

D-06120 Halle

e-mail: andrea.srugies@geo.uni-halle.de / manfred.fruehauf@geo.uni-halle.de