IVES Technical Reviews
rebe & wein

terclimpro

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.8481

Dieser Artikel wird in Zusammenarbeit mit der 2. Auflage der TerclimPro (18-19 Februar 2025) veröffentlicht. Bordeaux & Cognac, Frankreich.

Eine Metaanalyse der ökologischen Auswirkungen von Weinbaupraktiken auf die Bodenbiodiversität

Laure Gontier[1], **Battle Karimi**[2], **Jean-Yves Cahurel**[3], **Lionel Ranjard**[4]

[1] Institut Français de la Vigne et du Vin, V'innopôle, 1920 Route de Lisle sur Tarn, 81310 Peyrole, France
[2] Novasol Experts, 9 rue de l'enclume, 21800 Quetigny, France
[3] Institut Français de la Vigne et du Vin, 210 Bvd Vermorel, 69400 Villefranche sur Saône, France
[4] UMR Agroécologie, INRAE Dijon, 17 rue de Sully, 21065 Dijon cedex

Bodenqualität und angemessene Bodenbewirtschaftung sind wichtige Faktoren für den nachhaltigen Weinbau. Bislang fehlte eine globale und umfassende Analyse der Auswirkungen von Weinbaupraktiken auf die Bodenbiodiversität. Wir haben eine Metaanalyse der internationalen Literatur durchgeführt, um Weinbauproduktionssysteme und -praktiken nach ihren Auswirkungen einzustufen. Bodenbearbeitung, unbebauter Boden und Mineralstoffdüngung wirken sich erheblich negativ auf die gesamte Bodenbiodiversität aus, während Gründüngung, organische Düngemittel und Schnittholzeinträge von Vorteil sind.

Material und Methoden

Die Datenbank „Web of Science" wurde 2020 mit der folgenden Kombination von Schlüsselwörtern abgefragt: Boden UND Weinberge UND (*Bio* ODER *Diversität) UND (Praxis* ODER Bewirtschaftung* ODER Landnutzung). Die Schlüsselwörter Praxis*, Bewirtschaftung* und Landnutzung bezogen sich auf Produktionssysteme und -praktiken und wurden in vier Gruppen eingeteilt: Landnutzung, Produktionsmethode, Praktiken und zeitliche und räumliche Heterogenität. Die biologischen Parameter wurden mit den Schlüsselwörtern Boden, *Bio* und *Diversität verknüpft. Die biologischen Gruppen wurden als Makrofauna, Mesofauna, Mikrofauna und Bodenmikroorganismen kategorisiert[1 2]. Die Überprüfung konzentrierte sich auf die folgenden biologischen Parameter, die für jede Gruppe, sofern verfügbar, angegeben wurden: Biomasse, Häufigkeit, Anzahl, Aktivitäten (Ruhestoffwechsel, Enzymaktivitäten), funktionelle Gene und Gruppen, und das Vorkommen von Krankheitserregern oder Schädlingen.
Die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse für jede Kombination aus Produktionssystem/Verfahren x biologischem Parameter wurde anhand der Anzahl der Artikel und der Gesamtzahl der untersuchten Parzellen bewertet.

Bibliometrische Analyse

104 Artikel wurden ausgewertet. Die ersten veröffentlichten Studien über die Auswirkungen von Weinbaupraktiken auf die Biodiversität des Bodens stammten aus dem Jahr 1995. Die Veröffentlichungsrate ist jedoch erst ab 2017 signifikant gestiegen: 40 % der in den letzten 25 Jahren veröffentlichten Artikel wurden in den letzten 3 Jahren veröffentlicht. Die geografische Verteilung der in den 104 analysierten Publikationen untersuchten Weinanbaustandorte zeigte, dass sich die meisten Standorte in Europa und Nordamerika befanden. 50 % der Publikationen stammten aus nur drei europäischen Ländern: Italien (24 %), Frankreich (13,5 %) und Spanien (12,5 %); währenddessen belegten die USA mit 9,6 % der Publikationen den 4. Platz. Diese Rangfolge entspricht der der Weinbauländer.
Die Ergebnisse der meisten Artikel stammten von einem oder zwei Standorten: 84 % der Artikel basierten auf experimentellen Bedingungen an weniger als 10 Standorten; ungefähr 15 Artikel präsentierten Daten von mehr als 10 Standorten, und nur vier Artikel bezogen sich auf Ergebnisse von mehr als 50 Standorten.

Die biologische Qualität der Weinbergböden hängt vom Produktionssystem ab

Die Auswirkungen der Produktionssysteme wurden für konventionellen, biologischen und biodynamischen Weinbau untersucht. Für jedes Produktionssystem können die Praktiken je nach Region und pedoklimatischer Situation sehr unterschiedlich sein.
Die Daten für alle biologischen Gruppen sind in synthetischen Diagrammen zusammengefasst (Abbildung 1). Die Position eines Punktes auf dem Rad gibt die Wirkung einer der untersuchten Behandlung im Vergleich zu einer Referenzbehandlung an. Die Referenzbehandlung ist durch einen schwarzen Kreis in der Mitte dargestellt. Mikrobielle Biomasse, Stoffwechsel und mikrobielle Aktivität sind in den Böden im biologischen Landbau höher. Mykorrhiza ist ebenfalls stark ausgeprägt, während pathogene Pilze

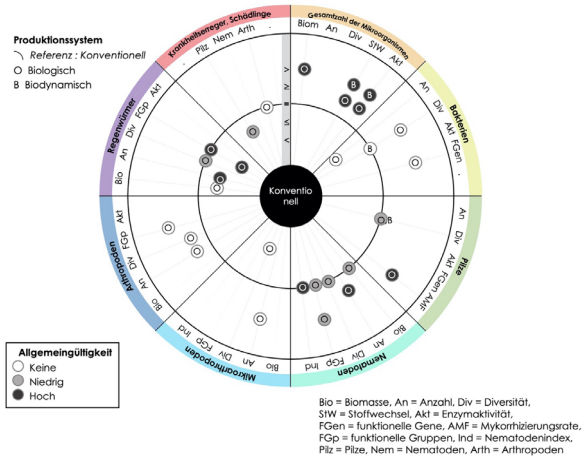


ABBILDUNG 1. Vergleich der biologischen Bodenqualität bei den verschiedenen Weinbaumethoden.

weniger häufig vorkommen. Die Häufigkeit von Nematoden[3] sowie von Mikroarthropoden und Arthropoden ist im biologischen Weinbau tendenziell höher als im konventionellen Weinbau. Die biologische Vielfalt ist innerhalb aller taxonomischen Gruppen unabhängig vom Produktionssystem gleich. Regenwurmgemeinschaften sind die einzigen, die durch den biologischen und biodynamischen Weinbau negativ beeinflusst werden, sei es hinsichtlich Biomasse, Gesamthäufigkeit oder ökologischer Gruppen.
Die Verbesserung des biologischen Lebens in Böden im biologischen Weinbau lässt sich durch eine geringere Toxizität bzw. Persistenz von Pestiziden sowie den Einsatz organischer Zusatzstoffe erklären. Die beobachteten negativen Auswirkungen auf Regenwürmer lassen sich hingegen durch eine intensivere Bodenbearbeitung erklären, insbesondere wenn Herbizide durch mechanisches Unkrautjäten ersetzt werden.

Weinbaupraktiken haben einen großen Einfluss auf die Bodenbiologie

Die Weinbaupraktiken, welche die biologische Bodenqualität beeinflussen, können in vier Hauptbereiche unterteilt werden: Bodenbearbeitung, Bodenbedeckung, Pflanzenschutzbehandlung und Düngung. Jeder dieser Bereiche beinhaltet verschiedene Bedingungen, welche in der Literatur unterschiedlich dokumentiert sind. Die vorliegende Studie konzentriert sich insbesondere auf die Auswirkungen der Art der Bodenbedeckung.
Gründüngung war die am häufigsten untersuchte Art der Bodenbedeckung; über die Wirkung des Mulchens liegt dahingegen nur wenig Information vor. Eine Pflanzendecke zwischen den Reihen, ob temporär oder permanent, spontan oder eingesät, erhöht die mikrobielle Biomasse und Vielfalt, aber auch die Häufigkeit von Faden- und Regenwürmern. Im Vergleich zu nackten Böden (Abbildung 2) kann sich bei Böden mit einer temporären Pflanzenbedeckung die mikrobielle Biomasse und die Anzahl der Fadenwürmer verdoppeln. Bei einer permanenten Pflanzendecke

Dieses Werk steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International.

steigt die mikrobielle Biomasse um das Dreifache und die Anzahl der Fadenwürmer um das Vierfache[4]. Eine Pflanzenbedeckung zwischen den Reihen verringert tendenziell die Pilzvielfalt im Vergleich zu bearbeiteten Böden. Wenn die Bedeckung gesät wird, nimmt die mikrobielle Vielfalt im Vergleich zu bearbeiteten Böden tendenziell ebenfalls ab. Die Vielfalt und Dichte von Mykorrhizapilzen (AMF) nimmt bei permanenter und natürlicher Bodenbedeckung im Vergleich zu chemischer oder mechanischer Unkrautbekämpfung zu[5].

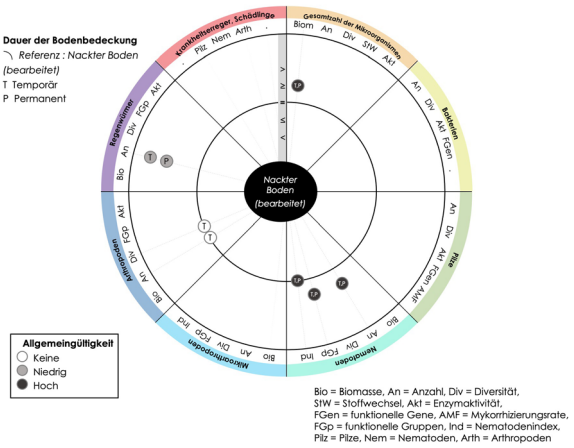


ABBILDUNG 2. Die Auswirkungen einer temporären oder permanenten Pflanzenbedeckung auf die biologische Bodenqualität.

Was die Auswirkungen mechanischer im Vergleich zu chemischer Unkrautbekämpfung betrifft, haben Herbizide je nach biologischen Parametern unterschiedliche Wirkungen (Abbildung 3). Die mikrobiellen Parameter unterscheiden sich bei Herbizideinsatz nicht von denen mechanischer Unkrautbekämpfung. Biomasse und Häufigkeit der Regenwürmer scheinen bei chemischer Unkrautbekämpfung im Vergleich zu mechanischer Unkrautbekämpfung zuzunehmen, die Aktivität der Regenwürmer wird jedoch beeinträchtigt. Im Gegensatz dazu haben Herbizide eine stark schädliche Wirkung auf die Gesamthäufigkeit von Nematoden und die verschiedenen funktionellen Gruppen von Nematoden: die Anzahl der Nematoden sinkt im Vergleich zur mechanischen Unkrautbekämpfung um die Hälfte. Herbizide haben zudem eine schädliche Wirkung auf Mykorrhizapilze[6]. Obwohl das Thema chemische Unkrautbekämpfung oft in der Literatur behandelt wird, wurden die ökotoxikologischen Auswirkungen nur einiger weniger Glyphosatalternativen getestet.

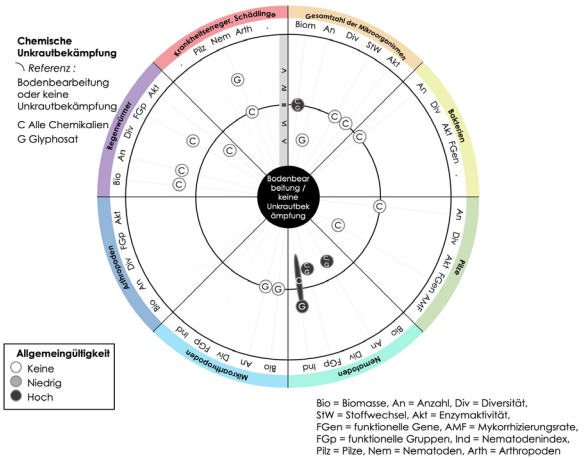


ABBILDUNG 3. Auswirkungen der chemischen Unkrautbekämpfung auf die biologische Bodenqualität.

Auf dem Weg zu agro-ökologischen Lösungen für einen nachhaltigen Weinbau

Basierend auf unserer Metaanalyse (Abbildung 4) kommen wir zu dem Schluss, dass Bodenbedeckung, sei es durch Pflanzen oder Mulch, eine Praxis ist, die das Bodenleben verbessert. Sie ermöglicht eine Reduzierung des Einsatzes synthetischer Pflanzenschutzmittel und verbessert somit die Bodenbiodiversität. Dies zeigt sich durch die eher negativen ökotoxikologischen Auswirkungen chemischer Unkrautbekämpfung und durch Vergleiche zwischen biologischem und konventionellem Weinbau. Dennoch umfasst der biologische Landbau in der Regel mechanische Unkrautentfernung, eine Praxis, die für das Bodenleben eher nachteilig erscheint. Obwohl die Auswirkungen organischer Düngemittel stark von einheimischen Faktoren abhängen (z. B. Produkttyp und Bodentyp), ist ihre Anwendung durchweg vorteilhafter als die von mineralischen Düngemitteln. Die Verwendung von Schnittholz der Reben ist der einzige Input mit einer eindeutig positiven Wirkung. Die Verwendung eines bestimmten Inputs sollte daher unter Berücksichtigung der Produktverfügbarkeit und der lokalen pedoklimatischen Einschränkungen erfolgen.

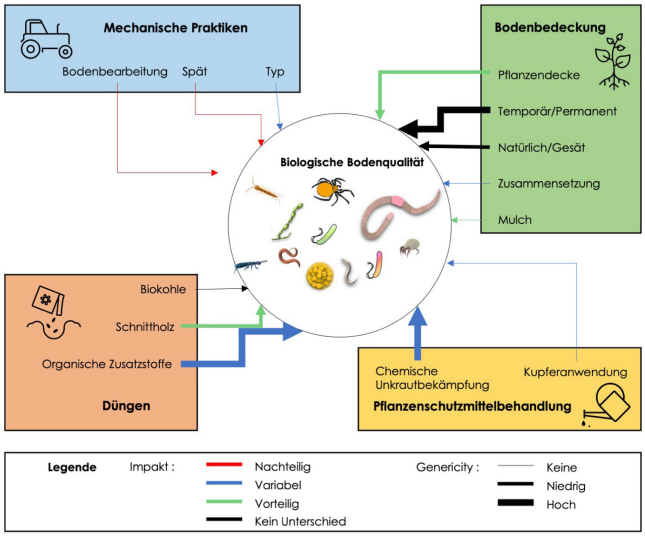


ABBILDUNG 4. Übersicht über die Auswirkungen weinbaulicher Praktiken auf die biologische Bodenqualität.

Unsere Studie beschäftigte sich mit bisher noch wenig erforschten Bereichen, wie etwa den Auswirkungen von i) synthetischen Pestiziden, ausgenommen Herbiziden; ii) Kupfer in den derzeit angewandten Dosen; iii) verschiedenen Dünge- und Zusatzmitteln; iv) Techniken zum Anbau von Reben; v) Herbiziden anders als Glyphosat im Vergleich zur Bodenbearbeitung; und vi) biologischen Schädlingsbekämpfungslösungen. Die Forschung sollte weiterhin darauf abzielen, grundlegende Ansätze zu entwickeln, die die biologische Bodenqualität als Hebel zur Umstellung des Weinbaus auf verbesserte ökologische Nachhaltigkeitsmodelle zu integrieren. ■

Danksagung: *Diese Studie wurde vom Plan National du Dépérissement du Vignoble (PNDV) und dem Comité National des Interprofessions des Vins (CNIV) finanziert.Basiert auf dem wissenschaftlichen Artikel "Basiert auf dem wissenschaftlichen Artikel "A meta-analysis of the ecotoxicological impact of viticultural practices on soil biodiversity" (Environmental Chemistry Letters, 2020).*

1 Maron, P. A, & Ranjard, L. (2019). Qualité écologique des sols. Techniques de l'ingénieur, GE1051v1. https://doi.org/10.51257/a-v1-ge1051

2 Cortet, J., & Hedde M. (2020). La faune du sol pour évaluer l'impact des pratiques agricoles et la santé des sols. Techniques de l'ingénieur, GE1058v1. https://doi.org/10.51257/a-v1-ge1058

3 Coll, P., Le Cadre, E., Blanchart, E., Hinsinger, P., & Villenave, C. (2011). Organic viticulture and soil quality: A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology*, 50, 37-44. https://doi.org/10.1163/156854112X 624195

4 Salomé, C., Coll, P., Lardo, E., Metay, A., Villenave, C., Marsden, C., ... & Le Cadre, E. (2016). The soil quality concept as a framework to assess management practices in vulnerable agroecosystems: A case study in Mediterranean vineyards. *Ecological Indicators*, 61, 456-465. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.047

5 Rivera-Becerril, F., Van Tuinen, D., Chatagnier, O., Rouard, N., Béguet, J., Kuszala, C., ... & Martin-Laurent, F. (2017). Impact of a pesticide cocktail (fenhexamid, folpel, deltamethrin) on the abundance of Glomeromycota in two agricultural soils. *Science of the Total Environment*, 577, 84-93. https://doi.org/10.1016/j.scito tenv.2016.10.098

6 Zaller, J. G., Cantelmo, C., Santos, G. D., Muther, S., Gruber, E., Pallua, P., Mandl, K., Friedrich, B., Hofstetter, I., Schmuckenschlager, B., & Faber, F. (2018). Herbicides in vineyards reduce grapevine root mycorrhization and alter soil microorganisms and the nutrient composition in grapevine roots, leaves, xylem sap and grape juice. *Environmental science and pollution research international*, 25(23), 23215–23226. https://doi.org/10.1007/s11356-018-2422-3