

Landwirtschaft für eine bessere Zukunft

2 Wir begrüßen Sie zu einer spannenden Reise

3 Zusammenfassung

3 Einleitung

4 Klimawandel und Landwirtschaft

5 CO₂-Fußabdruck und Landmaschinen

6 Nachhaltige Landwirtschaft und die Bedeutung der Kohlenstoffspeicherung im Boden

9 Lösungen für Klimaschutz und Präzisionslandwirtschaft

10 Carbon Farming, Netto-Null und neue Geschäftsmodelle

11 Die Reise geht weiter

13 Quellenangaben

Wir begrüßen Sie zu einer spannenden Reise



ROB VAN DEN HEUVEL
PRESIDENT UND GLOBAL CEO
AGCO FINANCE

„Wir von AGCO Finance freuen uns, gemeinsam mit unseren Landwirten auf eine Reise der Nachhaltigkeit zu gehen und diese Vision in alle Projekte unserer neuen Strategie AGFinance 2025 zu tragen. Wir sind überzeugt, dass finanzielle Aspekte essenziell sind, um einen Wandel hin zu nachhaltigeren landwirtschaftlichen Praktiken zu ermöglichen und so widerstandsfähige Ökosysteme, Ernährungssicherheit und gesellschaftliches Wohlergehen zu unterstützen. Deshalb wollen wir uns Hand in Hand mit unseren Partnern und Stakeholdern auf diesen Weg machen, voneinander lernen und unsere gemeinsamen Ziele erreichen.“



LOUISA PARKER-SMITH
DIRECTOR CORPORATE SUSTAINABILITY
AGCO CORPORATION

„Bei AGCO sind wir der festen Überzeugung, dass die Landwirtschaft eine zentrale Rolle bei der Bewältigung des Klimawandels einnehmen muss. Die landwirtschaftlichen Böden sind das wichtigste Kapital der Landwirte. Sie sind für die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung und die Abschwächung des Klimawandels unerlässlich. Unser Ziel ist es, Lösungen für eine nachhaltige Ernährung unserer Welt zu liefern, die Landwirte in den Fokus rücken. Genau zu diesem Zweck entwickeln wir unsere Produkte und Technologielösungen. Die Förderung der Bodengesundheit und der Kohlenstoffbindung im Boden durch unsere Maschinen, Technologien und Lösungen ist eine der vier Säulen unserer Nachhaltigkeitsstrategie, und wir freuen uns, dass AGCO Finance Wege gefunden hat, Landwirte beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen Landwirtschaft zu unterstützen. Gemeinsam mit den Landwirten als unseren Ratgebern wollen wir das Wissen über die Vorteile nachhaltiger landwirtschaftlicher Praktiken fördern und weitergeben. Wir sind zuversichtlich, dass wir diese Herausforderung gemeinsam meistern können.“

Zusammenfassung

- Der Klimawandel schreitet voran und derzeitige Initiativen reichen nicht aus, um das Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Ein instabiles Klima mag die Risiken für die landwirtschaftliche Produktivität verschärfen, zugleich ist die Landwirtschaft aber auch ein Schlüssel zur Umkehrung des Klimawandels.
- Landmaschinen wie Traktoren tragen zu den direkten CO₂-Emissionen in landwirtschaftlichen Betrieben bei und sind ein wichtiger Bestandteil der Scope-3-Kohlenstoffbilanzierung, die von Unternehmen zunehmend in Anspruch genommen wird.
- Obwohl die Kohlenstoffbindung (auch als Sequestrierung bekannt) nicht frei ist von Einschränkungen, gilt sie in Forschung und Praxis als anerkannte Methode für die Entfernung von CO₂ aus der

Atmosphäre. Es gibt eine Reihe etablierter Regenerationsverfahren mit unterschiedlichem Potenzial, die sich je nach Schwerpunkt wie Bodenbearbeitung, Pflanzenanbau, Nährstoffmanagement oder Agroforstwirtschaft unterscheiden lassen.

- Instrumente der Präzisionslandwirtschaft wie Technologien zur variablen Bewirtschaftung sind wichtige Mittel, um die Ressourceneffizienz zu steigern. Zugleich unterstützen sie Landwirte, die Umweltauswirkungen und Kosten landwirtschaftlicher Tätigkeiten zu senken.
- Angesichts der sich wandelnden politischen Landschaft und der zunehmenden Zahl an Unternehmen, die sich verpflichten, eine Netto-Nullbilanz zu erreichen, hat Carbon Farming das Potenzial, zu einer neuen Einnahmequelle für Landwirte zu werden.

Einleitung

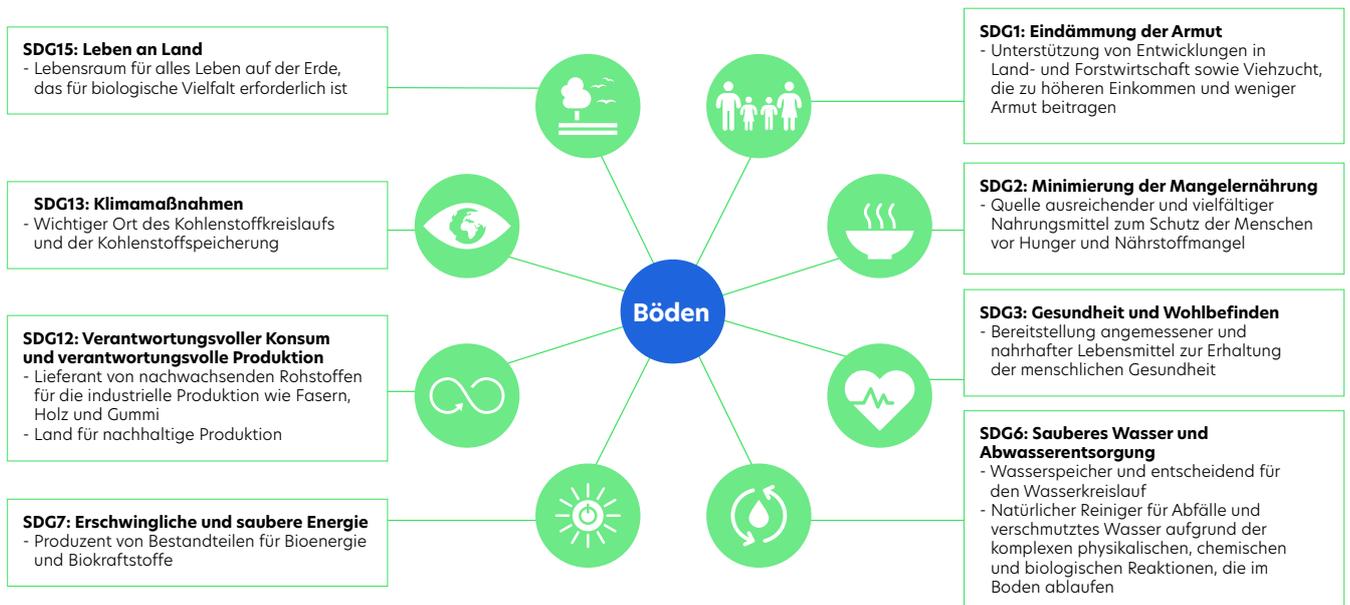
Die zunehmende Bedrohung durch den Klimawandel stellt eine gewaltige Herausforderung dar, die diverse wirtschaftliche Risiken mit sich bringt. Zugleich bietet sie aber auch Chancen für einen Übergang zu nachhaltigeren Praktiken. Landwirte, die in Carbon Farming investieren, können von den ausgereiften marktbasierenden Instrumenten in diesem Bereich und von den wichtigen Nebeneffekten des Carbon Farming profitieren, das auf den Grundsätzen der regenerativen Landwirtschaft basiert. Einige Vorteile für Betriebe können sein: bessere Frischwasserverfügbarkeit, höhere Ernteproduktivität, bessere Existenzgrundlage für Landwirte und die Erhaltung der Biodiversität.¹

Die Bindung von Kohlenstoff im Boden birgt ein erhebliches Potenzial für die Bekämpfung des Klimawandels. Zugleich erhöht sich so die Resilienz der landwirtschaftlichen Betriebe, künftige Rentabilität und Wachstum werden gesichert, neue Quellen für innovative Geschäftsmodelle sowie potenzielle Einnahmequellen entstehen. Im Zuge des wachsenden

Engagements von Regierungen und Unternehmen zugunsten einer Netto-Nullbilanz werden zunehmend naturnahe Lösungen wie die Kohlenstoffbindung im Boden gesucht. Die Vereinten Nationen prognostizieren, dass der Bedarf an Projekten zur Kohlenstoffbindung auf dem freiwilligen Carbon-Markt bis 2030 um das 15-fache ansteigen wird, wobei das Gesamtvolumen sogar 50 Milliarden Dollar erreichen könnte.

Entwicklungen in der politischen Landschaft deuten darauf hin, dass die Landwirtschaft eine immer wichtigere Rolle beim Kampf gegen den Klimawandel spielen wird, indem sie Anreize für die Einführung anerkannter naturbasierter Lösungen schafft. Die Landwirtschaft ist ein Mitverursacher des Klimawandels, aber auch ein integraler Bestandteil zur Lösung dieses Problems.

Dieses Whitepaper will das Bewusstsein für die Herausforderungen des Klimawandels schärfen und aufzeigen, warum diese Thematik für Landwirte angesichts der Chancen, die der Übergang zu nachhaltigeren Praktiken bietet, von großem Interesse ist.



Quelle: Hou, Deyi, et al. „Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach.“ Science of the Total Environment 729 (2020): 138961.

Klimawandel und Landwirtschaft

In der Welt, in der wir leben, verläuft alles in Zyklen, oder wie ein altes Sprichwort sagt: „Was man sät, das wird man ernten.“ Nirgendwo trifft das mehr zu als im System Erde, das unser Klima steuert. Derzeit steht dieses System unter immensem Druck, insbesondere aufgrund des Anstiegs der atmosphärischen Konzentrationen anthropogener Treibhausgase (THG).

Die Erde lässt sich mit einem Raumschiff² oder einem geschlossenen System mit einer festen Menge an Materie vergleichen. Dieses System besteht aus begrenzten Reserven, die durch komplexe Wechselwirkungen miteinander verflochten sind. Zwischen ihnen wird die Materie durch ökologische Prozesse, sogenannte biogeochemische Kreisläufe, kontinuierlich wiederverwertet. Die wärmespeichernden Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO₂), Distickstoffmonoxid (N₂O) und Methan (CH₄) sind zentrale Bestandteile dieses Systems. Da sie in der Atmosphäre zu finden sind, konnte die Durchschnittstemperatur der Erde durch den so genannten natürlichen Treibhauseffekt ausreichend warm bleiben und so Leben ermöglichen. Mit dem Beginn der industriellen Revolution begann der Mensch jedoch vor allem durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe³ exorbitante Mengen an Treibhausgasen in die Atmosphäre auszustoßen und setzte so lebenswichtige Speicher wie Land und Ozeane unter Druck. Dies hat die Fähigkeit des Erdsystems gestört, die in der Atmosphäre angesammelten Treibhausgase nahtlos wiederzuverwerten, was wiederum dazu geführt hat, das Gleichgewicht zwischen der Sonnenenergie, die die Erde erreicht, und der Sonnenenergie, die sie verlässt, durcheinanderzubringen und so den Klimawandel zu forcieren.

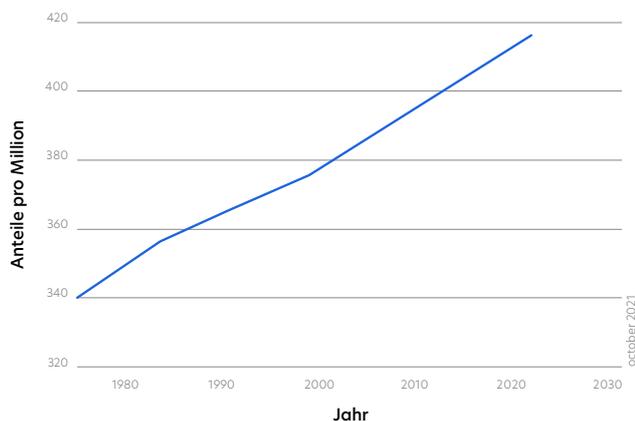


Abb. 1 Quelle: National Oceanic and Atmospheric Administration

Als dieser Bericht erstellt wurde, lag der weltweite monatliche Mittelwert des CO₂s in der Atmosphäre bei 414,46 ppm⁴ (Anteile pro Million) (siehe Abbildung 1). Das sind etwa 50 Prozent mehr als zu Beginn des Industriezeitalters im 18. Jahrhundert. Geht es so weiter, könnte die CO₂-Konzentration um 2050 500 ppm überschreiten.⁵ Dem „Intergovernmental Panel on Climate Change“ zufolge würde dies zu einem Temperaturanstieg von über drei Grad Celsius bis zum Ende des Jahrhunderts führen.⁶ Laut Climate Action Tracker, einem unabhängigen wissenschaftlichen Gremium, das die von den

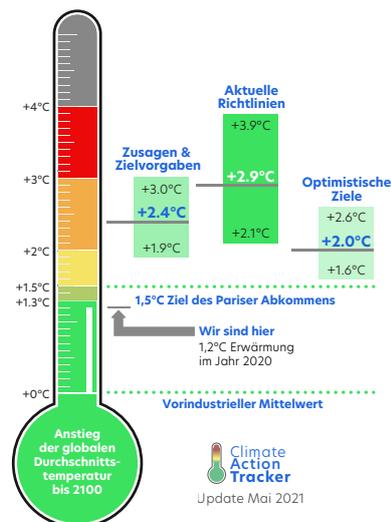


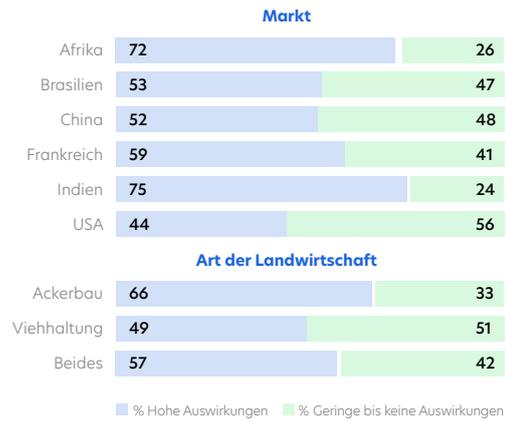
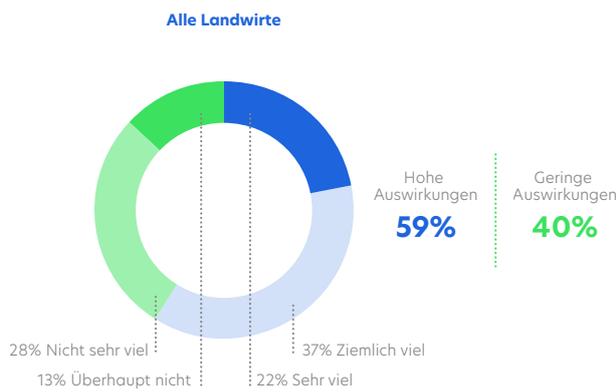
Abb. 2 Quelle: Climate Action Tracker

Ein Kohlendioxid- oder CO₂-Äquivalent, abgekürzt CO₂-eq, ist ein metrisches Maß, das zum Vergleich der Emissionen verschiedener Treibhausgase auf Basis ihres Treibhauspotenzials (GWP) verwendet wird. Hierbei werden die Mengen anderer Gase in die entsprechende Menge Kohlendioxid mit demselben Treibhauspotenzial umgerechnet.



Regierungen eingegangenen Verpflichtungen zur Eindämmung des Klimawandels überwacht, würden die derzeitigen nationalen Netto-Null-Zusagen bei vollständiger Umsetzung zu einer Erwärmung von 2,4°C bis zum Ende des Jahrhunderts führen (siehe Abbildung 2).⁷ Der CO₂-Ausstoß muss demnach dringend reduziert und ausgeglichen werden. Die weltweite Nahrungsmittelproduktion ist in diesem Zusammenhang für geschätzte Treibhausgasemissionen in Höhe von 18 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr verantwortlich (35 Prozent der jährlichen Gesamtemissionen). Hiervon entfallen 71 Prozent auf

Abb. 3 Quelle: Syngenta



landbasierte Emissionen, zu denen auch die landwirtschaftliche Produktion gehört.⁸ Steigende Temperaturen stellen ein großes Risiko für die Ernährungssicherheit dar. Die meisten Prognosen deuten auf sinkende Ernteerträge ab den 2030er Jahren hin⁹, so dass zusätzliche Maßnahmen zur Anpassung an die Erwärmung der Erde erforderlich sind. Eine von Syngenta durchgeführte weltweite Umfrage hat diesbezüglich ergeben, dass 87 Prozent der befragten Landwirte bereits Auswirkungen des Klimawandels und extremer Wetterbedingungen zu spüren bekommen, wobei die meisten von ihnen Ackerbauern sind (siehe Abbildung 3).¹⁰

Um das Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, die globale Erwärmung auf weniger als zwei Grad Celsius bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen, müssen wir unsere Emissionen reduzieren und einen Teil der in der Atmosphäre befindlichen Treibhausgase, insbesondere CO₂, entfernen. Die während der COP21 ins Leben gerufene Initiative „4 per 1000“ will zeigen, dass Landwirtschaft und nachhaltige Bodenbewirtschaftung eine

entscheidende Rolle in unserem Kampf gegen den Klimawandel spielen müssen.¹¹ Denn die Böden sind nach den Ozeanen unser zweitgrößter Kohlenstoffspeicher, auch Senke genannt, mit einer geschätzten Speicherkapazität von 1.500 Milliarden Tonnen organischem Kohlenstoff im Boden (bis zu einer Tiefe von einem Meter).¹² Die Initiative „4 per 1000“ geht davon aus, dass eine jährliche Wachstumsrate von 0,4 Prozent des Bodenkohlenstoffs (4 Promille pro Jahr) in den ersten 30 bis 40 Zentimetern des Bodens die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre erheblich verringern würde. Landwirtschaftliche Böden enthalten etwa 600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (bis zu einer Tiefe von einem Meter). Eine jährliche Erhöhung dieses Bestands um 0,4 Prozent (2,4 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr) könnte etwa fünf Prozent der globalen Treibhausgasemissionen ausgleichen.¹³ Erreichen lässt sich das durch die Anwendung empfohlener Bewirtschaftungsmethoden, um die Kohlenstoffbindung im Boden zu fördern.¹⁴ Die Landwirte stehen daher an vorderster Front im Kampf gegen den Klimawandel – sowohl auf dem Gebiet der Ernährung unserer Welt als auch beim Schutz unseres Klimas.

CO₂-Fußabdruck und Landmaschinen

Im Zuge der Modernisierung der Landwirtschaft haben Maschinen die Produktivität und Rentabilität der landwirtschaftlichen Betriebe, aber auch ihren Energiebedarf erhöht. Zudem hat der steigende Energieverbrauch die anthropogenen CO₂-Emissionen, von denen 96 Prozent aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe stammen,¹⁵ in die Höhe getrieben.

Aufgrund dieser Entwicklung hat das Konzept des Kohlenstoff-Fußabdrucks an Aufmerksamkeit gewonnen. Hierbei geht es um das Gesamtgewicht, in der Regel in Tonnen, der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen einer Person, einer Organisation oder eines Produkts über einen bestimmten Zeitraum, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten.¹⁶ Bei nicht straßengebundenen mobilen Maschinen wie Traktoren sind die direkten Emissionen in der Regel mit der Arbeit auf Ackerland verbunden. Die Bodenbearbeitung ist eine der wichtigsten primären Quellen für CO₂-Emissionen in landwirtschaftlichen Betrieben.¹⁷ Dies ist auf den erhöhten Kraftstoffverbrauch bei der Bodenbearbeitung zurückzuführen, der von den

Bodeneigenschaften, der Traktorgröße, der verwendeten Ausrüstung und der Bearbeitungstiefe abhängt.

Mit zunehmendem Kraftstoffverbrauch steigen auch die CO₂-Emissionen und der hieraus abgeleitete Kohlenstoff-Fußabdruck. Ein Teil dieses Fußabdrucks lässt sich durch die Einführung von Alternativen zur konventionellen Bodenbearbeitung reduzieren. Ein Beispiel ist die Streifenbearbeitung, die einen wesentlich geringeren Energieeinsatz pro Hektar erfordert und gleichzeitig Ernteerträge erhöht. Die Bewertung des Kohlenstoff-Fußabdrucks fungiert als Teilbereich der Lebenszyklusanalyse (LCA). Die Ökobilanz befasst sich jedoch viel umfassender mit den Umweltauswirkungen eines bestimmten Produkts oder einer Dienstleistung. Der Kohlenstoff-Fußabdruck konzentriert sich auf die Auswirkungen der energiebedingten Emissionen auf die globale Erwärmung. Ihre Vollständigkeit hängt vom Umfang der zu bewertenden Emissionen ab. Eine der bekanntesten Methoden zur Erfassung des Carbon Footprint ist das GHG Protocol, in dem drei Bereiche unterschieden werden.

Scope 1 und Scope 2 beziehen sich auf die direkten und indirekten Emissionen aus dem Betrieb einer Organisation, Scope 3 auf die Emissionen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette. Die Messung von Scope 3 ist essenziell, da hier in der Regel die meisten Emissionen anfallen (siehe Abbildung 4). Wenn genau bekannt ist, wo innerhalb der Wertschöpfungskette die meisten Emissionsauswirkungen auftreten, lassen sich die Hotspots, die den meisten klimabezogenen Risiken ausgesetzt sind, genau bestimmen. Um das Ziel des Pariser Abkommens zu erreichen, ist die Berücksichtigung von Scope-3-Emissionen unerlässlich. Dies gilt insbesondere für selbstfahrende Maschinen, bei denen, wie im gesamten Automobilsektor, die alltägliche Nutzung (nachgelagerte Emissionen) bis zu 80 Prozent der Emissionen ausmacht.¹⁸

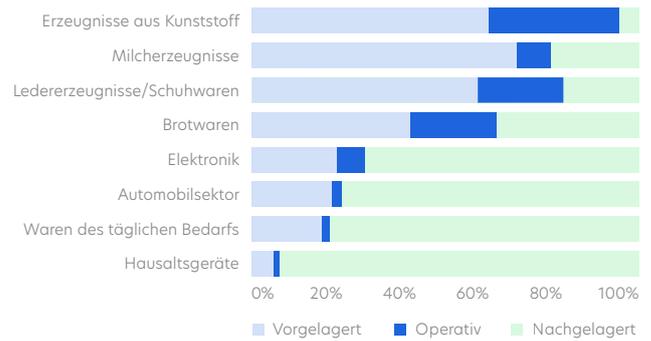


Abb. 4 Emissionen in der Wertschöpfungskette

Nachhaltige Landwirtschaft und die Bedeutung der Kohlenstoffspeicherung im Boden

Die Abschwächung des Klimawandels hat verschiedene Facetten und kann auf die Verringerung von Emissionen, die Vermeidung von Emissionen oder die Beseitigung von wärmespeichernden Treibhausgasen wie CO₂ abzielen, etwa durch natürliche Lösungen wie die Kohlenstoffbindung im Boden. Hierbei geht es um die Abscheidung von CO₂ aus der Atmosphäre und die Verlagerung in ein anderes Reservoir, beispielsweise die terrestrische Biosphäre, wo es über einen langen Zeitraum gespeichert werden soll. Dies lässt sich durch die Erhöhung der Kohlenstoffvorräte im Boden über eine gesteigerte Biomasseproduktion und die Verringerung der Zersetzungsrate organischer Stoffe realisieren. Die Sequestrierung von Kohlenstoff im Boden ist jedoch mit einigen Einschränkungen verbunden. Die beiden wichtigsten sind die Frage der Dauerhaftigkeit und der Sättigung.¹⁹ Im Boden gebundener Kohlenstoff ist leicht reversibel, beispielsweise durch Bodenbearbeitung. Daher müssen die akkumulierten Kohlenstoffvorräte durch eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung auf unbestimmte Zeit erhalten werden, um eine echte und dauerhafte Reduzierung zu gewährleisten. Das Potenzial, Kohlenstoff im Boden zu speichern, ist endlich, und die Böden hören auf, Kohlenstoffvorräte zu bilden, wenn sie gesättigt sind und ein neues Gleichgewicht erreichen. Für eine echte Eindämmung des Klimawandels ist außerdem eine umfassende Bilanzierung der Treibhausgase erforderlich, da einige Praktiken die Ströme anderer starker Treibhausgase wie N₂O (265-mal stärkeres Treibhauspotenzial als CO₂) und CH₄ (28-mal stärkeres Treibhauspotenzial als CO₂) fördern können.²⁰

Die fünf kohlenstoffintensivsten landwirtschaftlichen Praktiken in der Nordseeregion

Es gibt Praktiken, die die Fähigkeit der Böden verbessern, Treibhausgase wie CO₂ aus der Atmosphäre aufzunehmen und im Boden sowie der Vegetation zu speichern. Sie gelten

Entscheidungsunterstützende Instrumente:

- EU's Soil Navigator
- US COMET-Planner

in der Forschung als vorteilhaft für die Abschwächung des Klimawandels.²¹ Die Kohlenstoffspeicherung (Sequestrierung) ist jedoch standortspezifisch: An einem Ort erzielte Ergebnisse können an anderen Orten ganz anders ausfallen. Zudem hängt dieser Prozess stark von den klimatischen Bedingungen ab, insbesondere von Temperaturen, Feuchtigkeit sowie Bodenbeschaffenheit. Steigende Temperaturen wirken sich in der Regel negativer auf die Kohlenstoffbindung im Boden aus, da die Zersetzungsrate der organischen Substanz höher ist.



Mehr Feuchtigkeit hat hingegen positive Auswirkungen, da sich die Biomasseproduktion erhöht. Böden mit einem höheren Gehalt an Tonmineralien bieten günstigere Bedingungen für die Bindung von Kohlenstoff im Boden. Böden mit einem unverhältnismäßig hohen (sauren) oder niedrigen (alkalischen) pH-Wert beeinflussen die Anreicherung organischer Stoffe im Boden hingegen negativ.

Im Allgemeinen bergen Ackerböden ein geringeres Potenzial für die Kohlenstoffbindung als die Umwandlung von Flächen in Wald oder Grünland. Das Potenzial schwankt weltweit zwischen 0,37 und 4,22 Tonnen CO₂, die jährlich pro Hektar gebunden werden.^{22 23} Gleichzeitig sind Anbauflächen mit großen Ertragslücken und Bodendegradation besonders empfänglich für eine Regeneration durch Kohlenstoffbindung. Grundlage sind hierbei Verfahren, die an die lokalen Bedingungen und Bewirtschaftungsmöglichkeiten angepasst sind.²⁴ Verschiedene nachhaltige Bodenbewirtschaftungsmethoden bieten ein unterschiedliches Potenzial für die Kohlenstoffbindung. Sie lassen sich kombinieren, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Im Folgenden werden die am häufigsten diskutierten nachhaltigen Bodenbewirtschaftungspraktiken im Zusammenhang mit der Abschwächung des Klimawandels beschrieben. Hierbei soll es auch um ihr Potenzial zur Bindung von Kohlenstoff auf Ackerland in Kontinentaleuropa gehen. Die angegebenen Werte geben die potenziellen Sequestrationsraten an, also die Masse an CO₂²⁵, die pro Flächen- und Zeiteinheit aus der Atmosphäre entnommen wird. Die Werte basieren hauptsächlich auf Kohlenstoffvorräten, die in einer Tiefe von 30 Zentimetern gesammelt werden.

Bodenbearbeitung

Das Pflügen der Böden ist eine typische Aufgabe der konventionellen Landwirtschaft. Das Problem: Pflügen stört den Boden und macht ihn anfällig für Erosion durch Wind und abfließendes Wasser, wodurch sich die Bodenqualität verschlechtert. Wird der Boden häufig bearbeitet, kann dies zu einem Zerfall der Bodenstruktur führen, da die biologische Vielfalt im Boden abnimmt. Die Bodenbearbeitung verschlechtert die Qualität des Bodens, weil sie die Zersetzung der organischen Substanz im Boden fördert, was zur Emission von CO₂ in die Atmosphäre beiträgt. Die konservierende Bodenbearbeitung gilt als Alternative zum konventionellen Pflügen. Dabei handelt es sich um einen Bewirtschaftungsansatz, bei dem moderate Bodenbearbeitung im Fokus steht. Der Übergang zu Direktsaat oder reduzierter Bodenbearbeitung wirkt sich nachweislich positiv auf die chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens aus und fördert gleichzeitig die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen.²⁶ Wird der Boden weniger gestört, hilft dies, den während der Vegetationsperiode durch Photosynthese gewonnenen Kohlenstoffgehalt zu erhalten. Außerdem tragen Systeme, bei denen die Brachezeit auf ein Minimum reduziert und



Ernterückstände beibehalten werden, dazu bei, den Kohlenstoffgehalt des Bodens zu erhöhen, wenn lebendige mikrobielle Gemeinschaften im Boden die verbliebenen Rückstände aufnehmen. Laut Schätzungen könnte die Einführung einer konservierenden Bodenbearbeitung jährlich 0,7 Tonnen CO₂ pro Hektar binden.^{27 28 29}

Einige Experten bezweifeln jedoch den Beitrag der Direktsaat zur Eindämmung des Klimawandels und argumentieren, dass sie mehr zur Akkumulation als zur Bindung von Kohlenstoff beitragen würde. Dies gelte insbesondere im Oberboden und nicht in den tieferen Schichten, wo die Verweilzeit länger ist.³⁰ Um den Klimawandel wirklich einzudämmen, sollte die konservierende Bodenbearbeitung daher mit begleitenden Maßnahmen wie dem Anbau von Deckfrüchten und der Einführung von Fruchtfolgen kombiniert werden. Außerdem kann die konservierende Bodenbearbeitung aufgrund der erhöhten Feuchtigkeit Ströme anderer starker Treibhausgase wie N₂O erzeugen, obwohl diese Effekte standortspezifisch und sehr variabel sind und sich nur schwer quantifizieren lassen. Insgesamt wird das Minderungspotenzial der konservierenden Bodenbearbeitung auf -0,44 bis 1,89 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Hektar jährlich geschätzt.³¹

Anbaumanagement (Crop Management)

Verbesserte Anbaupraktiken, die Ernteerträge und Kohlenstoffeintrag erhöhen, kommen dem Prozess der Kohlenstoffbindung im Boden zugute, indem sie den Bestand an organischen Stoffen im Boden vergrößern. Zu diesen Praktiken gehören der Anbau von Pflanzenarten mit größerer Wurzelbiomasse, die dazu beitragen, Kohlenstoff in den tieferen Bodenschichten zu speichern, die Einführung von Fruchtfolgezyklen mit unterschiedlichen Merkmalen wie Stickstofffixierung in einer Saison und Nichtfixierung in einer anderen, das Zurückhalten von Ernterückständen und der Anbau von Deckfrüchten, die die Zeit, in der der Boden kahl ist, minimieren und gleichzeitig einen kontinuierlichen Kohlenstoffeintrag gewährleisten. Schätzungen gehen davon aus, dass sich durch den Einsatz derartiger Praktiken jährlich 0,88 Tonnen CO₂ pro Hektar binden lassen.^{32 33 34}

Ein möglicher Nebeneffekt des vermehrten organischen Materials, das eine Quelle für mineralisierbaren Stickstoff darstellt, ist der erhöhte Fluss von N₂O aus dem Boden in die Atmosphäre. Zusammengenommen hat eine verbesserte Pflanzenbewirtschaftung daher das Potenzial, jährlich zwischen 0,51 und 1,45 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Hektar zu vermeiden.³⁵

Genetisch vielfältige Parzellen mit großer Artenvielfalt, die natürlicheren Ökosystemen ähneln, sind dank der positiven Wechselwirkungen zwischen Pflanzen, Tieren und mikrobiellen Gemeinschaften über und unter der Erde widerstandsfähiger. Veränderte Umweltbedingungen infolge der globalen Erwärmung werden die Risiken für die landwirtschaftliche Produktivität durch Schädlinge und Krankheitserreger erhöhen. Anbausysteme, die gemeinhin als „intelligente Landwirtschaft“ (Smart Agriculture) bezeichnet werden und die der Vielfalt den Vorzug vor Monokulturen geben, bieten auch eine größere Anpassungsfähigkeit an sich verändernde

Umweltbedingungen wie veränderte Temperatur- und Niederschlagsmuster³⁶ und verringern gleichzeitig die Abhängigkeit von externen Betriebsmitteln wie Pestiziden und Herbiziden.

Nährstoffmanagement

Nährstoffe sind entscheidend für das Pflanzenwachstum und den Aufbau organischer Kohlenstoffvorräte im Boden. Ein verbessertes Nährstoffmanagement mit dem gezielten Einsatz von organischen Düngemitteln wie Mist oder Kompost kann dazu beitragen, Kohlenstoff zu binden und gleichzeitig direkte und indirekte Emissionen aus der Stickstoffauswaschung oder der Herstellung synthetischer Düngemittel zu verringern und zu vermeiden. Die Auswirkung der organischen Düngung auf den organischen Gehalt des Bodens bezieht sich auf die Menge an Biomasse, die produziert oder in den Boden zurückgeführt wird, sowie auf die Humifizierungsrate, die bei erhöhter CO₂-Konzentration in der Atmosphäre gesteigert werden kann. Dies gilt insbesondere für Agrarökosysteme, die geringe Erträge und Nährstoffmangel aufweisen. In Systemen, die in der Vergangenheit übermäßig gedüngt wurden, wird eine Reduzierung auf wirtschaftlich optimale Mengen empfohlen. Dies kann mit Hilfe von Präzisionsdüngungstechniken geschehen, etwa der Ausbringung von Düngemitteln auf Grundlage des genauen Bedarfs der Pflanzen mit räumlichen Anpassungen. Diese können beispielsweise die Bodenfruchtbarkeit, einen besseren Zeitpunkt der Düngung, der mit der Stickstoffaufnahme der Pflanzen abgestimmt wird, die Platzierung von Düngemitteln näher an den Pflanzenwurzeln oder eine Vermeidung von Düngung, wo immer dies möglich ist, einbeziehen. Experten schätzen, dass verbesserte Praktiken der Nährstoffbewirtschaftung dazu beitragen können, jährlich 0,55 Tonnen CO₂ pro Hektar zu binden.^{37 38 39}

Dieser Effekt lässt sich noch erheblich verstärken, wenn er mit konservierender Bodenbearbeitung und Mulchwirtschaft kombiniert wird. Die Düngung ist eng mit den N₂O-Flüssen verknüpft, und Ackerböden sind die größte Einzelquelle für anthropogenes N₂O in der Atmosphäre.^{40 41}

Im Gegensatz zu CO₂ gibt es für N₂O keine signifikante terrestrische Senke, daher ist die Verringerung der N₂O-Emissionen aus bekannten Quellen die beste Vermeidungsstrategie. Eine Umstellung auf verbessertes Nährstoffmanagement, das dazu beiträgt, die N₂O-Emissionen aus dem Boden durch den effizienten Einsatz von Düngemitteln zu verringern, kann jährlich zwischen 0,02 und 1,42 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Hektar einsparen.⁴²

Die positive Wirkung von Biokohle auf Nährstoffbindung, Bodengesundheit und Produktivität der Biomasse ist in der Forschung anerkannt.⁴³ Aufgrund ihres hohen Kohlenstoffgehalts und ihres langsamen Zersetzungsprozesses⁴⁴, der die Mineralisierung der angesammelten organischen Substanz im Boden verringert, bietet Biokohle ein erhebliches Potenzial, die Kohlenstoffbindung im Boden zu verbessern.

Die Anwendung dieser Methode in landwirtschaftlich genutzten Böden ist jedoch stark kontextabhängig, und es liegen noch keine Daten über langfristige Auswirkungen vor. Das technische Minderungspotenzial, also das, was erreicht werden kann, wenn die Hindernisse einer Einführung nicht berücksichtigt werden, etwa hohe Produktionskosten und geringe Verfügbarkeit, wird für die Böden der Welt auf 8,96 bis mehr als 10 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Hektar jährlich geschätzt.^{45 46}

Agroforstwirtschaft

Die Agroforstwirtschaft ist ein Landnutzungssystem, das durch die Integration von Bäumen in Ackerbau- und Tierhaltungssysteme gekennzeichnet ist. Agroforstwirtschaft wird für ihr regeneratives Potenzial gelobt, das sich aus den positiven Beiträgen zur Bodengesundheit, zum Wasserrückhalt, zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und zur Kohlenstoffbindung ergibt. Agroforstsysteme tragen dazu bei, Bodenerosion und Nährstoffauswaschung zu verringern, das Mikroklima der Parzelle zu verbessern, die Schädlingsbekämpfung zu steigern und die Attraktivität der Agrarlandschaft zu erhöhen. Zu den am häufigsten angewandten agroforstlichen Praktiken gehören Alley Cropping oder silofähiger Agroforst, Konturhecken, Windschutz und Uferpuffer. In der Regel binden Bäume, die auf Ackerland gepflanzt werden, schneller Kohlenstoff als Bäume in Wäldern, da sie weniger um Wasser und Nährstoffe konkurrieren. Zwischenfruchtssysteme, die Pflanzenarten mit mehrschichtiger ober- und unterirdischer Biomasseproduktion kombinieren, können Kohlenstoff viel effizienter binden als Monokulturen. Bäume binden Kohlenstoff, indem sie ihn in ihren holzigen Elementen und im Boden speichern.

Die Menge des in agroforstlichen Systemen gebundenen Kohlenstoffs hängt von der Gesamtbiomasse der Bäume und ihrem Beitrag zur Veränderung des organischen Bodengehalts ab. Die Raten, mit denen Bäume in Agrarökosystemen Kohlenstoff binden können, variieren erheblich. Dies hängt mit den unterschiedlichen Boden- und Klimabedingungen sowie der Art der gepflanzten Bäume, der angewandten Methode und der Baumdicke zusammen. Die Zahl der Studien, die das Potenzial von Agroforstsystemen in Europa zur Bindung von Kohlenstoff untersuchen, ist begrenzt. Einige Studien gehen davon aus, dass in europäischen Ackerböden jährlich 10,06 Tonnen CO₂ pro Hektar in der Biomasse der Bäume gebunden werden können.⁴⁷ Andere weisen auf die große Variabilität der Schätzungen hin, die von 5,5 bis 14,67 Tonnen CO₂ pro Hektar und Jahr reichen.⁴⁸ Zusätzlich könnten durch die Erhöhung des organischen Kohlenstoffs im Boden weitere 1,1 bis 3,81 Tonnen CO₂ pro Hektar und Jahr gebunden werden.^{49 50} Diese Werte lassen sich erheblich verbessern, wenn sie mit Praktiken wie dem Anbau von Deckfrüchten und konservierender Bodenbearbeitung kombiniert werden.

Lösungen für Klimaschutz und Präzisionslandwirtschaft

Keine Frage: Die Agrarbranche wird in den kommenden Jahrzehnten einem erheblichen Druck ausgesetzt sein. Klimawandel und Ressourcenknappheit bedingen diese Entwicklung. Gleichzeitig muss eine wachsende Weltbevölkerung ernährt werden, ohne dass mehr Land für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung steht.⁵¹ Mehr mit weniger zu erreichen, ist eine Herausforderung, die einen Wechsel zu neuen Instrumenten und Ansätzen erfordert, die auf innovativen Informationstechnologien basiert. Technologien für die Präzisionslandwirtschaft helfen dabei, den Einsatz von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln wie Dünger oder Treibstoff zu optimieren, indem räumliche und zeitliche Echtzeitdaten aus verschiedenen Quellen zusammengeführt werden. Indem sie die Variabilität des Feldes berücksichtigen, können Landwirte etwa das Ressourcenmanagement verbessern.⁵² In Sachen Klimaschutz hilft die Präzisionslandwirtschaft durch ein Plus an Effizienz vor allem dabei Umweltauswirkungen zu verringern. Die Technologien der Präzisionslandwirtschaft lassen sich dabei grob in drei Hauptgruppen einteilen⁵³:

- Lenkungstechnologien, die alle Formen der automatischen Lenkung und Führung von Traktoren und Arbeitsgeräten auf dem Feld umfassen. Dazu gehören Controlled Traffic Farming, Fahrerassistenz und Maschinensteuerung.
- Erfassungstechnologien, die auf einem Traktor oder einer anderen Plattform wie Drohnen montiert werden, um räumliche Daten zu sammeln. Dazu gehören Bodenkartierung, Erfassung der Bodenfeuchtigkeit, Canopy Sensing und Ertragskartierung.
- Reaktionstechnologien für das Management der Platzierung von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln wie Technologien mit variabler Dosierung für Bewässerung, Nährstoffausbringung, Pflanzenschutzmittel, Aussaat und Präzisionsjäten. Dazu gehört der SmartFirmer für Präzisionsaatgut, mit dem sich der Zustand des Saatbettes auf Grundlage der Variabilität des Feldes, einschließlich des Gehalts an organischer Substanz im Boden, bestimmen lässt.⁵⁴

Die Anwendung dieser Technologien bringt erhebliche ökologische und wirtschaftliche Vorteile mit sich. Im Hinblick auf den Klimaschutz bietet vor allem die variable Nährstoffausbringung erhebliche Vorteile, da eine verbesserte Stickstoffausbringung die N₂O-Emissionen aus Ackerböden deutlich verringern kann. Die Anwendung dieser Technologie bei einem Feldversuch in der Swiss Future Farm führte zu höheren Erträgen bei gleichzeitig deutlich verbesserter Stickstoffeffizienz.^{55 56}

Im Allgemeinen ist die Zugabe von Stickstoff bis zu einem bestimmten Punkt vorteilhaft für das Pflanzenwachstum, danach überwiegen die Kosten vor dem Nutzen. Mit Technologien zur variablen Ausbringung können Landwirte genau bestimmen, wann ihre Pflanzen dieses wirtschaftliche Optimum erreichen, und so Stickstoffkosten einsparen, während sie ihre Erträge sichern und Umweltschäden vermeiden.⁵⁷ Der Kraftstoffverbrauch lässt sich durch Controlled Traffic Farming und Maschinenführungstechnologien wie



VarioGuide^{58 59} von Fendt senken. Sie tragen dazu bei, den Einsatz von Traktoren durch präzise Maschinenbewegungen zu begrenzen. Effizientere Arbeitsabläufe, beispielsweise durch geringere Überlappungen, helfen, die Bodenverdichtung zu verringern und die Bodenstruktur zu verbessern, was die Bodenbearbeitung erleichtert. Eine in Dänemark durchgeführte Studie ergab, dass durch die Einführung von Controlled Traffic Farming-Systemen 25 bis 27 Prozent Kraftstoff eingespart werden können.⁶⁰ Höhere Effizienz bedeutet niedrigere Betriebskosten für die Landwirte und eine geringere CO₂-Bilanz.

FUSE Smart Farming Return on Investment Rechner

Präzisionslandwirtschaft ist kein neues Konzept. Verschiedene Instrumente, die in die oben genannten Kategorien fallen, sind bereits seit einiger Zeit auf dem Markt. Sie werden aber noch immer zu selten eingesetzt. Das liegt vor allem an den Kosten und Risiken, die mit einer Investition in diese Technologien einhergehen. Daher ist Unterstützung von Institutionen und Organisationen erforderlich, um die Bedenken der Landwirte hinsichtlich der Auswirkungen innovativer Instrumente auf die Rentabilität ihrer Betriebe zu zerstreuen. Ein weiteres Hindernis ist die Komplexität, die mit dem kombinierten Einsatz verschiedener Präzisionslandwirtschaftsinstrumente verbunden ist, um eine maximale Effizienzsteigerung zu erreichen. Landwirte müssen wissen, wie sie fortschrittliche Datenanalysen zu ihrem Vorteil nutzen können. Beratung und Wissensaustausch müssen sein. Auch praktische Probleme wie die Konnektivität können eine Herausforderung darstellen, insbesondere in ländlichen Gebieten, in denen es keine Breitbandinfrastruktur gibt. Die Digitalisierung von Produktionsprozessen, von denen die Präzisionslandwirtschaft nur eine Erscheinungsform ist, ist von Natur aus ein Prozess des sozialen Wandels, der ein günstiges Umfeld erfordert, um eine effektive Übernahme zu gewährleisten.

Carbon Farming, Netto-Null und neue Geschäftsmodelle

Mit der zunehmenden Verbreitung von Carbon-Märkten wird Carbon Farming zu einem populären Begriff, der die Kommerzialisierung von Kohlenstoff beinhaltet. Carbon Farming bezieht sich auf landwirtschaftliche Praktiken, die zur Eindämmung des Klimawandels beitragen, darunter die Kohlenstoffbindung im Boden, um Kohlenstoffgutschriften zu generieren und folglich einen finanziellen Gewinn zu erzielen.⁶¹ Durch Carbon Farming können Landwirte dazu angeregt werden, nachhaltigere Formen der Bodenbewirtschaftung anzuwenden. Die erzeugten Carbon-Gutschriften sind handelbare Einheiten, die in der Regel einer Tonne CO₂-Äquivalent entsprechen, die reduziert, vermieden oder beseitigt wurde. Sie werden Akteuren zur Verfügung gestellt, die anerkannte Klimaschutzmaßnahmen durchführen⁶², und an Marktteilnehmer verkauft, die ihre unvermeidbaren Emissionen ausgleichen wollen. Landwirte, die auf derartige Klimaschutzmaßnahmen setzen, sollten Emissionsreduzierungen im Vergleich zu einem Business-as-usual-Szenario erzielen, das die finanzierten nachhaltigen Innovationen nicht einschließt. Die erzielten Reduktionen müssen auf die neu durchgeführten Maßnahmen zurückzuführen sein und von der anrechnenden Institution verifiziert werden. Auf diese Weise versucht der Mechanismus für die Vergabe von Emissionsgutschriften eines seiner grundlegenden Kriterien zu wahren: die Zusätzlichkeit, also die Vermeidung der Inanspruchnahme von Gutschriften für Aktivitäten, die aus anderen Gründen als der Erzeugung zertifizierter Emissionsgutschriften durchgeführt wurden.

Auf den freiwilligen Kohlenstoffmärkten, auf denen derzeit Emissionsgutschriften aus landwirtschaftlichen Projekten gehandelt werden, wird die Nachfrage nach Emissionsgutschriften künftig steigen, da Länder und Unternehmen ihre Verpflichtungen zur Erreichung der Ziele des Pariser Abkommens und zur Erfüllung der wachsenden Anforderungen von Regulierungsbehörden und Aktionären erhöhen. Die derzeitigen freiwilligen Kohlenstoffmärkte sind stark zersplittert und relativ komplex. Hinzukommen erhebliche Preisunterschiede von durchschnittlich 13 EUR pro Tonne CO₂, die in der EU gebunden wird (Bandbreite von 6 bis 110 EUR).⁶³ Um das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen, müssen schätzungsweise zwei Milliarden Tonnen aus Projekten zur Kohlenstoffbindung stammen, was laut der UN-Taskforce zur Skalierung freiwilliger Kohlenstoffmärkte⁶⁴ eine 15-fache Steigerung der freiwilligen Kompensationsprojekte im Jahr 2030 gegenüber 2019 erfordert. Für Landwirte, die bereit sind, das potenzielle künftige Nachfragewachstum zu nutzen, könnte sich somit ein beträchtlicher Spielraum ergeben. Nach Angaben des Ecosystem Marketplace hat sich die Zahl der Unternehmen, die klimaneutrale oder Netto-Null-Zusagen machen, während der Corona-Pandemie verdoppelt.⁶⁵ Unternehmen schauen bei der Erstellung von Netto-Null-Fahrplänen außerdem zunehmend über ihre direkten Tätigkeiten hinaus und beziehen ihre Emissionen in der Wertschöpfungskette, die so genannten Scope-3-Emissionen, mit ein.⁶⁶ Landwirte sind ein entscheidender Teil vieler Wertschöpfungsketten, und ihr Engagement ist

gefragt, um sinnvolle Klimaziele für Unternehmen zu schaffen und die Gefahr des „Greenwashings“ zu vermeiden. Im Bereich der Politik, insbesondere in Europa, legt das kürzlich verabschiedete Klimagesetz eine verbindliche rechtliche Verpflichtung fest, bis 2050 eine Netto-Null-Emission zu erreichen, mit einem Zwischenziel von 55 Prozent Emissionsreduktion bis 2030. Die Kommission hat außerdem ein Legislativpaket, das so genannte „Fit-for-55“, vorgelegt, das einen Weg zur Verwirklichung der Ziele des Klimagesetzes aufzeigt. Für den Agrarsektor ist der wichtigste Rechtsrahmen nach wie vor die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP). In der überarbeiteten Fassung für die Jahre 2023 bis 2027 wird angestrebt, die natürlichen Kohlenstoffspeicher, etwa den Boden, zu regenerieren. „Fit-for-55“ beinhaltet in seiner aktuellen Fassung das Ziel, den Kohlenstoffabbau im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft bis 2030 auf 310 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent zu erhöhen. Die Verbesserung der Kohlenstoffspeicher trägt auch zu den Zielen der Farm-to-Fork-Strategie und der Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt 2030 bei, da sie synergetisch mit den Zielen zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit, zur Verringerung der Bodenerosion und zur Erhöhung des Gehalts an organischen Stoffen verbunden ist. Um diese Ziele zu erreichen, ist die Einbindung der Landwirte von entscheidender Bedeutung.

ICROA-Grundsätze für Emissionsgutschriften

- **Real:** Alle Emissionsreduzierungen und -beseitigungen sowie die Projektaktivitäten, die sie verursachen müssen nachweislich tatsächlich stattgefunden haben.
- **Messbar:** Alle Emissionsverringerungen und -beseitigungen müssen unter Verwendung anerkannter Messinstrumente (einschließlich Anpassungen für Unsicherheiten und Leckagen) anhand einer glaubwürdigen Emissionsbasis quantifizierbar sein.
- **Dauerhaft:** Die Emissionsgutschriften müssen dauerhafte Emissionsminderungen und -reduzierungen darstellen. Bei Projekten, bei denen das Risiko der Reversibilität besteht, müssen zumindest angemessene Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um sicherzustellen, dass das Risiko minimiert wird und dass im Falle einer Reversibilität ein Mechanismus vorhanden ist, der garantiert, dass die Minimierungen oder der Abbau ersetzt oder kompensiert werden. Die international anerkannte Norm für die Dauerhaftigkeit beträgt 100 Jahre.
- **Zusätzlich:** Die Zusätzlichkeit ist ein grundlegendes Kriterium für jedes Ausgleichsprojekt. Die projektbezogenen Emissionsverringerungen und -beseitigungen müssen zusätzlich zu dem sein, was ohne das Projekt eingetreten wäre.
- **Unabhängig verifiziert:** Alle Emissionsverringerungen und -beseitigungen müssen von einem unabhängigen und qualifizierten Dritten mit einem angemessenen Maß an Sicherheit überprüft werden.
- **Einzigartig:** Nicht mehr als eine Kohlenstoffgutschrift kann mit einer einzigen Emissionsverringerung oder -beseitigung als eine (1) Tonne Kohlendioxidäquivalent (CO₂-eq) verbunden sein. Die Emissionsgutschriften werden in einem unabhängigen Register gespeichert und aufbewahrt.



Projektentwicklungszyklus für CO₂-Gutschriften

Die in die „Grüne Architektur“ der GAP eingebetteten Maßnahmen sollen den Landwirten Anreize für die Anwendung nachhaltigerer Verfahren bieten. Neben der verbesserten Konditionalität, die neue gute landwirtschaftliche und ökologische Bedingungen betont, wie die Umsetzung von Fruchtfolgen, die Reduzierung der Bodenbearbeitung und die Minimierung der Brachezeit, werden die neu vorgeschlagenen Öko-Regelungen viele Praktiken umfassen, für die die Landwirte zusätzliche Belohnungen in Form von Direktzahlungen erhalten. Beispiele sind die Umsetzung von Agroforstsystemen, der Einsatz von Instrumenten der Präzisionslandwirtschaft oder die Einführung von Carbon Farming. Carbon Farming wurde dabei als wichtiges Instrument der EU-Klimaagenda⁶⁷ und als neues grünes Geschäftsmodell anerkannt, um die Schaffung alternativer Einkommensquellen für Landwirte zu fördern, die sich an freiwilligen Kohlenstoffmärkten beteiligen wollen. Die künftige Arbeit diesbezüglich wird sich auf die Entwicklung eines robusten Rechtsrahmens für die Zertifizierung des Kohlenstoffabbaus⁶⁸ konzentrieren.

Im Laufe der Jahre war der freiwillige Carbon-Markt durch ein Überangebot an Gutschriften gekennzeichnet, deren Zusätzlichkeit bestritten wurde, wodurch die Preise relativ niedrig gehalten wurden. In den vergangenen Jahren ist die Nachfrage jedoch gestiegen und hat sich von alten, hauptsächlich auf erneuerbare Energien ausgerichteten Gutschriften auf neue Gutschriften aus naturbasierten Lösungen verlagert, deren Volumen und Preis überproportional um 264 Prozent beziehungsweise 30 Prozent gestiegen sind.^{69 70}

Schätzungen zufolge könnte der Gesamtmarkt für Emissionsgutschriften im Jahr 2030 sogar bis zu 50 Milliarden Dollar erreichen.⁷¹ Im Rahmen des Projekts „Carbon Farming“ der Nordseeregion wurden Geschäftsmodelle für Landwirte auf Grundlage der Kohlenstoffsequestrierung untersucht.⁷² Bei dem Geschäftsmodell für Kohlenstoffgutschriften wurde ein Trend vom Kauf von in Entwicklungsländern produzierten Gutschriften hin zu lokal produzierten Gutschriften festgestellt. Dies ist auf die Bereitschaft der Verbraucher zurückzuführen, lokale

Landwirte und Unternehmen zu unterstützen, die ihre lokal erworbenen Gutschriften in Marketingkampagnen einsetzen. Lokal erzeugte Gutschriften haben somit einen zusätzlichen Wert für die potenziellen Käufer. Ein mögliches Hindernis für diese Entwicklungen ist jedoch die mangelnde Bereitschaft der Landwirte, in Carbon Farming zu investieren, da sich dies kurzfristig negativ auf ihren Gewinn auswirken könnte.



Die Reise geht weiter

Die Landwirtschaft ist sowohl Opfer des Klimawandels und extremer Wetterereignisse als auch in vielerlei Hinsicht wichtiger Player im Kampf gegen die weltweite Erwärmung, da landwirtschaftlich genutzte Böden beispielsweise ein erhebliches Potenzial zur Speicherung von Kohlenstoff haben. Die Vergrößerung der Kohlenstoffvorräte in landwirtschaftlich genutzten Böden erfordert jedoch einen Übergang zu Praktiken, die die Bindung von Kohlenstoff im Boden erleichtern. In diesem Whitepaper wurden verschiedene etablierte regenerative Bodenbewirtschaftungstechniken zur Bindung von Kohlenstoff vorgestellt und diskutiert, die ein unterschiedliches Potenzial der Carbon-Speicherung aufweisen. Ein relativ geringes Potenzial deutet darauf hin, dass hier eine wirksame Ausweitung und klare Anreize erforderlich sind, damit diese Verfahren sowohl im Hinblick auf

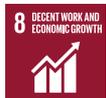
den Klimaschutz als auch auf die wirtschaftliche Attraktivität für die Landwirte, die in die Kohlenstoffmärkte einsteigen wollen, wirksam sind.

Das politische Umfeld angesichts des sich deutlich verändernden Klimas und der sich wandelnden gesellschaftlichen Erwartungen deutet unbestreitbar auf den Beginn eines langen Übergangs zu klimafreundlichen Geschäftspraktiken hin. In der EU werden die Ziele des Green Deal zunehmend in verschiedenen Gesetzespaketen verankert. Gleichzeitig signalisiert die Regierung Biden in den USA weiterhin Unterstützung für Klimamaßnahmen, und der Senat hat kürzlich mit parteiübergreifender Unterstützung den Growing Climate Solutions Act verabschiedet, der Landwirten helfen soll, sich an freiwillige Kohlenstoffmärkte anzuschließen. Wirksame Initiativen sind dringend erforderlich, um die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden. Carbon Farming wird als Mittel zur Unterstützung der Landwirte bei diesen Bemühungen gefördert. Ihre Beteiligung ist unerlässlich, um die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion zu gewährleisten. Die Kohlenstoffmärkte, die durch die Stärkung der Klimapolitik Rückenwind erhalten, werden weiter wachsen. Die Marktakteure sind sich dieses Trends bewusst und treiben daher die Nachfrage nach glaubwürdigen Emissionsgutschriften voran. Der Erfolg der Kohlenstoffmärkte hängt jedoch davon ab, ob es gelingt, innovative Landwirte zu mobilisieren, die bereit sind, als Lieferanten aufzutreten. Damit dies geschehen kann, müssen die Landwirte jedoch verschiedene Hindernisse überwinden. Dazu gehört der Zugang zu Krediten für Landwirte, für die die Umstellung ein neues Risiko für die Rentabilität ihrer Betriebe darstellt, da die Gewinnspannen der Landwirte oft gering sind.

Bisherige Abläufe und Praktiken werden wegen ihres ökologischen Fußabdrucks zunehmend in Frage gestellt. Da die Weltbevölkerung bis 2050 auf mehr als neun Milliarden Menschen angewachsen wird, muss die landwirtschaftliche

Produktion um etwa 70 Prozent gesteigert werden. Strengere Klimagesetze werden sich auf die Preise für kohlenstoffintensive landwirtschaftliche Betriebsmittel wie synthetische Düngemittel auswirken. Landwirte werden nach ökologischen Alternativen suchen müssen, um ihre Produktion zu steigern, ohne die Kosten für Lebensmittel in die Höhe zu treiben. Die große Herausforderung besteht darin, den wachsenden Nahrungsmittelbedarf zu decken und gleichzeitig sicherzustellen, dass die Landwirtschaft die natürliche Umwelt, von der sie abhängt, nicht beeinträchtigt. Die Nahrungsmittelproduktion muss daher nicht nur nachhaltig, sondern auch regenerativ sein. Carbon Farming kann mehr als nur den Klimawandel abmildern, da sie zusätzliche Vorteile bietet, wie etwa den Aufbau organischer Substanz, die zur Steigerung der Pflanzenproduktivität beiträgt. Regenerierte Böden können auch mehr Wasser speichern und so die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Dürreperioden erhöhen, die während der Vegetationsperiode zunehmend zur Normalität werden. Technologie spielt eine wichtige Rolle bei der Verringerung negativer Auswirkungen etwa durch den Einsatz innovativer Lösungen für Präzisionslandwirtschaft. Leistungsstarke Mess-, Berichts- und Überprüfungsmechanismen helfen zudem sicherzustellen, dass die von den Landwirten ergriffenen Maßnahmen verlässlich sind und dass ihre Umweltintegrität geschützt ist.

AGCO Finance erforscht gemeinsam mit der AGCO Corp. und der Rabobank kontinuierlich, wie Landwirte auf ihrem Weg zu mehr Nachhaltigkeit unterstützt werden können. Hand in Hand mit den Landwirten, die die Welt ernähren, versuchen wir, die Bedrohung durch den Klimawandel frontal und proaktiv anzugehen. Die Gesundheit der Böden ist eine unserer strategischen Prioritäten.⁷³ Wir wollen unser Fachwissen im Bereich der Finanzdienstleistungen einsetzen, um Landwirte einzubinden und sie auf diesem Weg zu begleiten. Gemeinsam bereiten wir uns auf die Herausforderungen von morgen vor und werden so Teil der Lösung.

<p>Förderung der Bodengesundheit und der Kohlenstoffspeicherung im Boden</p>	<p>Dekarbonisierung unserer Betriebe und Produkte</p>	<p>Verbesserung von Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter</p>	<p>Fokus auf Tierschutz in der Lebensmittelproduktion</p>
<p>Reduzierung der atmosphärischen Treibhausgase durch Bindung von Kohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden</p> 	<p>Reduzierung der CO₂-Emissionen, um das Ausmaß des Klimawandels zu begrenzen</p> 	<p>Sicherstellung, dass alle AGCO-Arbeitsplätze die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter schützen</p> 	<p>Nutzung von Technologien zur Förderung von Innovationen in der tiergestützten Lebensmittelproduktion</p> 
 	 		

Quelle: AGCO Corp. 2020 Nachhaltigkeitsbericht

► Um mehr über nachhaltige und zukunftsorientierte Landwirtschaft zu erfahren, klicken Sie bitte [Hier](#)

Quellenangaben

- <https://www.wbcsd.org/content/wbcsd/download/6149/85658/1>
- Boulding, Kenneth. "The economics of the coming spaceship earth." (1966).
- <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>
- <https://e360.yale.edu/features/how-the-world-passed-a-carbon-threshold-400ppm-and-why-it-matters>
- <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- https://climateactiontracker.org/documents/853/CAT_2021-05-04_Briefing_Global-Update_Climate-Summit-Momentum.pdf
- Crippa, M., et al. "Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions." *Nature Food* 2.3 (2021): 198-209.
- Challinor, Andrew J., et al. "A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation." *Nature Climate Change* 4.4 (2014): 287-291.
- <https://www.syngenta.com/sites/syngenta/files/sustainability/the-good-growth-plan/GP2/Syngenta-Climate-Change-Global-Farmers-2020-Report.pdf>
- <https://www.4p1000.org>
- Paustian, Keith, et al. "Climate-smart soils." *Nature* 532.7597 (2016): 49-57.
- Minasny, Budiman, et al. "Soil carbon 4 per mille." *Geoderma* 292 (2017): 59-86.
- Lal, Rattan. "Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security." *Science* 304.5677 (2004): 1623-1627.
- Pao, Hsiao-Tien, Haipeng Allan Chen, and Yi-Ying Li. "Competitive dynamics of energy, environment, and economy in the US." *Energy* 89 (2015): 449-460.
- <https://www.globalcitizen.org/en/content/carbon-footprint-explained-how-to-reduce-yours/>
- Lal, Rattan. "Carbon emission from farm operations." *Environment International* 30.7 (2004): 981-990.
- <https://events.economist.com/sustainability-week/agenda/> - "Identifying and measuring Scope 3 emissions"
- Powelson, David S., Andrew P. Whitmore, and Keith WT Goulding. "Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false." *European Journal of Soil Science* 62.1 (2011): 42-55.
- Guenet, Bertrand, et al. "Can N₂O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage?" *Global Change Biology* 27.2 (2021): 237-256.
- Lal, Rattan. "Soil carbon sequestration to mitigate climate change." *Geoderma* 123.1-2 (2004): 1-22.
- Zomer, Robert J., et al. "Global sequestration potential of increased organic carbon in cropland soils." *Scientific Reports* 7.1 (2017): 1-8.
- Paustian, Keith, et al. "Climate-smart soils." *Nature* 532.7597 (2016): 49-57.
- Amelung, W., et al. "Towards a global-scale soil climate mitigation strategy." *Nature Communications* 11.1 (2020): 1-10.
- Toochi, E. C. "Carbon sequestration: how much can forestry sequester CO₂." *Forestry Research and Engineering: International Journal* 2.3 (2018): 148-150. - to determine the weight of CO₂ sequestered the weight of reported in the literature C has been multiplied by a factor of 3.6663 to account for the molecular mass of CO₂.
- Busari, Mutiu Abolanle, et al. "Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment." *International Soil and Water Conservation Research* 3.2 (2015): 119-129.
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Minasny, Budiman, et al. "Soil carbon 4 per mille." *Geoderma* 292 (2017): 59-86.
- Freibauer, Annette, et al. "Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe." *Geoderma* 122.1 (2004): 1-23.
- Powelson, David S., et al. "Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation." *Nature Climate Change* 4.8 (2014): 678-683.
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Minasny, Budiman, et al. "Soil carbon 4 per mille." *Geoderma* 292 (2017): 59-86.
- Freibauer, Annette, et al. "Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe." *Geoderma* 122.1 (2004): 1-23.
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Lin, Brenda B. "Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change." *BioScience* 61.3 (2011): 183-193.
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Minasny, Budiman, et al. "Soil carbon 4 per mille." *Geoderma* 292 (2017): 59-86.
- Freibauer, Annette, et al. "Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe." *Geoderma* 122.1 (2004): 1-23.
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Yang, Yuyu, et al. "Soil Nitrous Oxide Emissions by Atmospheric Nitrogen Deposition over Global Agricultural Systems." *Environmental Science & Technology* (2021).
- Smith, Pete, et al. "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 789-813.
- Smith, Pete. "Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies." *Global change biology* 22.3 (2016): 1315-1324.
- Paustian, Keith, et al. "Climate-smart soils." *Nature* 532.7597 (2016): 49-57.
- Smith, Pete, et al. "Agriculture, forestry and other land use (AFOLU)." *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (2014): 811-922.
- Payen, Florian Thomas, et al. "Soil organic carbon sequestration rates in vineyard agroecosystems under different soil management practices: A meta-analysis." *Journal of Cleaner Production* (2020): 125736.
- Aertsens, Joris, Leo De Nocker, and Anne Gobin. "Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture." *Land Use Policy* 31 (2013): 584-594. - assuming 100 trees per hectare or 100 m of hedge per hectare.
- Hamon, Xavier, Christian Dupraz, and Fabien Liagre. "L'agroforesterie, outil de séquestration du carbone en agriculture." (2009). - assuming 100 trees per hectare.
- Lorenz, Klaus, and Rattan Lal. "Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review." *Agronomy for Sustainable Development* 34.2 (2014): 443-454.
- Hamon, Xavier, Christian Dupraz, and Fabien Liagre. "L'agroforesterie, outil de séquestration du carbone en agriculture." (2009).
- Thornton, Philip, et al. "Agriculture in a changing climate: Keeping our cool in the face of the hothouse." *Outlook on Agriculture* 47.4 (2018): 283-290.
- <https://blog.agcocorp.com/precision-farming/>
- Soto, Iria, et al. The contribution of precision agriculture technologies to farm productivity and the mitigation of greenhouse gas emissions in the EU. Publications Office of the European Union, 2019.
- <https://www.precisionplanting.com/products/product/smartfirmer>
- <https://www.swissfuturefarm.ch/index.php/news-detail/online-media-conference-sff-annual-report-2020>
- Argento, Francesco, et al. "Site-specific nitrogen management in winter wheat supported by low-altitude remote sensing and soil data." *Precision Agriculture* 22.2 (2021): 364-386.
- Balafoutis, Athanasios, et al. "Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics." *Sustainability* 9.8 (2017): 1329.
- <https://www.fandt.com/int/varioguide>
- <https://www.fusesmartfarming.com/products/guide/>
- Jensen, Hans Grinstead, et al. "Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark." *Precision Agriculture* 13.6 (2012): 661-677.
- Lorenz, Klaus, and R Lal. "Carbon Farming" *Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems*. Springer, 2019, pp. 373-374.
- <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- https://northsearegion.eu/media/15438/carbon-farming-infographic-business-models_final.pdf
- https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Report.pdf
- <https://share.hsforms.com/1FhYs1TapTE-aBxAgxy-igg1yp8f>
- https://www.fastcompany.com/90643985/how-the-events-of-may-26-could-change-the-path-of-big-oil-and-the-climate?utm_source=linkedin&utm_medium=greenhouse+gas+protocol+%28ghg+protocol%29&utm_campaign=socialmedia&utm_term=a7bf0f7-3d9a-4975-8490-b09edb7aa6da
- https://ec.europa.eu/clima/content/carbon-farming_en
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- <https://economics.rabobank.com/publications/2021/march/can-voluntary-carbon-markets-change-the-game-for-climate-change/>
- <https://share.hsforms.com/1FhYs1TapTE-aBxAgxy-igg1yp8f>
- <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>
- https://northsearegion.eu/media/15438/carbon-farming-infographic-business-models_final.pdf
- https://www.agcocorp.com/content/dam/agcocorp/ourcommitment/Sustainability/AGCO-2020-Sustainability-Report.pdf/_jcr_content/renditions/original