*Dieser Text basiert auf einer akademischen Literaturauswertung durch Chris Warburton Brown von der Permaculture Association [Permakultur-Vereinigung](Großbritannien) und ist Bestandteil unseres kooperativen GROW-Observatory-Projekts.*

*GROW Observatory erhielt über Fördervereinbarung 690199 finanzielle Unterstützung durch Horizont 2020, das Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation.*

**Literaturauswertung von Anbaupraktiken ohne Umgraben und Pflug (und konservierende Landwirtschaft**

*Dr. Chris Warburton Brown, Mai 2019*

Traditionell haben Landwirte den Boden mit dem Pflug bestellt, Gärtner den Boden dagegen mit dem Spaten umgegraben. Dies hatte den Zweck, eine gute Bodenkrume zu erzielen, Unkraut zu regulieren, schweren Böden aufzubrechen, Krankheitserreger freizulegen, Dung einzuarbeiten, die Wasserdurchdringung zu erhöhen und die Aussaat zu erleichtern. In den letzten Jahren wurden pfluglose Bodenbearbeitungssysteme auf der ganzen Welt jedoch immer populärer. Pfluglose Landwirtschaft steht für den Anbau von Nutzpflanzen und die Pflege von Weiden, ohne den Boden zu wenden.

Die Fachliteratur zu pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen ist inzwischen sehr umfangreich. Diese Auswertung beginnt mit der Definition einiger Hauptbegriffe. Danach werden die behaupteten Vorteile pflugloser Bodenbearbeitung vorgestellt und jeder einzeln und ausführlich behandelt. Der Schwerpunkt liegt nach Möglichkeit auf Feldversuchen. Dann wendet sich die Auswertung der Beweisführung zu Gunsten der pfluglosen Bodenbearbeitung im Gartenbau zu, genannt Gartenbau ohne Umgraben.

Definition der pfluglosen Landwirtschaft

*Überschrift: Da die Fachbegriffe sehr unterschiedliche Praktiken abdecken, besteht Unklarheit über ihre Verwendung. Dies führte dazu, dass die Studien nicht zu übereinstimmenden Schlussfolgerungen kamen. Die FAO bietet eine klare Definition konservierender Landwirtschaft: Der Boden wird nicht gewendet, daneben werden Dauerkulturen, Nutzpflanzenvielfalt und Fruchtfolge beachtet.*

Die Begriffe „pfluglos“ und „ohne Umgraben“ sollten ohne Weiteres verständlich sein. Derpsch und Kollegen (2014) meldeten jedoch Bedenken an: „Wenn mehr als 50 % der Bodenoberfläche gewendet werden... dann darf das System nicht pfluglos genannt sondern muss als Mulchsaat oder als ein anderes Bodenbearbeitungssystem bezeichnet werden.“ (17). Diese Unklarheit führte zu uneinheitlichen und widersprüchlichen Schlussfolgerungen in den Studien. Reicosky (2015) behauptete, der Begriff „konservierende Bodenbearbeitung“ würde ebenfalls für viel Irritation sorgen. Er zitiert Baker u. a. (2002), die 14 verschiedene Bezeichnungen für reduzierte Bodenbearbeitung fanden. Mannering und Fenster (1983) definieren konservierende Bodenbearbeitung als einen weit gefassten Begriff, der auf „jegliche“ Bodenbearbeitungssysteme anwendbar sei und sind sich einig, dass dieser Umstand für Unklarheit sorgte.

Um diese Unklarheit aufzulösen, veröffentlichte die FAO 2013 eine eindeutige Definition von „konservierender Landwirtschaft,“ die über „pfluglos“ hinausgeht: (FAO, 2013)

1. **Mindestmaß der mechanischen Bodenaufwühlung:** weniger als 25 % der Anbaufläche.
2. **Ständige organische Bodenbedeckung:** Drei Kategorien werden unterschieden: 30-60 %, >60-90 % und >90 % Bodenbedeckung.
3. **Nutzpflanzenvielfalt:** Die Fruchtfolge/Zusammenstellung der Nutzpflanzen muss mindestens drei unterschiedliche Nutzpflanzen umfassen.

Dieser Ansatz sieht den Vorteil der pfluglosen Bodenbearbeitung, der Dauerkulturen und der Nutzpflanzenvielfalt darin, dass sie sich gegenseitig stärken.

In der vorliegenden Auswertung werden drei Hauptbegriffe durchgehend verwendet; pfluglose Bodenbearbeitung (PB), konservierende Landwirtschaft (KL) und konventionelle/wendende Bodenbearbeitung (KB).

Die weltweite Verbreitung der pfluglosen Landwirtschaft und ihre Vorteile

*Überschrift: Im Jahr 2009 wurden 111 Mio. Ha Flächen durch PB kultiviert und diese Zahl steigt jährlich um 6 Mio. Ha. Die sieben angeblichen Hauptvorteile sind die verringerte Bodenerosion, eine verbesserte Dürreresistenz, zunehmende Regenwurmzahlen, zunehmende Wildtierbestände, ein erhöhter Kohlenstoffgehalt im Boden, Ertragssteigerungen und verbesserte Bodeneigenschaften/Bodenfruchtbarkeit.*

2010 kamen Derpsch u. a. zum Schluss, dass 111 Mio. Ha durch PB kultiviert würden, mit einer Zuwachsrate von 6 Mio. Ha pro Jahr. Die höchsten Zuwachsraten hätte Südamerika aufzuweisen. Lindwall und Sonntag (2010) legten eine Fallstudie vor, die die Verdrängung der KB durch PB als gewöhnliche Weizenanbautechnik in Kanada zum Thema hat. Derpsch und Kollegen (2017) äußerten sich so: „pfluglose Bodenbearbeitung bietet ... ein breites Spektrum der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Vorteile ... [und] ermöglicht es der Landwirtschaft, auf einige globale Herausforderungen zu reagieren.“ Die Auswertung von mehr als 200 Studien durch Holland (2004) legte nahe, dass PB den Energieverbrauch senkt, die Kohlenstoffbindung erhöht, die Biodiversität verbessert, Staunässe, Dürre, Wasserabfluss und Verschmutzung verringert, zur Entwicklung einer reichen Bodenflora beiträgt und die Nährstoffverwertung verbessert. Holland betonte jedoch, einige der Ergebnisse seien, solange sie nicht in größerem Maßstab bestätigt würden, mit Vorsicht zu behandeln. Grandy u. a. (2006) präsentierten forschungsbasierte Argumente zu Gunsten der breiteren Nutzung ständiger PB und führten aus, die langfristigen Erträge könnten jene der KB erreichen oder übertreffen und PB würde mit der Zeit die N- und C-Verfügbarkeit der Pflanzen verbessern.

Die zahlreichen angeblichen Vorteile der PB werden in sieben Kategorien zusammengefasst:

1. Verringerte Bodenerosion
2. Erhöhte Dürreresistenz
3. Zunehmende Regenwurmpopulationen
4. Zunehmende Wildtierbestände
5. Erhöhung des Kohlenstoffgehalts im Boden
6. Ertragssteigerungen
7. Verbesserte Eigenschaften und Fruchtbarkeit des Bodens

Verringerte Bodenerosion

*Überschrift: Experimentelle Studien haben übereinstimmend erwiesen, dass pfluglos bearbeitete Böden mit Dauerkulturen in allen Klimazonen eine äußerst geringe Anfälligkeit gegenüber Erosion durch Wasser und Wind aufweisen.*

Keesstraa und Kollegen (2016) stellten fest, dass die Bodenerosion auf Aprikosenplantagen in Valencia, Spanien, die mit Unkrautbekämpfungsmittel behandelt wurden, um 45,5-fach höher war als auf pfluglos bearbeiteten Böden mit Dauerkulturen. Mendez und Buschiazzo (2010) kamen zur Schlussfolgerung, die Winderosion in den semiariden Pampas von Argentinien sei in pfluglos bearbeiteten Weizenkulturen mit Ernterückständen niedriger. Das Experiment von Prasuhn (2010) im Schweizer Mittelland war ungewöhnlich, weil es ein vollständiges Einzugsgebiet abdeckte: Der mittlere Bodenabtrag auf PB-Feldern lag um eine Größenordnung unter dem Abtrag auf gepflügten Feldern. Mchunu u. a. (2010) untersuchten Bodenabträge auf traditionell kleinflächigen, mit KB und PB bewirtschafteten Maisfeldern in Südafrika, die eine zehnprozentige Bedeckung mit Ernterückständen aufwiesen: Der organische Kohlenstoff im Oberboden war auf PB-Feldern um 26 % höher und die Bodenabträge um 68 % geringer. Labrière u. a. (2015) überprüften Studien aus 21 feuchten tropischen Ländern und kamen zum Schluss, dass PB allein nicht ausreichend ist, um starker Bodenerosion vorzubeugen, dass sie Bodenabträge in Kombination mit Streifenanbau und Mischkulturen jedoch wesentlich verringern kann.

Erhöhte Dürreresistenz

*Überschrift: Zahlreiche experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass konservierende Landwirtschaft die Erträge in Dürrejahren und in semiariden Regionen stabilisieren kann. Die empirische Grundlage und der Umfang, in dem Kleinbauern in Afrika diese Praktiken ausüben, sind jedoch umstritten.*

Eine Auswertung von Mazvimavi (2016) prüfte 100 Abhandlungen über den Beitrag von KL zur Dürreresistenz in Subsahara-Afrika (SSA). KL scheint eine verbesserte Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimawandel und Dürre zu bieten. Daten, welche die Vorteile von KL unter nicht-experimentellen Bedingungen messen würden, stehen jedoch nur begrenzt zur Verfügung. Bescansa u. a. (2006) stellten fest, dass die verfügbare Wasserkapazität im semiariden Nordspanien mit PB am größten und die Erträge generell mit KL vergleichbar seien, ausgenommen im trockensten Jahr, in dem PB ertragsreicher war. Diese Übereinstimmung der PB- und der KL-Erträge und der Umstand der höheren PB-Erträge in trockenen Jahren wurden auch in Experimenten zu Hartweizen in Italien (Devita u. a. 2007) und Weizen/Mais in China (He u. a. 2011) festgestellt.

Widerspruch gegen die obigen Feststellungen formulierten Materechera u. a. (1997), die das Maiswachstum im Dammsaatsystem in Malawi untersuchten, wo der Durchdringungswiderstand bei KB geringer und die Erträge um 5 % höher waren. PB dagegen führte zu einem bemerkenswerten Rückgang der Arbeitszeit, gleichzeitig lagen die Maiserträge weiterhin über 4000 kg/ha. Die von 43 Wissenschaftlern unterschiedlichster Disziplinen unterzeichnete Nebraska-Erklärung zu konservierender Landwirtschaft [The Nebraska Declaration on Conservation Agriculture] vertrat 2013 eine skeptische Einschätzung der aktuellen Beweisgrundlage für KL in SSA und rief zur Intensivierung der Forschung auf. Ihrer Auffassung nach gebe es für eine weit verbreitete Ausübung von KL durch Kleinbauern kaum Belege.

Zunehmende Regenwurmpopulationen

*Überschrift: Ein sehr gut recherchiertes Gebiet mit experimentellen Studien, die eine starke Korrelation zwischen pflugloser Bodenbearbeitung und zunehmenden Regenwurmpopulationen belegen, insbesondere wenn regelmäßige Düngung und Dauerkulturen kombiniert werden.*

Regenwürmer haben einen positiven Einfluss auf die Entwicklung des Bodengefüges, die Wasserregulierung, Nährstoffkreisläufe, die Primärproduktion, die Klimaregulierung, die Sanierung von Bodenverunreinigungen und die Bodenkultivierung (Bertrand u. a. 2015). Nach der Untersuchung von 28 Feldstudien zogen die Wissenschaftler den Schluss, dass Bodenbestellung tendenziell zur Verringerung von Regenwurmpopulationen führt. Diese Ergebnisse wurden durch Feldversuche in Frankreich, Ontario und Tennessee bestätigt. Die französische Studie (Pelosi u. a. 2009) kam zum Schluss, dass die Regenwurm-Biomasse in einem lebendigen Mulchsystem (PB) drei- bis zwölfmal größer ist als im Fall von KB. Die Ontario-Studie (Fox u. a. 2017) zeigte, dass der Umstieg von KB auf PB in der kontinuierlichen Steigerung der Regenwurmbestände resultierte. Die Tennessee-Studie (Ashworth u. a. 2017) kam zur Schlussfolgerung, dass PB mit Geflügeldung und Ernterückständen äußerst vorteilhaft für Regenwürmer sei, nannte jedoch eine Ausnahme: In Dauerkulturen des Baumwollanbaus, die stark mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden, gingen die Regenwurmpopulationen um die Hälfte zurück.

Zunehmende Wildtierbestände

*Überschrift: In diesem Bereich kam es zu überraschend wenig experimenteller Arbeit. Im Vergleich zu KB legen die Studien jedoch einen erheblichen Anstieg der Wildtierbestände in PB-Systemen nahe.*

Van Beek u. a. (2014) verglichen Vogelpopulationen auf KB- und PB-Sojafeldern in Illinois, USA: die Vogeldichte, die Nestdichte und der Erhaltungswert waren auf den PB-Feldern größer. Witmer u. a. (2007) untersuchten Nagetierpopulationen und erprobten diverse Kontrollmethoden in Washington, USA: In PB-Feldern waren die Mäusepopulationen viel zahlreicher und imstande, 5 bis 15 % der Erbsenpflanzen zu vernichten. Alle erprobten Kontrollmethoden erwiesen sich als erfolglos. Santlema u. a. (2006) modellierten in Iowa, USA, die Auswirkungen fünf verschiedener Anbauszenarien auf die Artenvielfalt. Das „Artenvielfalts“-Szenario umfasste zu 32 % konservierende Bodenbearbeitung und ergab höhere Populationen heimischer Vögel, Reptilien Säugetiere und seltener Arten als in freier Wildbahn ohne landwirtschaftlichen Anbau. Das Ergebnis lässt darauf schließen, dass PB-Landwirtschaft sich gut mit Gegenden verträgt, die eine reiche Artenvielfalt aufweisen.

Erhöhung des Kohlenstoffgehalts im Boden

*Überschrift: In Verbindung mit PB wurde von großen Steigerungen des im Boden gespeicherten Kohlenstoffes berichtet, ein Umstand, der sehr bedeutsam für die Abmilderung des Klimawandels ist. Aufgrund der erwähnten methodologischen Fehler und der enttäuschenden Ergebnisse aus den experimentellen Studien sind diese Zahlen jedoch strittig.*

Im Bericht über den Treibhausgasausstoß [The Emissions Gap Report] 2013 (UNEP: Umweltprogramm der Vereinten Nationen, 2013) war die Steigerung des im Boden enthaltenen Kohlenstoffes durch PB und die diesbezügliche potenzielle Abmilderung des Klimawandels ein großes Thema. Im Bericht stand, dass durch PB zusätzliche 500 kg/ha an organischem Kohlenstoff im Boden gebildet werden könnten. Er berief sich auf die Klimaaktionspläne von Brasilien (MMA 2016), Kenia (Stiebert u. a., 2012) und China (Cheng u. a., 2013 a) und legte nahe, dass pfluglos bearbeitete Flächen bereits jetzt 2 Mio. Tonnen CO2 weltweit pro Jahr aufnehmen könnten. Diese optimistischen Ergebnisse wurden jedoch von Powlson u. a. (2014) in Abrede gestellt, die sich auf zahlreiche experimentelle Untersuchungen beriefen, die zeigten, dass der zusätzliche organische Kohlenstoff im Boden der pfluglos bearbeiteten Flächen relativ gering sei und sich auf die obersten 10 cm beschränke. Auch sie vertreten die Ansicht, dass PB günstig in Hinsicht auf Bodenqualität und Klimawandel sei, behaupten jedoch, ihre diesbezügliche Bedeutung sei zu hoch angesetzt. Luo u. a. (2010) stimmten zu: Ihre Metaanalyse von 69 paarweisen Experimenten zieht die Schlussfolgerung, dass die Umstellung von KB auf PB die Kohlenstoffverteilung im Bodenprofil verändert hat, den Gesamtkohlenstoffgehalt des Bodens jedoch nicht.

Ernteerträge

*Überschrift: Experimentelle Studien belegen, dass PB-Erträge generell mit den KB-Erträgen vergleichbar sind oder darüber liegen. Die Behauptung, PB-Erträge seien durchweg höher, kann nicht belegt werden. Tendenziell fallen PB-Erträge in Trockenjahren höher aus.*

In einer Dauerkultur Hartweizen in Foggia und Vasto, Italien, stellten Devita u. a. (2007) fest, dass in Foggia mit PB höhere Erträge von durchweg besserer Qualität als mit KB erzielt wurden, wogegen die Erträge in Vasto, mit Ausnahme des dritten Jahres, in dem KB ertragsreicher war, vergleichbar waren. In Gaocheng in der Nordchinesischen Ebene kamen He u. a. (2011) zum Schluss, dass langfristige PB zu einer erheblichen Erhöhung der organischen Substanz im Boden sowie der Verfügbarkeit von N und P führte und die Weizen- und Maiserträge waren, insbesondere in Trockenjahren, mit PB durchschnittlich 3,5 % und 1,4 % höher. Silici und Kollegen (2011) führten Studien mit 229 Bauern in Lesotho durch. Bauern, die Mais mit der Likoti-Methode (eine lokale Praktik, die mit PB-Pflanzgruben arbeitet) anbauten, erwirtschafteten einen Gewinn, die pflügenden Bauern dagegen einen Verlust. Naudin u. a. vermaßen 662 Parzellen in Kamerun (2010), wo die Mais- und Hirseerträge der KL gleichauf mit denen der PB oder höher, die Baumwollerträge jedoch niedriger waren, ausgenommen, wenn die PB-Systeme auch die Ausbringung von Mulch beinhalteten. Naudin und Kollegen (2009) führten über den Zeitraum von zehn Jahren einen Feldversuch in der Inneren Mongolei (China) durch, in dem sie vier Anbausysteme von Sommerweizen/Hafer miteinander verglichen. Die größten Ertragsverbesserungen (+ 14 %) gepaart mit der besten Wassernutzungseffizienz (+ 13,5 %), wurden im PB-System mit Strohbedeckung erzielt. Calonego u. a. (2017) führten über den Zeitraum von vierzehn Jahren eine Studie über verdichtete Böden in São Paulo (Brasilien) durch, wo Fruchtfolgen von Zwischenfrüchten mit starken Wurzeln die Bodenverdichtung genau so wirkungsvoll zurückdrängten, wie die mechanische Bodenbearbeitung, und Sojabohnen und Hirse gleich hohe Erträge erzielten.

Verbesserte Eigenschaften und Fruchtbarkeit des Bodens

*Überschrift: Dies ist der am besten erforschte Aspekt der PB-Systeme. Experimentelle Studien zeigen einen Anstieg der verfügbaren Wassermenge, des N- und C-Gehalts im Boden und eine verringerte Bodenverdichtung. Ergebnisse zur Bodendichte und anderen Bodeneigenschaften variieren je nach Studie.*

Blanco-Canqui u. a. (2018) stellten weltweit veröffentlichte Studien zu den Auswirkungen der PB auf den Boden zusammen. PB kann die Bodenverdichtung reduzieren und die nasse Aggregatstabilität, die Wasserdurchdringung und die verfügbare Wassermenge erhöhen. PB übte keine einheitliche Wirkung auf die Bodentemperatur, die Bodenverhältnisse, die Bodendichte, den Durchdringungswiderstand und die Scherfestigkeit aus. Die zusätzliche Anwendung von Begleitpraktiken (Zwischenfrüchte, Kohlenstoff (C) als Bodenhilfsstoff) kann die Leistungsfähigkeit von PB verbessern. In Daxing, China, stellten Hui und Kollegen (2013) fest, dass die Werte für C, N, P und K in 160 cm breiten PB-Hochbeeten erheblich höher waren und die Weizen- und Maiserträge eine leichte Erhöhung aufwiesen. Thomas u. a. (2007) stellten in der semiariden, subtropischen Region South Queensland in Australien fest, dass die Bodentiefe von 10 bis 30 cm keine ungewöhnlichen Werte für den Kohlenstoffgehalt erbrachte, die Werte für C, N, P und K in einer Tiefe von 0 bis 10 cm auf PB-Flächen jedoch erheblich höher waren.

Madejon u. a. (2009) untersuchten Böden in Lleida, Saragossa und Sevilla, Spanien: Auf langfristigen PB-Flächen fanden sie vermehrt organische Substanz und Enzyme im Boden. Mitchell u. a. (2017) konzentrierten sich auf die langfristige (Zeitraum: 15 Jahre) Bodengesundheit auf Flächen mit einer Fruchtfolge von Baumwolle und Tomaten im ariden, auf Bewässerung angewiesenen Kalifornien. Durch PB und Zwischenfrüchte wurden Bodenaggregierung, Wasserdurchdringung, N. und C-Gehalt, die Bedeckung mit Ernterückständen und biologische Aktivitäten durchweg verbessert und lieferten vergleichbare Ernteerträge. Calonego u. a. führten eine vierzehnjährige Studie über physikalische Bodeneigenschaften bei der PB in São Paulo (Brasilien) durch (2017), wo Zwischenfrüchte in Fruchtfolge mit starken Wurzeln die Bodenverdichtung so wirksam wie mechanische Bodenbearbeitung reduzierten. Mazzoncini u. a. (2016), die ihr Betätigungsfeld in San Pieroa Grado (Italien) hatten, kamen zum Schluss, dass sich der C-und N-Gehalt im 30 cm tiefen Boden nach 28 Jahren kontinuierlicher PB verglichen mit den Anfangswerten um 22 % erhöhte, während er auf den KB-Kontrollflächen zurückging.

Systeme ohne Umgraben im Gartenbau

*Überschrift: Dieser Bereich ist noch kaum erforscht. Dennoch legt die langfristige Pionierarbeit von Charles Dowding nahe, dass nicht umgegrabene Beete höhere Gemüseerträge als umgegrabene Beete liefern. Der städtische Gartenbau ist ein weit verbreitetes aber noch kaum erforschtes PB-System.*

Wegbereiter des Gartenbaus ohne Umgraben waren in Japan Masanobu Fukuoka (1978), im Vereinigten Königreich F. C. King (1946) und A. Guest (1973), in Australien Esther Dean (1971) und in den USA Ruth Stout (1961). Im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen PB-Systemen liegen nur sehr wenig wissenschaftliche Untersuchungen über die Ausübung und die Vorteile der Technik vor. Eine nennenswerte Ausnahme ist Charles Dowding (2019 a, 2019 b), der über den Zeitraum von 13 Jahren hinweg ein Ertragsvergleichsexperiment in Somerset, Vereinigtes Königreich, durchführte. Dowdings Befunde wurden weder durch Fachkollegen begutachtet noch veröffentlicht, sind jedoch online verfügbar. Dowding untersuchte Hochbeete mit eingearbeitetem Stalldung, vor Ort hergestelltem Kompost und quasi Dauerkulturen. In seinem ersten Experiment über sechs Anbausaisons hinweg übertrafen die Gemüseernten aus den nicht umgegrabenen Beeten die der umgegrabenen Beete um 6,4 %, die Salaternte fiel sogar um 15 % höher aus. In seinem zweiten Experiment, das sich über weitere sechs Anbausaisons erstreckte, übertrafen die Ernten aus den nicht umgegrabenen Beeten die aus umgegrabenen Beeten um 10,1 %.

Fazit

Fünf der sieben angeblichen Vorteile der PB-Praktiken werden durch die wissenschaftlichen Erkenntnisse eindeutig gestützt: verringerte Bodenerosion, erhöhte Dürreresistenz, Zunahme von Regenwürmern, zunehmende Wildtierbestände und verbesserte Bodeneigenschaften. Die Beweisgrundlage wurde auf allen bewohnten Kontinenten und vor dem Hintergrund vieler verschiedener Bodentypen und Klimazonen erbracht.

Zwei der angeblichen Vorteile sind weiterhin umstritten. Die Ernteerträge in PB-Systemen sind mit denen in KB-Systemen zwar vergleichbar, doch nur wenige Studien berichten von höheren Ernten in PB-Systemen. Es hat den Anschein, als würde PB in Jahren der Trockenheit und Dürre höhere Erträge liefern. Alle Studien belegen, dass PB den organischen Kohlenstoffgehalt erhöht, in welchem Ausmaß, ist jedoch stark umstritten. Aufgrund der Notwendigkeit, zur Abmilderung des Klimawandels Kohlenstoff zu speichern, muss diese Unsicherheit durch weitere Forschungen aufgelöst werden.

Ein widerspruchsloses Ergebnis ist die Erkenntnis der gegenseitigen Stärkung von PB, Dauerkulturen und der Nutzpflanzenvielfalt. Eine von mehreren Studien genannte zusätzliche Praktik ist die Verwendung von kohlenstoffreichem Dünger, entweder Stallmist oder Ernterückstände, als Mulch. Ohne begleitende Praktiken wie diese werden zahlreiche Vorteile der PB marginalisiert.

Das Thema Gartenbau ohne Umgraben leidet an chronischem Forschungsmangel. Es ist nicht davon auszugehen, dass sich die beim Ackerbau entdeckten Vorteile auch im Gartenbau zeigen werden. Die etablierten Vorteile von PB sind auch im Gartenbau zu beleuchten, um festzustellen, ob sie übertragbar sind und welche Praktiken sich in der manuellen Arbeit mit Handwerkzeugen am besten bewähren.

Auf globaler Ebene ist PB bereits fest verankert und wird in so gut wie jedem Land betrieben. In manchen Ländern ist sie bereits die dominierende Form des landwirtschaftlichen Anbaus. Die vorliegende Auswertung behauptet, PB würde, insbesondere als Bestandteil eines breiter gefassten Systems der konservierenden Landwirtschaft, zahlreiche Vorteile bieten und vertritt die Ansicht, PB könne sich nur dann verbreiten, wenn der Bekanntheitsgrad ihrer Vorteile steigt.

Literaturverzeichnis

Ashworth, A. J., Allen, F. L., Tyler, D. D., Pote, D. H., & Shipitalo, M. J. (2017). Earthworm populations are affected from long-term crop sequences and bio-covers under no-tillage. Pedobiologia, 60, 27–33.

Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., Roger-Estrand, J. (2015). Earthworms for Cropping Systems: A Review. Agronomy for Sustainable Development 35(2): 553-567

Bescansa, P., Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A. & Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil & Tillage Research 87, 19–27.

Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2018). No-tillage and soil physical environment. Geoderma, 326, 164–200.

Calonego, J. C., Raphael, J. P. A., Rigon, J. P. G., Oliveira Neto, L. de, & Rosolem, C. A. (2017). Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. European Journal of Agronomy, 85, 31–37.

Casão Junior, R., Araújo, A.G. de., Llanillo, R.F. (2012) No-till agriculture in Southern Brazil: factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming. FAO and Instituto Agronômico do Paraná.

Cheng, K., Zheng, J., Nayak, D., Smith, P., Pan, G. (2013a) ‘Re-evaluating the biophysical and technologically attainable potential of topsoil carbon sequestration in China’s cropland.’ Soil Use and Management, doi: 10.1111/sum.12077

Dean, E. (1971) *Esther Dean's Gardening Book: Growing without Digging* Longman Higher Education

D’Emden, F., Llewellyn, R., Burton, M., (2006) ‘Adoption of conservation tillage in Australian cropping regions: An application of duration analysis’. Technological Forecasting & Social Change, 73: 630–647.

Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Li, H. (2010) ‘Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits’. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 3 (1).

Derpsch, R. A.J., Franzluebbers, A.J., S.W. Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sá, J.C.M., K.Weiss, K. (2014) Why do we need to standardize no-tillage research?Soil and Tillage Research Volume 137, April 2014, Pages 16-22

Devita, P., Dipaolo, E., Fecondo, G., Difonzo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92(1-2), 69–78. Foggia & Vasto, Italy

Dowding, Charles (2019a) *No Dig Trial 2013-19* online https://www.charlesdowding.co.uk/no-dig-trial-2013-2018-current-year-at-top/  accessed 9th May 2019

Dowding, Charles (2019b) *Lower Farm Trials* online https://www.charlesdowding.co.uk/lower-farm-trials/ accessed 9th May 2019

Food and Agriculture Organisation of the United Nations.(2013) *Conservation Agriculture principles* http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/principles-of-ca/en/ accessed 01/04/2019

Fox, C.A., Miller, J., Joschko, M., Drury, C. & Reynolds, W.D. (2017). Earthworm population dynamics as a consequence of long-term and recently imposed tillage in a clay loam soil. Canadian Journal of Soil Science, 97 (4)

Friedrich, T., Derpsch, R. and Kassam, A. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture ch 3 in Sustainable Development of Organic Agriculture Historical Perspectives Edited Etingoff, K.

Fukuoka, M. (1978) *The One-Straw Revolution: An Introduction to Natural Farming* Rodale Press, New York

Grandy, A. S., Robertson, G. P., & Thelen, K. D. (2006). Do Productivity and Environmental Trade-offs Justify Periodically Cultivating No-till Cropping Systems? Agronomy Journal, 98(6), 1377.

Guest, A. (1973) *Gardening Without Digging* Essence of Health Publishing Company

He, J., Li, H., Rasaily, R. G., Wang, Q., Cai, G., Su, Y., Liu, L. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research, 113(1), 48–54.

He, J., Kuhn, N. J., Zhang, X. M., Zhang, X. R., & Li, H. W. (2009). Effects of 10 years of conservation tillage on soil properties and productivity in the farming-pastoral ecotone of Inner Mongolia, China. Soil Use and Management, 25(2), 201–209.

Holland J.M. (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems & Environment, 103, 1-25

Hui, L., Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Sivelli, A., Caiyun, L., Xiangcai, Z. (2013). Effects of Permanent Raised Beds on Soil Chemical Properties in a Wheat-Maize Cropping System. Soil Science, 178(1), 46–53.

Keesstraa, S., Pereirab, P., Novarad,A., Brevike, E.C., Azorin-Molinaf, C., Parras-Alcántarag, L., Jordánh,A., Cerdà, A. (2016) Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards Science of The Total Environment Volumes 551–552, 357-366

King, F.C. (1946) *Is Digging Necessary? The Indore System of Composting* New Times Publishing, Melbourne, Australia

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. & Bernoux, M. (2015) Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. Agriculture Ecosystems and Environment 203 127-139 Review of nearly 100 studies

Lindwall, W. and Sonntag, B. (Eds.). (2010) Landscapes Transformed: The History of Conservation Tillage and Direct Seeding. Canada: Knowledge Impact in Society. https://www.gwct.org.uk/media/841599/Landscapes-Transformed-The-History-of-Conservation-Tillage-and-Direct-Seeding.pdf, accessed 1st May 2019

Llewellyn, R. and D’Emden, F.H. (2010) ‘Adoption of no-till cropping practices in Australian grain growing regions’. Grains Research and Development Corporation.

Luo, Z., Wang, E. & Sun, O. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. Agr. Ecosyst. Environ.139, 224–231 (2010).

Madejón, E., Murillo, J. M., Moreno, F., López, M. V., Arrue, J. L., Alvaro-Fuentes, J., & Cantero, C. (2009). Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. Soil and Tillage Research, 105(1), 55–62.

Materechera, S.A., Mloza-Banda, H.R. (1997) Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. Soil and Tillage Research Volume 41 (1–2), 13-24 Lilongwe, Malawi

Mazvimavi, Kizito. 2016. Conservation Agriculture Literature Review. Vuna Research Report. Pretoria: Vuna. Online: http://www.vuna-africa.com

Mazzoncini, M., Antichi, D., Di Bene, C., Risaliti, R., Petri, M., & Bonari, E. (2016). Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 77, 156–165.

Mchunu, C.N., Manson, A. Lorentz, S., Jewitt, G. & Chaplot, V. (2011) 'No-Till Impact on Soil and Soil Organic Carbon Erosion under Crop Residue Scarcity in Africa' Soil Science Society of America Journal, Volume 75, pp 1503-1512

Mendez, M.J. & Buschiazzo, D.E. (2010) 'Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the semiarid Pampas of Argentina' Soil and Tillage Research Volume 106, pp 311-316

Ministério do Meio Ambiente, Brazil (2016) *National Plan for Low Carbon Emission in Agriculture (ABC Plan)* http://redd.mma.gov.br/en/legal-and-public-policy-framework/national-plan-for-low-carbon-emission-in-agriculture-abc-plan Accessed May 9th 2019

Mitchell, J. P., Shrestha, A., Mathesius, K., Scow, K. M., Southard, R. J., Haney, R. L., Horwath, W. R. (2017). Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California’s San Joaquin Valley, USA. Soil and Tillage Research, 165, 325–335.

Naudin, K., Goze, E., Balarabe, O., Giller, K.E., Scopel, E., 2010. Impact of no tillage and mulching practices on cotton production in North Cameroon: a multi-locational on-farm assessment. Soil Till. Res. 108, 68–76.

Prasuhn, V. (2010) On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. Soil and Tillage Research Volume 120, 137-146

*The Nebraska Declaration on Conservation Agriculture*, 2013 https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/ISPC\_StrategyTrends\_ConservationAgriculture\_NebraskaDeclaration.pdf Accessed 1st May 2019

Pelosi C, Bertrand M, Roger-Estrade J (2009) Earthworm community inconventional, organic and direct seeding with living mulch croppingsystems. Agron Sustain Dev 29:287–295

Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., Cassman, K.G. (2014) 'Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation' Nature Climate Change volume 4, pages 678–683

Santelmann, M., Freemark, K., Sifneos, J., & White, D. (2006). Assessing effects of alternative agricultural practices on wildlife habitat in Iowa, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113(1-4), 243–253.

Silici, L., Ndabe, P., Friedrich, T. & Kassam, A. 2011. Harnessing sustainability, resilience and productivity through conservation agriculture: the case of likoti in Lesotho. Int. J. Agri. Sust., 9(1): 1-8.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. (2008) ‘Greenhouse gas mitigation in agriculture’. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 363: 789–813

Stiebert, S., Murphy, D., Dion, J., McFatridge, S. (2012) Kenya’s Climate Change Action Plan: Mitigation - Chapter 3: Agriculture. Climate and Development Knowledge Network

Stout, R. (1961) *Gardening without Work Norton* Devon-Adair Company, New York

Thomas, G., Dalal, R., & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research, 94(2), 295–304 4

Van Beek, K. R., Brawn, J. D., & Ward, M. P. (2014). Does no-till soybean farming provide any benefits for birds? Agriculture, Ecosystems & Environment, 185, 59–64.

Witmer, G., Sayler, R., Huggins, D., & Capelli, J. (2007). Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA. Integrative Zoology, 2(3), 154–164.

Zhao, X., Mu, Y., Chen, F. (2012) ‘Economic Benefits of Conservation Tillage and Evaluation of its Subsidies: From the Analysis of the Survey Farmers in Shanxi Province’. Economical Issue, 2: 74-77.