

Zusammenhang zwischen weinbaulichen und bodenbiologischen Parametern im Rahmen eines Versuchs zur Bodenbedeckung im Weinbau

P. Illmer und F. Schinner

Relation between grape harvest and soil microbial parameters determined within an investigation concerning soil coverage in viticulture

1. Einleitung

Seit dem Frühjahr 1993 werden im Einzugsbereich des Neusiedler Sees an verschiedenen Standorten ökologisch und ökonomisch sinnvolle Varianten der Bodenbewirtschaftung als Alternative zur traditionellen Art der Bodenpflege untersucht. Seit alters her wird im pannonischen

Raum der Boden „sauber“, d. h. mechanisch offen gehalten. Dies war bei der niederen Stockkultur eine Notwendigkeit, wurde aber wegen der zunehmenden Mechanisierung auch in der Hochkultur beibehalten. In den letzten Jahren wurde vermehrt versucht, mit teilzeitlichen oder ganzjährigen Bodenbegrünungen bzw. mit Stroh als Bodenbedeckung der mit dem offenen Boden oft einhergehenden N-Bela-

Summary

Different kinds of soil tillage (open soil, grassing in spring and in winter, permanent coverage with grass, straw application and two procedures of the application of special seeding for organic farming) were investigated in four different vineyards in the catchment area of the Neusiedler See (Austria). Considering the soil coverage, the relations between grape harvest (yield and must) and soil microbial parameters (microbial biomass and respiration, colony forming units of several groups of microorganisms, contents of ATP, activities of xylanase, protease, actual and potential nitrification, N-mineralization, N-fixation, denitrification and decomposition of organic matter) were investigated.

The assessment of sites and tillage considering yield on the one hand and soil microbiology on the other hand was quite contradictory. Obviously microorganisms compete with plants which becomes even stronger as due to the absence of fertilisation a lack in nutrients occurred.

Key words: soil tillage, viticulture, soil microbiological index, model.

Zusammenfassung

An vier Weingärten im Raum Neusiedler See wurden unterschiedliche Varianten der Bodenpflege (offen gehaltener Boden, Frühjahrs-, Winter- und Dauerbegrünung, Strohbdeckung und zwei Varianten des Einsatzes von biologischem Saatgut mit frühem und spätem Umbruch) untersucht. Es wurde versucht, in Abhängigkeit von der Bedeckungsvariante einen Bezug zwischen weinbaulichen Faktoren (Mostgewicht in °Oe und Ertrag auf Basis traubentragender Rebstöcke) und bodenbiologischen Parametern (mikrobielle Biomasse und Atmung, Keimzahlen von unterschiedlichen Organismengruppen, ATP-Gehalte, Aktivitäten von Xylanase, Protease, aktueller und potentieller Nitrifikation, N-Mineralisation, Stickstofffixierung, Denitrifikation und Streuabbau) herzustellen.

Die Beurteilung der Standorte und Bedeckungsvarianten nach Erträgen, Mostgewichten etc. einerseits und nach bodenbiologischen Gesichtspunkten andererseits fiel zumeist genau konträr aus. Zwischen Mikroorganismen und Pflanzen konnte eine Konkurrenzbeziehung aufgezeigt werden, die durch die versuchsbedingt ausgesetzte Düngung und die dadurch suboptimalen Nährstoffversorgungen in den untersuchten Böden noch verschärft wurde.

Schlagworte: Bodenbedeckung, Weinbau, bodenmikrobiologische Kennzahl, Modell.

stung des Grundwassers zu begegnen. Zusätzliche Vorteile einer Bodenbedeckung sind u. a. der Schutz vor Erosion und eine verbesserte Humusbilanz der Böden (BECK, 1984a; PERRET et al., 1989). Daß im pannonischen Raum (im Gegensatz z. B. zur Schweiz oder zu Südtirol) die Bodenbegrünung nicht sehr verbreitet ist, liegt v.a. an den geringen Niederschlägen, wodurch zwischen den Reben und den Begrünungspflanzen eine massive Konkurrenz um das Wasser entsteht. Die Niederschläge an den Versuchsstandorten betragen im langjährigen Mittel während der Vegetationsperiode (April–September) nur ca. 370 mm.

Im Rahmen des Projektes wurden primär ökonomische, bodenkundliche und für den Weinbau relevante Aspekte (Traubenertrag, Mostgewicht, vegetatives Wachstum, Schädlingsbefall, Auftreten von Nützlingen etc.) der verschiedenen Behandlungsvarianten beleuchtet. Im Jahre 1996 (also drei Jahre nach Umstellung der Bodenbearbeitung auf die jeweiligen Varianten) wurden erstmalig einige mikrobiologische Parameter erhoben, um die Auswirkungen unterschiedlicher Bedeckungsvarianten auf die Bodenmikroflora untersuchen zu können. Die Untersuchungen wurden im Jahr 1998 wiederholt. Da diese Daten noch nicht vorliegen, müssen alle hier präsentierten Ergebnisse als vorläufig angesehen werden.

2. Material und Methoden

2.1 Standorte

Die Untersuchungen wurden an vier Standorten (*Gols*, *Halbturn*, *Illmitz* und *Rust* (*G*, *H*, *I* und *R*) im Einzugsbereich des Neusiedler Sees (Österreich) durchgeführt. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Varianten zu ermöglichen, wurden ab dem Untersuchungsbeginn keine Düngemaß-

nahmen mehr zugelassen. Die Beschreibung der Standorte der Bedeckungsvarianten und eine umfassende chemische Bodenanalyse sind in der Tabelle 1 dargestellt und den Berichten des Forschungsprojektes zu entnehmen (ANONYMUS, 1994).

Die Probenahmen für mikrobiologische Untersuchungen erfolgte am 22. 4. 1996 und am 26. 9. 1996. Die Bodenproben wurden auf 2 mm gesiebt und bis zur weiteren Verwendung bei 4° C gelagert.

2.2 Physikalisch/chemische Parameter

Die Bestimmung der potentiellen und aktuellen Acidität erfolgte elektrochemisch. Die Bestimmung der prozentuellen Trockensubstanz erfolgte durch Differenzwägung nach Trocknung bei 105° C. Die Bestimmung der organischen Substanz erfolgte nach Veraschung bei 430° C. Die Wasserkapazität wurde nach einer modifizierten Methode von ÖHLINGER (1996) bestimmt. Der Humifizierungsgrad wurde spektrophotometrisch über das Verhältnis von Fulvo- zu Huminsäuren gemessen (GERZABEK et al., 1996).

2.3 Mikrobiologische Parameter

Es wurden einerseits Parameter ermittelt, die den Belebungsgrad des Bodens charakterisieren (mikrobielle Biomasse und Atmung, Keimzahlen von unterschiedlichen Organismengruppen, ATP-Gehalte), andererseits wurden Parameter bestimmt, die auf Umsatzraten des C- (Xylanase, Streuabbau) und N-Kreislaufs (Protease, aktuelle und potentielle Nitrifikation, N-Mineralisation, Stickstofffixierung, Denitrifikation) schließen lassen.

Tabelle 1: Beschreibung der Standorte, an denen die Untersuchung durchgeführt wurde. Bedeckungsvarianten: *o* offen als praxisüblicher Standard, *w* Winterbegrünung nach Einsaat einer winterharten Getreide-Leguminosenmischung, *f* Frühjahrsbegrünung nach Einsaat von raschwüchsigen Leguminosen, *d* Dauerbegrünung nach Einsaat einer flachwurzelnden Trockengras-Kleemischung, *s* Strohausbringung, *Bio-f* Einsaat einer „Bio-Mischung“ mit frühem Mulchen (vor der Rebblüte), *Bio-s* Einsaat einer „Bio-Mischung“ mit spätem Mulchen (nach der Rebblüte)

Table 1: Description of sites where the investigation was carried out. Tillage: *o* open soil, *w* grassing during winter with a mixture of cereals and legumes, *f* grassing in spring with legumes, *d* permanent coverage with a mixture of grass and legumes, *Bio-f* sowing of a „Bio-mixture“ with cutting before vine blossom, *Bio-s* sowing of a „Bio-mixture“ with cutting after vine blossom

| Standort | Bedeckungsvarianten | Bewirtschaftungsform | Bodentyp | N-min [kg/ha] | Org. Substanz [%] |
|----------|---------------------|----------------------|---------------|----------------|-------------------|
| Gols | o, f, Bio-f, Bio-s | ökologisch | Parabraunerde | 37,1 +/- 18,06 | 4,6 +/- 0,51 |
| Halbturn | o, w, f, d, s | integriert | Tschernosem | 18,8 +/- 6,21 | 6,7 +/- 0,54 |
| Illmitz | o, w, f, d, s | integriert | Rigol | 9,5 +/- 4,61 | 1,4 +/- 0,28 |
| Rust | o, w, f, d, s | integriert | Braunerde | 10,1 +/- 4,83 | 2,5 +/- 0,45 |

Die Analysen wurden entsprechend der jeweils angegebenen Methode durchgeführt: Mikrobielle Biomasse (ANDERSON und DOMSCH, 1978); mikrobielle Atmung (ISERMEYER, 1952); ATP-Gehalt (LEHTOKARI et al., 1983); Proteaseaktivität (KANDELER, 1996a); CMC-Xylanaseaktivität (SCHINNER und VON MERSE, 1990); aktuelle und potentielle Nitrifikation (BERG und ROSSWALL, 1985); Stickstoffmineralisation im anaeroben Brutversuch (KANDELER, 1996b); aktuelle Denitrifikationsrate nach der Acetyleninhibierungstechnik (BAUERNFEIND, 1996); Nitrogenase Aktivität (HARDY et al., 1973, modifiziert). Für die Bestimmung der Bakterien- und Pilzkeimzahlen wurden geeignete Mengen einer verdünnten Bodensuspension auf entsprechenden Nährmedien [Bodenextraktmedium für Bakterien (ILLMER und SCHINNER, 1997), Malzextraktmedium (Fluka Nr. 70145) für Pilze] ausplattiert und die koloniebildenden Einheiten bestimmt. Der Streuabbau wurde mit Standortstreu (fein vermahlene Rebholz) unter standardisierten Bedingungen im Labor gemessen und sowohl absolut (als Abnahme der organischen Substanz) als auch potentiell (im Verhältnis zur bestehenden organischen Substanz) berechnet.

2.4 Statistische Bearbeitung

Je nachdem, ob eine Normalverteilung der Daten vorlag oder nicht, wurde das Datenmaterial mit Regressions- und multifaktoriellen Varianzanalysen beziehungsweise mit Rangkorrelations- und Rangvarianzanalysen hinsichtlich kausaler Zusammenhänge untersucht. Die Hilfsvariable *QUALI* wurde durch Addition der standardisierten $[(x_i - x_m)/s]$ und damit dimensionslosen Ertrags- und Mostgewichtsdaten errechnet. *QUALI* diente als Zielvariable in einem multiplen Regressionsmodell, in dessen Rahmen alle erhobenen mikrobiologischen Parameter auf sieben weinbaulich relevante eingengt wurden. Die Berechnung der bodenmikrobiologischen Kennzahl (*BMK*) erfolgte im Rahmen einer Hauptkomponentenanalyse über die Gewichtungsfaktoren der ersten Hauptkomponente.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beeinflussungsfaktor Standort

Mit Hilfe einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse wurde der Standort als der wichtigste Beeinflussungsfaktor identifiziert. Dies überraschte nicht, da bewußt unterschiedliche

Bodentypen für die Untersuchung ausgewählt worden waren (Tabelle 1). Es konnte bezüglich fast aller erhobenen Parameter ein signifikanter Einfluß des Standortes (zumeist am 0.1 % Niveau) nachgewiesen werden. Exemplarisch seien zwei Parameter angeführt, die Wasserkapazität und die mikrobielle Biomasse.

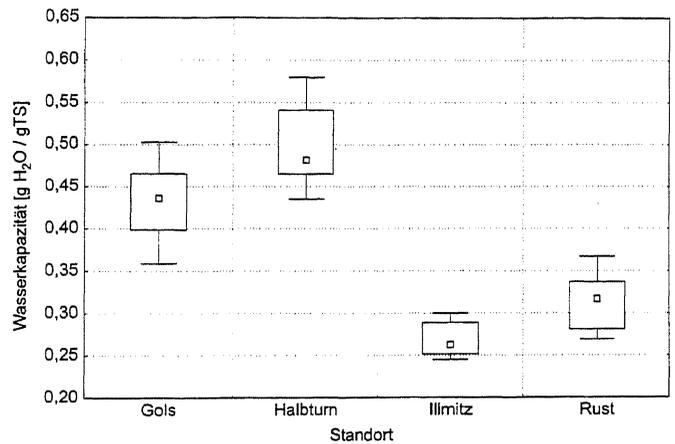


Abbildung 1: Maximale Wasserkapazität [gH₂O / gTS] an den unterschiedlichen Standorten

Figure 1: Water-holding capacity [gH₂O / gDM] at different sites

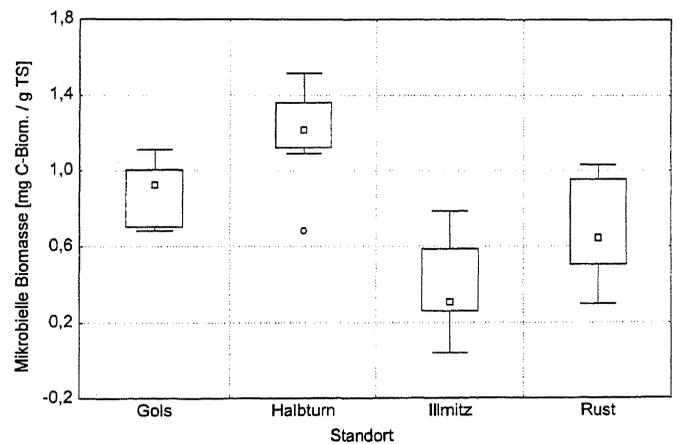


Abbildung 2: Mikrobielle Biomasse [mg C-Biomasse / gTS] an den unterschiedlichen Standorten

Figure 2: Microbial biomass [mg C-biomass / gDM] at different sites

Wie in der Abbildung 2 zeigte sich bezüglich der meisten mikrobiellen Aktivitäten, daß diese im Boden des Standortes *Halbtorn* deutlich höher waren als in *Gols* und *Rust*. Am anderen Ende der Skala fand sich Boden des Standortes *Illmitz*, der durch sehr niedrige Wasserhaltefähigkeit, organische Substanz und mikrobiologische Aktivitäten gekennzeichnet war. Es sei betont, daß diese Bewertung nur im

Hinblick auf den Boden getroffen wurde und (worauf später noch eingegangen werden wird) weder auf die Quantität noch auf die Qualität des dort produzierten Weines schließen läßt.

3.2 Beeinflussungsfaktor Probennahmetermin

Der Faktor Probennahmetermin zeigte bereits weniger signifikante Beeinflussungen als der Faktor Standort und schlug sich vor allem in den die mikrobielle Biomasse beschreibenden Parametern nieder. Speziell die mikrobiellen Keimzahlen waren im Frühjahr deutlich höher als im Herbst. Jahreszeitlich bedingte Schwankungen, die diesen Ergebnissen entsprechen, wurden auch von KOWALCZYK und SCHROEDER (1988) und BUCHANAN und KING (1992) aufgezeigt. Nach der witterungsbedingten Ruhepause im Winter ist meist eine Phase intensiven mikrobiellen Wachstums mit hohen Aktivitäten festzustellen, da große Mengen an Nährstoffen bei gleichzeitiger guter Wasserversorgung verfügbar sind (HAS-SINK et al., 1991). Wie in der Abbildung 4 erkennbar ist, gilt dies insbesondere für Hefen. Diese Organismengruppe findet wegen der in den Weingärten verbliebenen Biomasse große Mengen an Substrat vor, welche aber erst nach Erreichen einer zumindest annähernd optimalen Temperatur metabolisiert werden können.

3.3 Beeinflussungsfaktor Bedeckungsvariante

Der Faktor Bedeckungsvariante hatte erwartungsgemäß weniger signifikante Auswirkungen auf die Untersuchungs-

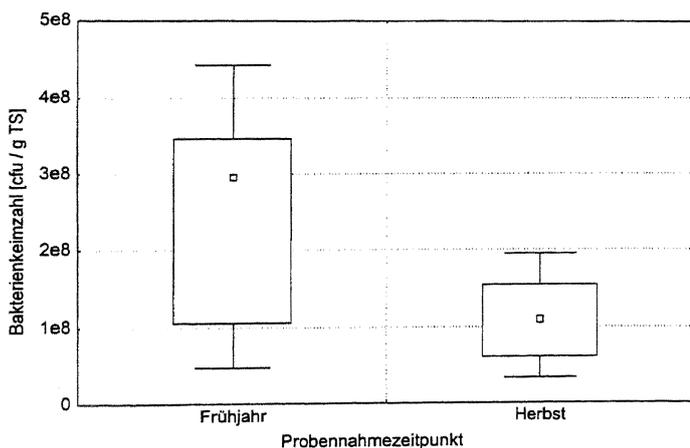


Abbildung 3: Bakterienkeimzahlen (auf BE-Agar) in Abhängigkeit vom Probennahmetermin

Figure 3: Colony forming units of bacteria (on BE-agar) depending on the time of sampling

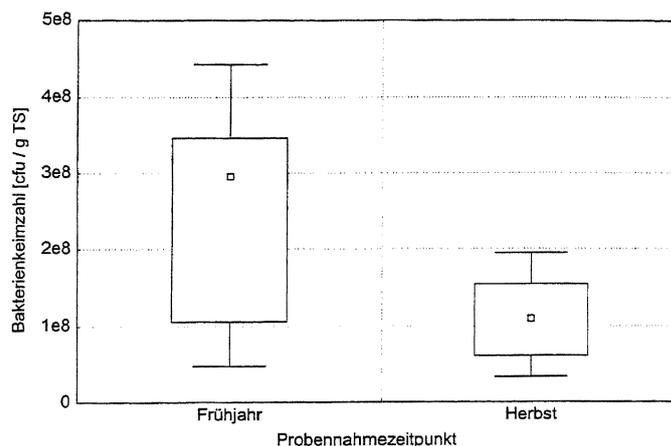


Abbildung 4: Pilzkeimzahlen (auf ME-Agar) in Abhängigkeit vom Probennahmetermin

Figure 4: Colony forming units of fungi (on ME-agar) depending on the time of sampling

variablen als die vorhin besprochenen, doch kommt – den Zielen des Forschungsprojektes entsprechend – den festgestellten Unterschieden trotz teilweise geringerer Signifikanz eine besondere Bedeutung zu.

In den Böden der Standorte *Halbturn*, *Illmitz* und *Rust* wurden einerseits einige bodenchemische Parameter (Acidität, NH_4 -Konzentration Humifizierungsgrad) zum anderen die meisten mikrobiellen Aktivitäten (Protease, Xylanase, aktuelle und potentielle Nitrifikation, N-Mineralisation) höchst signifikant beeinflusst, wohingegen die die mikrobielle Biomasse direkt beschreibenden Parameter (Keimzahlen, mikrobielle Biomasse und Atmung, ATP-Gehalt) kaum beeinflusst wurden. Die erhobenen Enzymaktivitäten, die sowohl durch den Faktor Standort, als auch durch den Faktor Probe- und Bedeckungsvariante stark beeinflusst wurden, erwiesen sich einmal mehr als sensible Meßparameter, um bodenmikrobiologische Veränderungen zu dokumentieren (BECK, 1986; KANDELER, 1986; KOWALCZYK und SCHROEDER, 1988).

In den Abbildungen 5 und 6 sind stellvertretend für andere mikrobiologische Parameter die Xylanaseaktivitäten am integriert bewirtschafteten Standort *Halbturn* und am biologisch bewirtschafteten Standort *Gols* dargestellt.

In den offen gehaltenen Böden wurden die geringsten mikrobiologischen Aktivitäten und demnach Stoffumsätze festgestellt. Eine Mittelstellung nahmen die verschiedenen begrünten Varianten (winter-, frühjahrs- und dauerbegrünt an den Standorten *Halbturn*, *Illmitz* und *Rust*, frühjahrsbegrünt und die beiden biologischen Aussaaten (Bio-f und Bio-s) an dem Standort *Gols*) ein. Die Stroh-Varianten zeig-

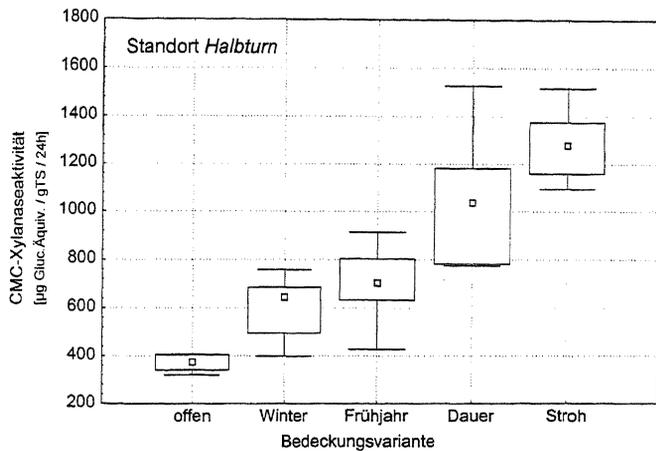


Abbildung 5: CMC-Xylanaseaktivität [μg Glucoseäquivalent / gTS / 24h] in Abhängigkeit von der Bedeckungsvariante am Standort *Halbturm*

Figure 5: Activity of CMC xylanase [μg glucose equivalent / gDM / 24h] depending on soil coverage at the site of *Halbturm*

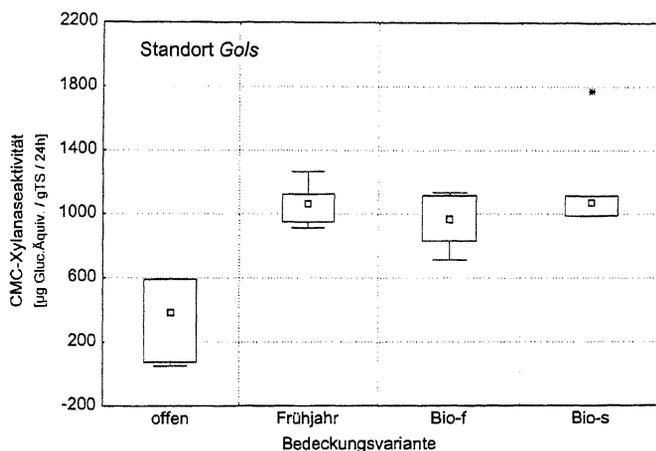


Abbildung 6: CMC-Xylanaseaktivität [μg Glucoseäquivalent / gTS / 24h] in Abhängigkeit von der Bedeckungsvariante am Standort *Gols*

Figure 6: Activity of CMC-xylanase [μg glucose equivalent / gDM / 24h] depending on soil coverage at the site of *Gols*

ten an allen Standorten deutlich die höchsten Aktivitäten. Diese Effekte waren nicht nur im Zusammenhang mit der dargestellten Xylanaseaktivität zu beobachten, bei der eine direkte Substratinduktion durch die Strohhapplikation die Ursache sein könnte, sondern auch beim größten Teil der anderen mikrobiologischen Parameter. Offensichtlich wurden durch das Ausbringen von Stroh die Zersetzungsprozesse in einem Ausmaß oder zumindest in einer Geschwindigkeit in Gang gebracht, wie es durch teilzeitliche oder ganzjährige Begrünung nicht möglich war. Auch in anderen Untersuchungen wurden positive Auswirkungen von

Strohhapplikationen beobachtet (KANDELER, 1986, GUAN, 1989). Dies vor allem in Böden, die ausreichend mit N versorgt waren und in denen keine strohbedingte N-Festlegung droht. Im gegenständlichen Fall mag das Stroh außerdem zu einer strukturellen Verbesserung des Bodens beigetragen und auf diese Weise vor allem am Standort *Illmitz* zusätzlich positiv gewirkt haben.

Da die meisten mikrobiologischen Parameter in der beschriebenen Weise reagierten und um eine allgemeinere Aussage zuzulassen (KOWALCZYK und SCHROEDER, 1988), wurde die sogenannte Bodenmikrobiologische Kennzahl *BMK* eingeführt, die als Maß für die mikrobiellen Aktivitäten dienen soll. Das Konzept einer solchen Kennzahl ist durchaus nicht neu (u. a. BECK, 1984b), wenngleich sich die Art der Berechnung in den letzten Jahren verändert hat. Konnte von BECK (1984b) die *BMK* nur unter Miteinbeziehung seiner großen persönlichen Erfahrung berechnet werden [$BMK = (\text{Biomasse} + \text{Reduktasen} + \text{Hydrolasen}) / 3$], so ist die Berechnung heute über die Anwendung der Hauptkomponentenanalyse auf objektive, nachvollziehbare Grundlagen gestellt (ILLMER et al., 1995).

Statt eine Hauptkomponentenanalyse mit allen mikrobiologischen Parametern durchzuführen, wurde jedoch vorerst noch versucht, über eine zusätzliche Hilfsvariable (*QUALI*) weinbaulich relevante Informationen in die Berechnung der *BMK* mit einfließen zu lassen. Die Daten über Qualität (Mostgewicht in °Oe) und Quantität (auf Basis traubentragender Rebstöcke) der Ernte wurden standardisiert [$(x_i - x_m) / s$] und damit in dimensionslose Verteilungen um den 0-Wert überführt. Aus diesen beiden Verteilungen konnte die Variable *QUALI* errechnet werden. Hohe Werte von *QUALI* (was hohen Ernteerträgen mit hohen Mostgewichten entspricht) wurden als positiv, niedrige *QUALI*-Werte (niedrige Ernteerträge mit niedrigen Mostgewichten) als negativ beurteilt. Die Addition erfolgte arithmetisch, d. h. ohne Gewichtung, weshalb ein gutes Ergebnis im Mostgewicht gleich stark ins Gewicht fällt wie ein hoher Ernteertrag. *QUALI* wurde in der Folge allen erhobenen mikrobiologischen Parametern als Bezugsgröße gegenübergestellt, und mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse mit schrittweiser Variablenauswahl jene Parameter ermittelt, die auf die Variable *QUALI* den größten Einfluß ausübten. Mit diesen sieben weinbaulich relevanten Variablen (der mikrobiellen Biomasse, der Bakterienkeimzahl, der Xylanaseaktivität, der potentiellen Nitrifikation, der N-Mineralisation und dem aktuellen und potentiellen Streuabbau) wurde ein multiples Regressionsmodell erstellt.

Das Modell wurde auf seine Güte und Aussagekraft hin untersucht, indem die realen Werte der Zielvariable *QUALI* den über den Umweg der mikrobiellen Parameter errechneten Werten gegenübergestellt wurden und eine Regression zwischen diesen beiden Variablen errechnet wurde (Abbildung 7). Wegen der großen Übereinstimmung zwischen den beiden Datengruppen ($p < 0.001$), konnte davon ausgegangen werden, daß ein gutes Modell zur Beschreibung der Variable *QUALI* mit Hilfe von mikrobiologischen Meßdaten gefunden worden war.

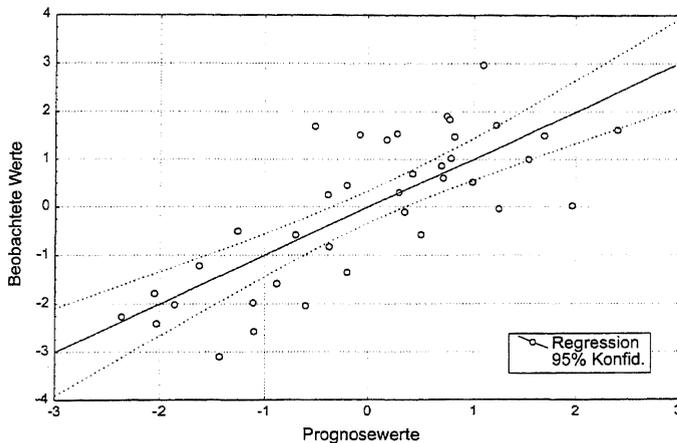


Abbildung 7: Regression zwischen den tatsächlichen *QUALI*-Werten und den über den Umweg der mikrobiologischen Parameter errechneten ($r^2 = 0,59$; $p < 0.001$; Erklärung siehe Text)

Figure 7: Linear regression between real *QUALI* figures and those which were calculated by means of microbial parameters. ($r^2 = 0,59$; $p < 0.001$; explanation see text)

Auch wenn ein solches Modell dazu verleitet, Voraussagen hinsichtlich der zu erwartenden Ernte zu wagen, muß vor großen Hoffnungen in dieser Richtung gewarnt werden. Die verbleibenden Unsicherheitsfaktoren ((Un-)Wetter, Pilzbefall, Stare etc.) können bei praktisch unveränderten Bodenparametern die Qualität und Quantität der Ernte in sehr kurzer Zeit massiv beeinflussen. Die Möglichkeit, über die prinzipielle Eignung eines Standortes für den Weinbau Aussagen zu treffen, könnte jedoch bestehen, was an sich bereits als interessante und weiter zu verfolgende Erkenntnis gewertet werden kann. Allerdings muß eingeschränkt werden, daß mit solchen Modellerstellungen wissenschaftliches Neuland betreten wird (ILLMER et al., 1995) und das konkrete Modell erst (mit den Daten von 1998) adaptiert und/oder verifiziert werden muß.

Mit den oben erwähnten sieben für die Praxis interessanten Parametern wurde eine Hauptkomponentenanalyse

durchgeführt. Über die Gewichtungsfaktoren der ersten Hauptkomponente, die für mehr als 50 % der Gesamtvarianz der sieben Variablen verantwortlich ist, wurde in der Folge die bodenmikrobiologische Kennzahl *BMK* berechnet. Diese kann als zentrale Maßzahl aller weinbaulich relevanten mikrobiologischen Parameter betrachtet werden.

Die Abbildung 8 zeigt die errechneten *BMK*-Werte des Standortes *Halbturn*. Wieder kann auf die Darstellung von *Illmitz* und *Rust* wegen nahezu identer Reaktion verzichtet werden. Die Stroh-Varianten zeigten eindeutig die höchsten Aktivitäten, gefolgt von den verschiedenen begrüntem Varianten. Die offen gehaltenen Böden zeigten einmal mehr die geringsten mikrobiologischen Aktivitäten. (BECK, 1984a; BUCHANAN und KING, 1992). Die Bedeckungsvarianten des ökologisch bewirtschafteten Standortes *Gols* lieferten ein analoges Bild (Abbildung 9). Auch hier wurde in den offen gehaltenen Böden die geringste Aktivität festgestellt, wohingegen die begrüntem Varianten deutlich höher einzustufen waren.

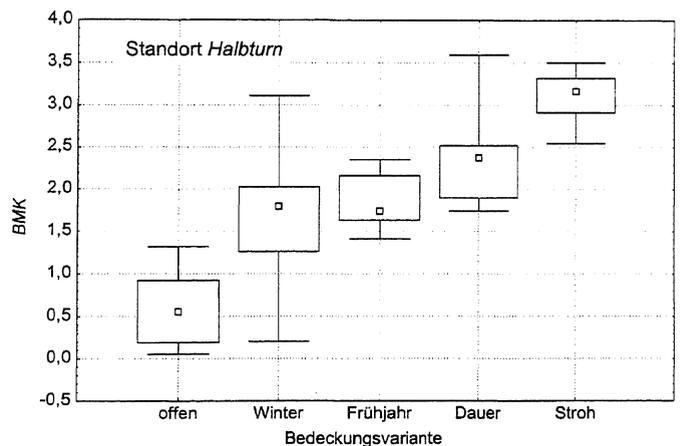


Abbildung 8: Bodenmikrobiologische Kennzahl (*BMK*) in Abhängigkeit von der Bedeckungsvariante am Standort *Halbturn*

Figure 8: Soil microbial index (*BMK*) depending on the coverage of soil at the site of *Halbturn*

Die Ergebnisse bestätigten die bereits festgestellten positiven Auswirkungen der Strohhaplikation. Da die *BMK*-Werte ein beinahe deckungsgleiches Bild lieferten wie die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Xylanaseaktivitäten, schien mit der *BMK* tatsächlich eine geeignete Maßzahl gefunden worden zu sein, um die bodenmikrobiologischen Parameter in den untersuchten Böden charakterisieren zu können.

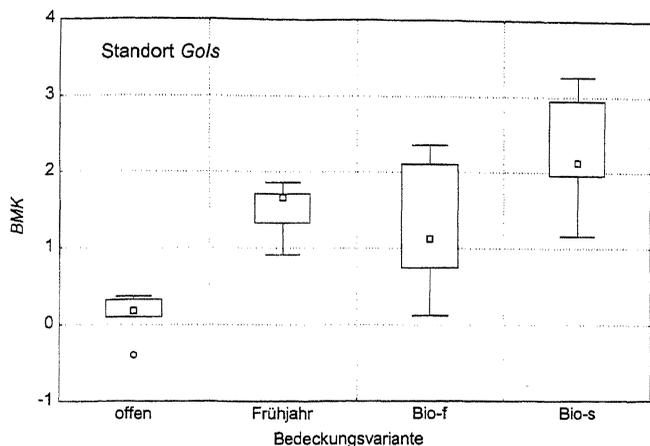


Abbildung 9: Bodenmikrobiologische Kennzahl (BMK) in Abhängigkeit von der Bedeckungsvariante am Standort Gols
 Figure 9: Soil microbial index (BMK) depending on the coverage of soil at the site of Gols

Mit einer Regressionsanalyse wurde untersucht, ob zwischen den beiden Hilfsvariablen *BMK* und *QUALI* und damit zwischen den weinbaulichen und den mikrobiologischen Parametern ein Zusammenhang besteht. Wie in der Abbildung 10 ersichtlich ist, besteht kein signifikanter, tendenziell jedoch ein negativer Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen.

Auch DICK et al. (1988) konnten keinen Zusammenhang zwischen verschiedenen Enzymaktivitäten einerseits und den Ernteerträgen von Weizen andererseits feststellen.

Einmal mehr erweisen sich die beiden Hilfsvariablen *QUALI* und *BMK* als geeignet, die jeweiligen Parameter zu

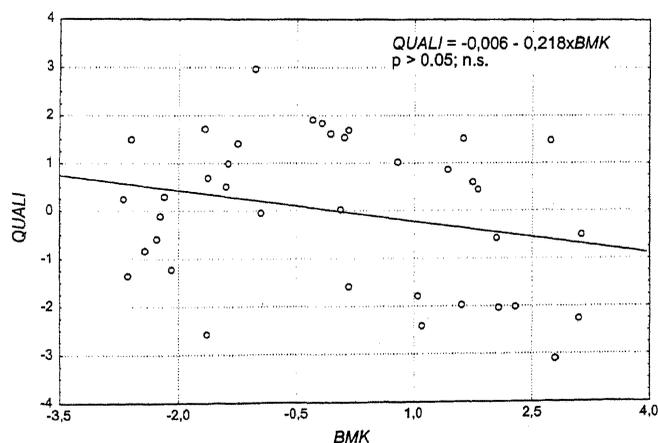


Abbildung 10: Lineares Regressionsmodell zwischen der Hilfsvariable *QUALI* und der Bodenmikrobiologischen Kennzahl (*BMK*)
 Figure 10: Linear regression between *QUALI* and soil microbial index (*BMK*)

repräsentieren. In einer umfangreichen Korrelationsanalyse mit den Einzelparametern wurde nämlich festgestellt, daß zwischen allen mikrobiologischen Aktivitäten einerseits und den weinbaulichen Maßzahlen andererseits ausschließlich negative oder keine signifikanten Zusammenhänge bestanden. Dies stützt die These, daß es zwischen den Weinreben und der Mikroflora in den untersuchten Böden nicht zu Synergien kam, sondern daß (zumindest in den ersten Jahren nach einer Umstellung bei der Bodenbedeckung) eindeutig eine Konkurrenz – vermutlich um die wegen der ausbleibenden Düngung knapper werdenden Nährstoffe – besteht (LYNCH und PANTING, 1982). Die *BMK* konnte also die mikrobiologischen Prozesse im Boden gut beschreiben, ist aber zur Erklärung der Erntedaten nicht ausreichend. Hierfür werden offensichtlich stets mehrere Parameter benötigt, bzw. sind zusätzliche Einflußfaktoren (Wasserstreß etc.) zu berücksichtigen.

Auch KAUER (1993) stellte in einer ähnlichen Untersuchung fest, daß es auf ökologisch bewirtschafteten Flächen verglichen mit integriert bewirtschafteten Flächen (u. a. mit offen gehaltenen Böden) zu beträchtlichen Ertrags- einbußen kam. Im Sinn der Nachhaltigkeit der Bodenbewirtschaftung und im Zusammenhang mit den im Raum des Neusiedler Sees auftretenden Nitratbelastungen des Grundwassers sind jedoch kurzzeitige Rückgänge bei der Ernte durchaus in anderem Lichte zu sehen.

Danksagung

Das Projekt „Neusiedler See – Bodenbedeckung im Weinbau“ wurde vom Amt der Burgenländischen Landesregierung, dem Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr und dem Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie gefördert und von der *Österreichischen Vereinigung für Agrarwissenschaftliche Forschung* koordiniert. Dank gebührt Univ.-Doz. Dr. H. Redl und H. Beck für die Erhebung der weinbaulichen Parameter und der Betreuung vor Ort. Besonders danken möchte ich Herrn Dipl.-Ing. R. Dietrich (ÖVAF) für die oft nicht leichte Projektkoordination.

4. Literatur

ANDERSON, J. P. E. and K. H. DOMSCH (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology & Biochemistry* 10, 215–221.

- ANONYMUS (1994): Neusiedler See – Bodenbedeckung im Weinbau. 1. Zwischenbericht, Österreichische Vereinigung für Agrarwissenschaftliche Forschung, Wien.
- BAUERNFEIND, G. (1996): Actual and potential denitrification rates by acetylene-inhibition technique. In: SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDELER and R. MARGESIN (eds.): *Methods in soil biology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 151–155.
- BECK, Th. (1984a): Der Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf bodenmikrobiologische Eigenschaften und die Stabilität der organischen Substanz in Böden. *Kali-Briefe* 17, 331–340.
- BECK, Th. (1984b): Mikrobiologische und biochemische Charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Böden. I. Mitteilung: Die Ermittlung einer Bodenmikrobiologischen Kennzahl. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 147, 456–466.
- BECK, Th. (1986): Aussagekraft und Bedeutung enzymatischer und mikrobiologischer Methoden bei der Charakterisierung des Bodenlebens von landwirtschaftlichen Böden. *Mitteilung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* 33, 75–100.
- BERG, P. and T. ROSSWALL (1985): Ammonium oxidizer numbers, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. *Biology and Fertility of Soils* 1, 131–140.
- BUCHANAN, M. and L. D. KING (1992): Seasonal fluctuation in soil microbial biomass carbon, phosphorus, and activity in no-till and reduced-chemical-input maize agroecosystems. *Biology and Fertility of Soils* 13, 211–217.
- DICK, R. P., P. E. RASMUSSEN and E. A. KERLE (1988): Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. *Biology and Fertility of Soils* 5, 159–164.
- GERZABEK, M. H., O. H. DANNEBERG and E. KANDELER (1996): Humification. In: SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDELER and R. MARGESIN (eds.): *Methods in soil biology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 116–119.
- GUAN, S. (1989): Studies on the factors influencing soil enzyme activities I. Effects of organic manures on soil enzyme activities and nitrogen phosphorus transformations. *Acta Pedologica Sinica* 26, 72–78.
- HARDY, R. W., R. C. BURNS and R. D. HOLSTEN (1973): Application of acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biology & Biochemistry* 5, 47–81.
- HASSINK, J., J. H. O. VOSHAAR, E. H. NIJHUIS and J. A. VAN VEEN (1991): Dynamics of the microbial populations of a reclaimed-polder soil under conventional and a reduced-input farming system. *Soil Biology & Biochemistry* 23, 515–524.
- ILLMER, P., K. MARSCHALL and F. SCHINNER (1995): Influence of available aluminium on soil micro-organisms. *Letters in Applied Microbiology* 21, 393–397.
- ILLMER, P. and F. SCHINNER (1997): Influence of aluminium on motility and swarming of *Pseudomonas* sp. and *Arthrobacter* sp.. *FEMS Microbiology Letters* 155, 121–124.
- ISERMAYER, H., (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 56, 26–38.
- KANDELER, E. (1986): Der Einsatz enzymatischer Methoden am Beispiel eines Stroh- und Klärschlammdüngungsversuchen. *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* 33, 117–133.
- KANDELER, E. (1996a): Protease activity. In: SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDELER and R. MARGESIN (eds.): *Methods in soil biology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 165–168.
- KANDELER, E. (1996b): N-Mineralization under waterlogged conditions. In: SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDELER and R. MARGESIN (eds.): *Methods in soil biology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 141–143.
- KAUER, R. (1993): Vergleichende Untersuchungen zum integrierten und ökologischen Weinbau in den ersten drei Jahren der Umstellung. *Gesellschaft zur Förderung der Forschungsanstalt Geisenheim*.
- KOWALCZYK, T. and D. SCHROEDER (1988): Beeinflussung bodenmikrobiologischer Parameter durch Bodeneigenschaften auf Standorten mit geringen Unterschieden im C_{org} -Gehalt. *Kali-Briefe* 19, 335–344.
- LEHTOKARI, M., P. NIKKOLA and J. PAATERO (1983): Determination of ATP from compost using firefly bioluminescence technique. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 17, 187–190.
- LYNCH, J. M. and L. M. PANTING (1982): Effects of season, cultivation and nitrogen fertilizer on the size of soil microbial biomass. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33, 249–252.
- ÖHLINGER, R. (1996): Maximum water holding capacity. In: SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDELER and R. MARGESIN (eds.): *Methods in soil biology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 385–386.

PERRET, P., W. KOBLET und M. HAAB (1989): Bodenpflege-
maßnahmen zur Steuerung des zeitlichen Stickstoff-
fangebotes im Rebbau. Schweizer Zeitschrift für Obst-
und Weinbau 125, 616–623.

SCHINNER, F. and W. VON MERSI (1990): Xylanase-, CM-
cellulase- and invertase activity in soil, an improved
method. Soil Biology & Biochemistry 22, 511–515.

Anschrift der Verfasser

Dr. Paul Illmer, Prof. Dr. Franz Schinner, Institut für
Mikrobiologie (N.F.), Universität Innsbruck, Technikerstr.
25, A-6020 Innsbruck. Tel. ++43/0512/507/6005; Fax
++43/0512/507/ 2928; e-mail: Paul.Illmer@uibk.ac.at

Eingelangt am 29. Dezember 1998

Angenommen am 11. Februar 1999