



Noemi Stadler-Kaulich

Dynamischer Agroforst

Fruchtbarer Boden,
gesunde Umwelt, reiche Ernte

2. überarbeitete Auflage

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	11
1 Agroforst: Was ist das?	15
1.1 Bedeutung von Agroforst	15
1.2 Definition und Eingrenzung von Agroforst	19
2 Agroforst: Sinn und Zweck	24
2.1 Der Baum und seine Wirkungen auf die menschliche Gesundheit	25
2.2 Der Baum und seine Ökosystemdienstleistungen	28
2.3 Baumvielfalt auf dem Feld	35
3 Der Baum – seine Sinnesleistungen und mehr	38
3.1 Die fünf Sinne des Baumes	39
3.2 Die Intelligenz des Baumes	42
4 Viele Bäume – Intelligenz im Netzwerk	45
4.1 Begleitpflanzen	46
4.2 Synergien in einer Baum- und Strauchgruppe	49
5 Was passiert unter der Erde?	56
5.1 Erdboden	56
5.2 Bodenfruchtbarkeit	60
5.3 Bodenleben	61
5.4 Besonderheiten im Wurzelraum	65
6 Gesunder Boden – gesunde Pflanzen	76
6.1 Organische Bodensubstanz	77
6.2 Wurzelsymbionten	78
6.3 Von Mulch zu Humus	80
6.4 Kompost	84
6.5 Bodenbelebung	91
7 Was passiert über der Erde?	95
7.1 Artendiversität	95
7.2 Dichte Bepflanzung	97

8	Dynamische Agroforstwirtschaft – Herleitung und Prinzipien	103
8.1	Unterschied zwischen Agroforstwirtschaft und dynamischer Agroforstwirtschaft	103
8.2	Kombination von Pflanzenarten	109
8.3	Parameter für die Artenzusammenstellung	112
9	Implementieren einer dynamischen Agroforstparzelle	123
9.1	Planung der dynamischen Agroforstparzelle	123
9.2	Pflanzmaterial	126
9.3	Parzellenfläche	128
9.4	Ausmessung der Fläche	130
9.5	Anfertigung einer Skizze für Aussaat- und Pflanzung	131
9.6	Einzäunung der Parzelle	136
9.7	Vorbereitung der Pflanzlöcher	137
9.8	Auspflanzung	139
9.9	Vorbereitung der Saatbeete	144
9.10	Bäume auf dem Acker	144
10	Management einer dynamischen Agroforstparzelle	147
10.1	Formel der dynamischen Agroforstwirtschaft	148
10.2	Selektives Säubern der Parzelle	149
10.3	Mulchen	150
10.4	Bewässern	151
10.5	Schnitt	153
10.6	Weißanstrich	164
10.7	Mögliche Probleme einer jungen dynamischen Agroforstparzelle	164
10.8	Ernten	168
10.9	Feuerprävention	169
11	Tierhaltung in der dynamischen Agroforstparzelle	173
11.1	Geflügel	173
11.2	Weidetiere	176
11.3	Bestäuberinsekten	184

12	Bonusfaktoren des Dynamischen Agroforstes	186
12.1	Fragmentiertes Zweigholz	187
12.2	Pflanzenkohle	195
13	Beispielhafte dynamische Agroforstparzellen	209
13.1	Utes Dreieck in Sieben Linden	209
13.2	Dynamischer Agroforst in Jakobs Hausgarten	213
13.3	Dynamischer Agroforst auf zwei vergrößerten Baumscheiben	225
13.4	Dynamischer Agroforst auf einem Acker in Hanglage	232
14	Pflanzenbeschreibung für dynamische Agroforstparzellen in Mitteleuropa	240
15	Zusammenfassung – Dynamischer Agroforst	270
16	Zusammenfassung – Implementierung einer dynamischen Agroforstparzelle	276
17	Überlegungen zum Dynamischen Agroforst	278
18	Faszination Bolivien	286
19	Agroforst in Lateinamerika	291
20	Mollesnejta – Combujo	305
21	Agroforstparzellen in Mollesnejta	315
22	Forschung und Lehre	328
23	Das verheerende Feuer	346
24	Jetzt erst recht!	352
25	Mutter Erde kleidet sich gerne bunt	358

26	Pflanzenporträts von Baum- und Straucharten	362
26.1	Blasenstrauch	362
26.2	Erle	363
26.3	Ginster	364
26.4	Judasbaum	365
26.5	Lederhülsenbaum	365
26.6	Ölweide	366
26.7	Pappel	367
26.8	Robinie	367
26.9	Sanddorn	369
26.10	Weide	369
27	Glossar	371
28	Quellennachweise	380
29	Schlussbemerkung und ein großes Dankeschön an alle Mitwirkenden	396

In Erinnerung
an meinen Vater Arnold Edmund Kaulich,
der mir die Begeisterung für das Baumpflanzen
mitgegeben hat.

»Von der Natur lernen – mit der Natur arbeiten.«

Eliza Kaulich

Anmerkungen:

Das Copyright für die Tabellen, Schaubilder, Zeichnungen und Fotos liegt, wenn nicht anders angegeben, bei der Autorin.

Mit einem * versehene Begriffe werden im Kapitel 28, »Glossar« erklärt.

Die in Klammern gesetzten Zahlen verweisen auf Quellenangaben und sind im Kapitel 29 (»Quellenachweise«) nach Kapiteln geordnet.

Im gesamten Text steht die männliche Form stellvertretend für Personen jeglichen Geschlechts.

»Dynamischer Agroforst« ist ein Begriff, der eine bestimmte Agroforstmethode bezeichnet. Deshalb ist in diesem Fall das voranstehende Adjektiv großgeschrieben.

Die Handlungsempfehlungen in diesem Buch sind nach bestem Wissen und Gewissen gegeben und deren Umsetzung erfolgt auf eigenes Risiko.

Vorwort

SARS-CoV-2, umgangssprachlich Coronavirus genannt, hat den Ausschlag gegeben, dieses Buch zu schreiben. Üblicherweise vermittele ich mein Wissen einer interessierten Gruppe sprechend, aber in dieser Zeit war es untersagt, andere Menschen zu treffen. Kundige Stimmen mahnen, dass derartige Krankheiten durch die Zerstörung von Biotopen zahlreicher werden. Der Ökologe und Wirtschaftswissenschaftler Joachim Spangenberg sagte in einem Interview im März 2020 anlässlich des Coronavirus: »Die Wahrscheinlichkeit von Pandemien steigt mit zunehmender Vernichtung von Ökosystemen und Biodiversität.« (1)

Die Industrialisierung der Landwirtschaft ist einer der Hauptverursacher von Biodiversitätsverlust, Ökosystemvernichtung und Klimaveränderungen. Die versteckten Kosten einer Lebensmittelproduktion mit hohem Industrialisierungsgrad und Hilfsmitteln, die die Umwelt beeinträchtigen, treten inzwischen deutlich zutage¹ (2). Wenn dagegen die Prinzipien der Natur Beachtung finden, wie zum Beispiel der Mischanbau, führt dies nachweislich zu einem Mehrertrag gegenüber der Rein- oder Monokultur (3).

Dieses Sachbuch wendet sich in allgemein verständlicher Formulierung an eine breite Leserschaft, die einer gemeinsamen Frage nachgeht: Wie kann ich meine Scholle nutzen und gleichzeitig einen fruchtbaren, produktiven Boden haben?

Das betrifft sowohl Landwirte mit und ohne Nutztiere, als auch Gemüsebauern und Gartenbesitzer. Im Januar 2021 ist im Deutschen Bundestag die Förderung von agroforstlich genutzten Ackerflächen und Grünland beschlossen worden, in Österreich hat BIO-Austria das Thema »Agroforst« entdeckt und in der Schweiz können Landwirte seit 2020 Direktzahlungen für permakulturell bewirtschaftete Flächen beantragen, Agroforstsysteme inbegriffen. Alle, die in Zeiten von Biodiversitätsverlust und Klimaveränderungen nach einer Möglichkeit suchen, unbelastete Lebensmittel zu erzeugen und gleichzeitig das Klima zu schützen sowie dem Boden etwas

¹ Beispielhafte True-costs-Berechnung der Lebensmittelpreise siehe: <https://www.uni-augsburg.de/de/campusleben/neuigkeiten/2020/09/04/2735/>.

Gutes anzutun, sind eingeladen, Dynamischen Agroforst kennenzulernen. Zudem unterstützt diese Produktionsmethode – wie von der UN für die Dekade 2021 bis 2030 gefordert – die Wiederherstellung der lokalen Ökosysteme.

Den Dynamischen Agroforst als umweltfreundliche Methode der landwirtschaftlichen Produktion habe ich über Umwege kennengelernt. Nach Beendigung des Studiums der Internationalen Agrarwirtschaft an der Universität Kassel/Witzenhausen im Jahr 1981 war ich in der Entwicklungszusammenarbeit tätig. Zum Thema Agroforst kam ich zu Beginn der 2000er-Jahre im semiariden Hochland von Bolivien.

Als mein Wissen über die Grundsätze des Dynamischen Agroforstes in der Andenregion gefestigt war, begann ich mich mit Ökosystemen in anderen Erdteilen zu befassen. Dabei konnte ich feststellen, dass die Prinzipien in den verschiedenen Erdregionen – egal, ob tropischer Regenwald, semiaride Hochtäler oder gemäßigte Breiten – die gleichen sind. Allein die Pflanzenarten unterscheiden sich.

Dieses Buch nähert sich der Landnutzungsmethode Dynamischer Agroforst über die Beschreibung der ausdauernden Pflanzen: Büsche und Bäume. Sie sind heute vom Acker weitestgehend verbannt. Das Studium der Agrarwirtschaft genauso wie die technische Ausbildung zum Landwirt berücksichtigen Bäume, ausgenommen die gängigen Obstgehölze, nicht. Die Ursache für den aktuellen Verlust fruchtbaren Bodens ist unter anderem diese Trennung zwischen Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Beide Bereiche müssen wieder zusammen betrachtet und als Einheit in der landwirtschaftlichen Praxis und Ausbildung berücksichtigt werden.

Meine Kenntnisse beruhen auf jahrelangen praktischen Erfahrungen in der Planung, Etablierung und Pflege von Agroforstparzellen, gestützt durch wissenschaftliche Studien. Doch eine wichtige Erkenntnis lautet: Beim Dynamischen Agroforst gibt es kein Patentrezept. Die Natur hält immer wieder Überraschungen bereit. Basierend auf Grundlagenwissen, wie es in diesem Buch vermittelt wird, muss sich jede agroforstlich interessierte Person für ihren persönlichen Standort ihr eigenes Handlungswissen erarbeiten. Dies gelingt, indem Agroforst »begriffen« wird, man also selbst Hand anlegt. Agroforstliche Praxis ist schwer in Worte zu fassen, denn sie beruht nicht nur auf beschreibbaren Prozessen, sondern auch auf Intuition. Wenn zum Beispiel in einer Agroforstparzelle mein Blick auf einer bestimmten Pflanze haften

bleibt, verstehe ich dies als einen Hinweis, dass dort handelnd eingegriffen werden sollte. Möglicherweise hängt ein Zweig des Begleitbaumes* über dem Haupttrieb des benachbarten Obstgehölzes und sollte entfernt werden. Doch der Reihe nach ...

Für Kritik, Fragen und Anregungen stehe ich gerne jederzeit zur Verfügung unter: nstadlerkaulich@gmail.com.

Ich wünsche viel Freude beim Lesen und großen Erfolg bei der Umsetzung.

Mollesnejta, 2025

Agroforst: Sinn und Zweck

Klimawandel, Bodenerosion, Verlust der Biodiversität, kontaminiertes Trinkwasser und Engpässe beim Bewässerungswasser für die landwirtschaftliche Produktion sind – global gesehen – offenkundige Probleme der heutigen Zeit. Die großräumige Industrielandwirtschaft ist durch ihren Ressourcenverbrauch Mitverursacher der oben genannten Übel, genauso wie der wettbewerbsintensive Markt für Lebensmittel. Es sind nicht die Landwirte für die aufgezählten Missstände verantwortlich, sondern vielmehr die Rahmenbedingungen. Die ökonomische Weichenstellung zwingt zu einer Optimierung der Nahrungsmittelproduktion in Richtung Menge. Eine Kuh hat so viel Milch zu geben, dass in der Folge ihre Fruchtbarkeit darunter leidet. Die Preise für konventionelle Lebensmittel enthalten in der Regel nicht die Folgekosten ihrer Produktion. Dazu zählen der Verlust der Biodiversität genauso wie die steigenden Krankheitskosten durch synthetische Agrarhilfsmittel und die Aufbereitung von Trinkwasser, das durch Überdüngung mit Nitrat kontaminiert ist. Niedrigpreisige Angebote, die wiederum zur Perpetuierung dieser wenig zukunftsträchtigen Produktionsweise beitragen, locken die Konsumenten. Bei der Lebensmittelerzeugung wird das Verursacherprinzip vernachlässigt (1).

Die Landwirtschaft ist auf die natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Biodiversität angewiesen. Die sogenannte konventionelle Landwirtschaft schadet mit ihrem industrieähnlichen Konzept sich selbst. Das für die menschliche Ernährung grundlegende Kapital Boden wird durch diese fehlgeleitete Nutzung vernichtet! Als Ergebnis ist das »gute Leben«² der zukünftigen Generationen in Gefahr (2).

Die Natur zeigt uns, dass es auch anders geht. Eine Nahrungsmittelproduktion gemäß naturgemäßen Prinzipien kann Lösungsansätze für die auf-

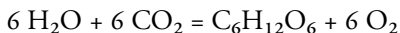
² Gutes Leben als wörtliche Übersetzung des »Vivir Bien« der indigenen Völker in der Andenregion mit der Bedeutung von »würdiges Leben im Kontext der lokalen Kultur und in Harmonie mit der Umwelt«.

gezeigten Probleme bieten. Oder anders gesagt: Naturnahe Landwirtschaft kann die Erwärmung des Planeten reduzieren, eine artenreiche Flora und Fauna beheimaten, Bodenfruchtbarkeit verbessern, Wasserverknappung lindern und die Gesundheit des Menschen fördern. Dynamischer Agroforst ermöglicht eine gesunde Nahrungsmittelproduktion und gleichzeitig unbelastetes Wasser, fruchtbaren Boden und eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt. Wir Menschen ziehen aus einer intakten Natur lebensunterstützenden Nutzen. Jeder einzelne dieser von uns in der Regel als selbstverständlich wahrgenommenen Bonusfaktoren nennt sich Ökosystemdienstleistung*. Die Inklusion von Büschen und Bäumen in die Landwirtschaft erhöht die Qualität und Quantität dieser Ökosystemdienstleistungen. Die folgende Aufzählung würdigt die verholzende Vegetation im Einzelnen.

2.1

Der Baum und seine Wirkungen auf die menschliche Gesundheit

Sauerstoff benötigen Mensch und Tier zum Leben. Ein natürlicher Output der Vegetation sind Sauerstoffmoleküle, die als Reststoff der Fotosynthese aus den Blättern der Pflanzen in die Atmosphäre abgegeben werden. Bei dieser Reaktion bilden Kohlendioxid der Luft und Wasser aus dem Boden mithilfe von Sonnenlicht Zuckermoleküle. Sauerstoffmoleküle bleiben übrig, unsere Luft zum Atmen. Die Formel lautet:



Luftreinigung: Das Blattwerk filtert Bakterien, Pilzsporen, Pollen, Staub und Gase, ja sogar radioaktive Stoffe aus der Luft. Büsche und Bäume tragen wesentlich zur Reinhaltung der Luft bei (3).

Gesunde Ernährung: Der Apfelbaum produziert Äpfel, der Haselstrauch Nüsse und der Johannisbeerstrauch Beeren. Unter der auswählenden Hand des Menschen sind innerhalb von Generationen viele verschiedene Obst- und Nussgehölze entstanden, die neben Getreide und Gemüse wertvolle vitaminreiche Lebensmittel liefern. Ihre Blüten sind mit Nektar und Pollen wichtige Bienennahrung, und der gewonnene Honig ist wiederum ein geschätztes Naturprodukt für uns Menschen.



Schaubild 2.1:
Wirkung des Baums auf die menschliche Gesundheit

In den 1960er-Jahren hat die grüne Revolution mit ihrer Entwicklung landwirtschaftlicher Hochertragssorten im Paket mit Agrarchemie der Landwirtschaft den Kunstdünger beschert. Dieser deckt zwar den Makronährstoffbedarf einer Pflanze, vernachlässigt jedoch die unerlässlichen Spurenelemente. Kunstdünger enthält überwiegend den pflanzlichen Hauptnährbestandteil Stickstoff. Dieser führt zu voluminösem, wenig geschmackvollem Gemüse und Obst wie auch zu großen, prallen Getreidekörnern mit dickem, stärkegefülltem Mehlkörper. Der nährstoffreiche Keimling verändert seine Größe jedoch nicht. Zusammen mit der Aleuronschicht, der äußeren Hülle der Getreidekörner, ist der Keimling der eigentliche Träger von lebenswichtigen Substanzen wie Eiweiß, Fetten, Vitaminen und Mineralien. So erntet man unter Kunstdüngereinsatz zwar eine große Menge Getreide, jedoch in Relation zum Gewicht wenig substantielle Nährstoffe. Die heute unter Kunstdüngeranwendung geernteten Getreideprodukte enthalten weniger Proteine und haben einen geringeren Gehalt an wertvollen Spurenelementen als jene

Mitte des vorigen Jahrhunderts. Dasselbe gilt für das heute geerntete Obst und Gemüse aus konventionellen landwirtschaftlichen Betrieben (4).

Ein artenreiches Pflanzenkonsortium* in einem dynamischen Agroforstsystem benötigt zum Fruchten keinen Kunstdünger. Es wird über verschiedenartige Symbioseeffekte bedarfsgerecht mit Nährstoffen versorgt. In diesem intakten und diversen Umfeld verfügt die Pflanzengesellschaft über die notwendigen Abwehrkräfte gegen Krankheiten und Schadinsekten. Vor Krankheit schützende Substanzen in einer Pflanze heißen sekundäre Pflanzenstoffe. Diese sind auch gesundheitsfördernde chemische Verbindungen für uns Menschen (5). Nahrungsmittel aus agroforstlichem Anbau sind deshalb auf mehrfache Weise vorteilhaft für die menschliche Ernährung. Zum einen versorgen sie die Konsumenten mit dem ursprünglichen Gehalt an essenziellen Nährstoffen und enthalten darüber hinaus die Gesundheit unterstützende sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Des Weiteren sind diese Produkte in der Regel nicht mit synthetischen Agrarhilfsmitteln kontaminiert.

Gesundheitsfördernde Stoffe der Blätter: Bäume und Sträucher sind über eine weitere Dimension von Vorteil für die Gesundheit des Menschen. Sie reichern die Luft mit gesundheitsfördernden Stoffen an. Ihre Blätter scheiden Terpene aus, die der Mensch beim Waldspaziergang durch die Nase und über die Haut aufnimmt. Diese flüchtigen organischen Substanzen tragen zur Gesundheitserhaltung bei und fördern die Heilung bei Krankheiten, da sie das menschliche Immunsystem anregen. Unter anderem werden durch ihre Assimilation vermehrt aktive Krebskillerzellen gebildet. Aus diesem Grund ist es in Japan üblich, dass erkrankte Personen von ihrem Arzt »Waldbaden« verschrieben bekommen. Bei einigen Bäumen, wie zum Beispiel dem Eukalyptus, werden die Terpene als Duft wahrgenommen (6).

Wohlfühlfaktor Baum: Eine Untersuchung in der kanadischen Stadt Toronto ergab, dass Straßenbäume die Gesundheit der Stadtbewohner signifikant verbessern. Die Menschen leiden weniger häufig an Herz-Kreislauf-Erkrankungen und fühlen sich auch gesünder im Vergleich zu Städtern in baumlosen Straßenzeilen (7). Eine andere Studie belegte, dass Patienten in Krankenzimmern mit Ausblick auf Bäume weniger Schmerzen hatten und schneller gesund wurden als Patienten mit vergleichbarer Erkrankung ohne Blick auf Vegetation (8).

Der Baum und seine Ökosystemdienstleistungen

Boden: Erdboden ist die Grundlage des Lebens. Fruchtbare, humushaltige Erde sorgt für zwei lebenswichtige Elemente des Menschen: Nahrung und Trinkwasser. Jedes Weizenkorn, jedes Radieschen und jeder Apfel setzt sich aus vielfältigen Substanzen zusammen, die zum Teil dem Boden entnommen wurden. Durch Sonnenenergie in Kombination mit Kohlenstoff aus der Atmosphäre und Elementen aus der Erde ist daraus ein für uns Menschen genießbares Produkt entstanden. Die dem Boden entnommenen Baustoffe müssen allerdings dem Erdboden wieder zurückgeführt werden, damit die Fähigkeit, weiterhin Getreide, Gemüse und Früchte zu erschaffen, erhalten bleibt. Die Verfügbarkeit von »Nährstoffen des Erdreichs« für die Pflanzen wie auch die Feuchtigkeit hängen entscheidend vom Humusgehalt des Bodens ab. Deshalb ist Humus ein wichtiger Bestandteil des Bodens. Es ist zu bedauern, dass einige der heute angewandten landwirtschaftlichen Praktiken zu gravierenden Bodenhumusverlusten führen. Der Bundesverband Boden e. V. schätzt, dass 45 Prozent der Böden in Europa einen geringen bis sehr geringen Anteil von unter 1 bis maximal 2 Prozent Humusgehalt haben (9).

Die Anwendung von Agroforst führt zu Humusanreicherung im Boden. Dies geschieht zum einen über die Wurzelhärchen an den beständig wachsenden Feinwurzeln der umfangreichen Wurzel eines jeden Baumes. Diese Wurzelhaare sterben kontinuierlich ab und bilden sich wieder neu. Wurzelmasse ist Biomasse, und ihre Zersetzung reichert den Boden kontinuierlich mit Humus an. Ein zweiter Weg der Humusanreicherung im Boden geschieht über das Blattwerk. Weitverzweigte Baumwurzeln entnehmen aus der Tiefe Nährstoffe, die über Gefäßleitungen unter der Rinde bis in die Baumkrone transportiert werden, um daraus Äste, Zweige und Blätter zu bilden. Im Herbst fallen die Blätter zur Erde, bilden zuerst eine natürliche Multschicht und werden im Laufe der kommenden Monate zersetzt. Über diese Zersetzung der Blattbiomasse reichert sich der Oberboden mit nährstoffhaltigem Humus an. Der Prozess nennt sich Nährstoffpumpe*. Aus großen Bodentiefen werden so Nährstoffe an die Erdoberfläche geholt, die hier den Pflanzen mit kürzeren Wurzeln, wie unseren Kulturpflanzen, zur Verfügung stehen. Ein dritter Weg des Humusaufbaus passiert, indem die

Pflanze über ihre Wurzeln Bodenorganismen mit kohlenhydratreichen Ausscheidungen versorgt, sodass diese sich zahlreich vermehren können und nach ihrem Absterben zu Humus werden.

Der Erhalt fruchtbarer Böden ist auch deshalb wichtig, weil rein rechnerisch auf dem Planet Erde jedem Menschen aktuell etwa 2.000 Quadratmeter Anbaufläche zur Verfügung stehen. Mit jedem Tag wächst die Bevölkerung und verringert sich somit die landwirtschaftlich nutzbare Bodenfläche pro Person. Auf diesem begrenzten Areal muss all das erwirtschaftet werden, was der Mensch von Mutter Erde zum Leben benötigt: Nahrungsmittel für den täglichen Verzehr, Futtermittel für die Viehhaltung, Baumwolle für Kleidung, Bioenergie für Heizung und Transport (10).

Da die Produktivität des Bodens über seinen Humusgehalt gesteigert werden kann und dies mithilfe von dauerhafter Vegetation zu erreichen ist, sollten generell auf Agrarflächen neben den Kulturpflanzen auch Bäume und Büsche stehen. Angesichts verlängerter Trockenperioden aufgrund von Klimaveränderungen gewinnt die Wasserspeicherkapazität des Bodens an Bedeutung. Humus im Boden ist in der Lage, das Mehrfache seines Eigengewichtes an pflanzenverfügbarem Bodenwasser zu speichern, und ist ein wichtiger Faktor der Anpassung an regenarme Perioden (11).

Andererseits kann auf vielen Äckern das Regenwasser nicht tiefgründig im Boden versickern, da der Einsatz von schweren Maschinen eine horizontale Bodenverdichtung verursacht hat. Da hauptsächlich das Pflügen für diese kompaktierte Bodenschicht verantwortlich ist, nennt man sie Pflugsohle*. Mit immer schwereren und tiefer greifenden landwirtschaftlichen Maschinen wird versucht, solche Bodenverdichtungen aufzubrechen. Damit verlagert man jedoch das Problem stets weiter in die Tiefe. Solch ein Verdichtungshorizont behindert den vertikalen Stofffluss zwischen den Bodenschichten oberhalb und unterhalb dieser Sperrschicht. Schlimmstenfalls ist diese Barriere derart undurchlässig, dass Regenwasser nicht mehr in die darunterliegenden Bodenschichten einsickern kann. Deshalb steht der Acker nach einem Starkregenereignis unter Wasser, und die Wurzeln der Ackerkulturen verfaulen. Genauso kann bei lang anhaltender Trockenheit keine Feuchtigkeit aus tieferen Bodenschichten in obere Bodenebenen aufsteigen. Jeder Einsatz von schweren Maschinen hinterlässt auf dem Acker Fahrspuren mit verdichtetem Oberboden und vermindert dessen Durchlüftung. Bodenlüftung ist jedoch eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine

intakte und aktive Besiedlung des Bodens mit aeroben Organismen, die über Zersetzung von organischem Material und über symbiotische Aktivitäten die Bodenfruchtbarkeit fördern. Ein veränderter Gasaustausch im Boden erhöht zudem die Entstehung von Lachgas und Methan. Beides sind klimarelevante Gase und beeinträchtigen die Erderwärmung im Vergleich zum Kohlendioxid um ein Vielfaches. Bäume können mit ihren Wurzeln sowohl die Pflugsohle als auch eine Oberbodenverdichtung effektiv lockern. Je nach Baumart haben Bäume sowohl oberflächliche Wurzeln, die sich knapp unter der Erde ausbreiten, als auch einen mehr oder weniger tief reichenden Wurzelstock. Diese Tiefenwurzeln sind das natürlichste »Gerät«, um im Erdreich undurchlässige Bodenverdichtungskrusten aufzubrechen und Kreisläufe im Boden wiederherzustellen. Über eine funktionierende Regenwasserversickerung können sich auch die Grundwasserreservoirs wieder füllen.

Trinkwasserqualität: Bodenumus ist in der Lage, Verunreinigungen aus dem Wasser zu filtern, und trägt so zu unbelastetem Trinkwasser bei. Um gute Ernten sicherzustellen, werden Äcker oft im Übermaß gedüngt. Die Ackerkulturen können jedoch nicht alle ausgebrachten Nährstoffe abgreifen. Vor allem Stickstoff wird durch Niederschläge in tiefere Bodenschichten ausgewaschen, wo die Wurzeln der Kulturpflanzen nicht mehr hinreichen. Deshalb sind vielerorts Grund- und Oberflächengewässer mit Nitrat belastet. Eine Einschwemmung von Stickstoff in Fließgewässer kann durch Baumbestand an Bach- und Flussufern verhindert werden. Die Gehölze nutzen den Stickstoff für ihr Wachstum. Ähnliches geschieht auf dem Acker. In Reihen auf dem Feld stehend, werden Bäume durch den Pflug dazu erzogen,

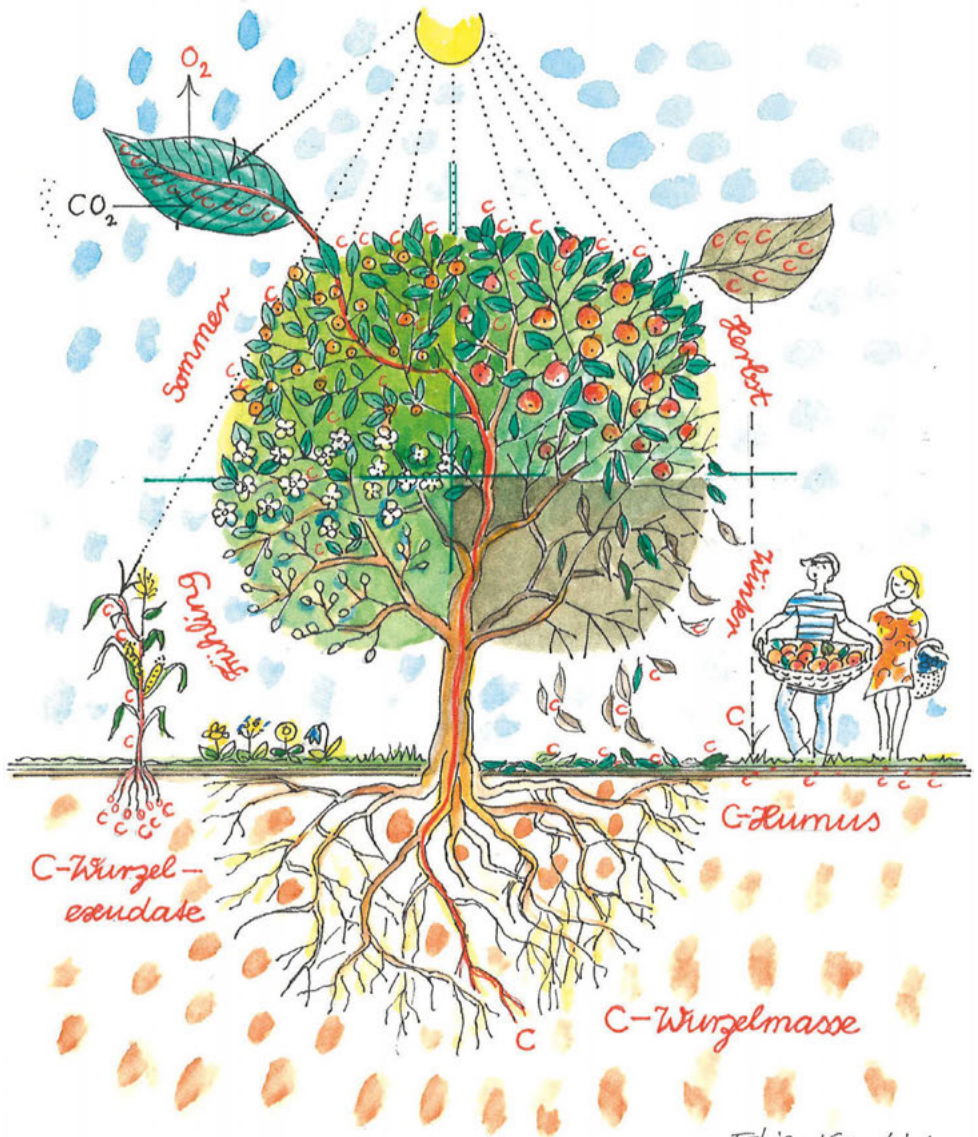
Tabelle 2.1:
Durchschnittliche Stickstoffauswaschung (kg/ha) pro Jahr
auf intensiv genutztem Ackerland und prozentuale Verringerung
durch Agroforstwirtschaft (13)

System	Ertragsarmer Ackerboden	Fruchtbarer Ackerboden
Acker ohne Bäume	142	182
Acker mit 50 Bäumen/ha	117 (-18%)	171 (-6%)
Acker mit 113 Bäumen/ha	105 (-26%)	99 (-46%)

tiefer zu wurzeln. Von dort breiten sie ihre Wurzeln wie ein Netz unter den Ackerkulturen aus und holen sich für ihr eigenes Wachstum das Zuviel an Stickstoffdünger, der in tiefere Bodenschichten abgeschwemmt wurde. In Frankreich werden derartige Agroforstsysteme seit Beginn der 2000er-Jahre immer populärer (12).

Untersuchungen haben die Reduzierung der Nitratauswaschung durch Baumreihen auf den Äckern ermittelt. Sie beträgt abhängig von der Fruchtbarkeit des Ackerbodens 6 bis 46 Prozent.

Anpassung an den Klimawandel: Längerfristige Hitzeperioden und Trockenheit, hohe Sonneneinstrahlung, Starkregenereignisse und Stürme vernichten alljährlich viele Anbaukulturen. Diese Verluste lassen sich mit Bäumen und Sträuchern vermeiden, die schützend rund um Gemüsegelder oder Getreideäcker gepflanzt sind. Sie bieten Wind- und Wetterschutz und festigen Uferböschungen. Im Hochsommer bieten die Baumkronen Halbschatten, und später im Jahr wird das Laub zur Mulchdecke. Halbschatten mindert die Transpiration der darunterstehenden Nutzpflanzen und eine blattreiche Mulchauflage die Evaporation von Feuchtigkeit aus dem Boden. Zersetzung der Streu – so heißt die Laubschicht auf dem Boden – erhöht den Bodenumgehalt. Große Regentropfen werden durch das Blattwerk vernebelt und können so die oberste Bodenschicht, auch Bodenkrume genannt, nicht verschlämmen. Hagelkörner werden abgefedert. Große Regenwassermengen versickern im humusreichen, bis in die Tiefe gelockerten Boden. Kontaminationspartikel werden in der Humusschicht herausgefiltert. Das versickerte Wasser füllt die Quellen, und bei Trockenheit steigt das tief im Boden gespeicherte Wasser über Kapillarkräfte hoch zur Wurzelebene. Gehölzstrukturen beeinflussen den Wasserkreislauf positiv, indem sie über die Verdunstung die Umgebungstemperatur kühlen und so auch zur Taubildung beitragen. Die Verdunstung über das Blattwerk kühlt bei hohen Temperaturen und schützt in kalten Nächten vor niedrigen Temperaturen. Generell mildert ein Baumbestand Temperaturextreme und bietet Windschutz, wodurch die jährliche Flugzeit für bestäubende Insekten verlängert wird. Baumkronen verhindern Winderosion, Baumwurzeln befestigen Uferstreifen und schützen anliegende Äcker bei Hochwasser vor Überschwemmungen.



Eliza Kaulich

Die Pflanze und der Boden
als natürliche Kohlenstoffspeicher

Temperaturregulation: Bäume spenden an heißen Tagen Schatten und genauso Schutz bei eisiger Kälte. Die Verdunstung über das Blattwerk kühlt hohe Temperaturen, sodass an Hitzetagen die Temperatur unter einem Baum spürbar tiefer liegt als außerhalb seines Kronenbereiches. Dieser Temperaturunterschied beruht auf dem Schatten und der Verdunstung von Feuchtigkeit aus den Blättern. So trägt jeder Baum als Kühlaggregat dazu bei, den Klimawandel abzumildern (14).

Klimaschutz: Büsche und Bäume sind Kohlenstoffspeicher. Sie entnehmen der Atmosphäre Kohlendioxid und synthetisieren daraus mithilfe der Sonnenenergie eine energiereiche Zuckerlösung. Diese wird zum Wachsen, Fruchten und auch zur Versorgung von Bodenorganismen eingesetzt. Der Baum trägt somit in mehrfacher Hinsicht zur Kohlenstoffsенке bei. Zum einen schickt er Kohlenstoff in Form von energiehaltigen Kohlenstoffverbindungen zur Ernährung von Organismen in den Boden. Das ist der »flüssige« Kohlenstoffweg über die Wurzelausscheidungen. Zum anderen deponiert er Kohlenstoff, überwiegend als Lignin und Zellulose, in Stamm- und Astholz. Bei einer hundertjährigen etwa 35 Meter hohen Fichte wird in Bruthöhe, das sind 1,30 Meter über dem Boden, der Stammumfang gemessen, um daraus den Stammdurchmesser zu ermitteln. Bei einem Diameter von 50 Zentimetern beträgt das oberirdische Holzvolumen rund 3,4 Kubikmeter. Die darin enthaltene Biomasse hat ein Trockengewicht von 1,4 Tonnen. Etwa die Hälfte davon ist Kohlenstoff. In diesem Fichtenholz sind demnach 0,7 Tonnen Kohlenstoff gebunden, die darin verbleiben, solange die Holzfasern nicht verbrennen oder verrotten. Oft interessiert jedoch statt der Menge des gebundenen Kohlenstoffes (C-Bindung) die CO₂-Bindung, das bedeutet das gebundene Kohlendioxid. Zu diesem Zweck wird der Wert des gebundenen Kohlenstoffes (C) mit dem Faktor 3,67 multipliziert. Diese Fichte hat demnach der Atmosphäre die Menge von rund 2,6 Tonnen Kohlendioxid (CO₂) entzogen (15). Auf der Rinde und im Holz der Bäume lebende Mikroben sind in der Lage, das Klimagas Methan zu binden. Damit sind Bäume zusätzlich zur Kohlenstoffsенке auch eine Methansenke (16).

Agroforst wirkt als Kohlenstoffsенке. Das Kompetenzzentrum für landwirtschaftliche Forschung in der Schweiz, Agroscope, plädierte 2019 für die Anwendung von Agroforst mit folgenden Forschungsergebnissen: Würden 9 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Europa mit Agroforstsystemen

men genutzt, könnten bis zu 43 Prozent der von der europäischen Landwirtschaft emittierten Treibhausgase kompensiert werden (17).

Pflanzengesundheit: Je diverser das Konsortium* aus Nutzpflanzen, Sträuchern und Bäumen ist, desto eher greift das Gesetz vom natürlichen Gleichgewicht in der Natur. Dieses hat zur Grundlage, dass über und unter der Erde Schädlinge und Krankheiten durch Antagonisten in Schach gehalten werden.

Mit ihrer Langlebigkeit tragen Sträucher und Bäume in einem Produktionssystem zusammen mit Ackerfrüchten ganz besonders zu dieser Resilienz gegenüber Schadenverursachern bei. Zudem erschwert die Diversität einer Pflanzengemeinschaft einem Schädling mit Spezialisierung auf eine bestimmte Nutzpflanzenart die Möglichkeit der massiven Vermehrung.

Habitat: Rund ein Drittel aller Nutzpflanzen sind auf tierische Bestäuber angewiesen. Nutzpflanzen in einer Plantagenmonokultur blühen alle zu ein und derselben Zeit. Dagegen versorgen reich blühende Begleitbaum- und Straucharten in dynamischen Agroforstsystemen die gesamte Bestäuberpopulation über einen lange andauernden Zeitraum. Früh und spät blühende Pflanzen mit reichlich Pollen und Nektar ziehen das ganze Jahr auch wilde Bestäuberinsekten an. Diese sind trotz der Präsenz von Honigbienen bedeutsam, da die Wildbienen den Fruchtsatz landwirtschaftlicher Nutzpflanzen nochmals erhöhen.

Jeder Baum beherbergt eine Vielzahl von Insekten und gibt Vögeln die Möglichkeit, in seinem Geäst zu nisten. Zahlreiche Insekten stehen auf dem Speiseplan vieler Vogelarten. Die meisten Singvögel sind Insektenfresser, und auch körnerfressende Vögel ziehen ihre Brut mit Insekten auf. Somit sind sie wirkungsvolle Antagonisten von Schadinsekten. In stachelbewehrten Begleitstraucharten oder hochwachsenden Begleitbäumen finden Vögel sichere Brutplätze. Damit sie sich nicht zu sehr über reife Kirschen, Mirabellen, Äpfel und Birnen hermachen, sollten einige Begleitbäume in dynamischen Agroforstparzellen Wildobstarten sein. Deren Früchte lenken die Vögel ab, und ihre Stämme liefern in späteren Jahren Edel- oder Bauholz.

Aktuell ist der Feldhamster vom Aussterben bedroht. Regional sind die Mauswiesel durch Zerstörung ihres Lebensraumes in Gefahr. Diese und

weitere Wildtierarten finden auf ausgeräumten Ackerflächen keinen Unterschlupf. Doch sie sind jeweils ein wichtiges Glied im mitteleuropäischen Ökosystem. Gehölze rund um den Acker oder auf dem Feld bieten Wildtieren den notwendigen Lebensraum. Solche Baumlebensgemeinschaften erhalten sich in einem natürlichen Gleichgewicht und sind Teil des ewigen Kreislaufs von Entstehen und Vergehen. Insofern ist jeder Baum eine wichtige Komponente des Ökosystems Erde.

2.3 Baumvielfalt auf dem Feld

Optimale Nutzung der Sonnenenergie: Das Leben auf dem Planeten Erde wird durch Energie der Sonne ermöglicht, und diese gilt es optimal zu nutzen. Agroforstparzellen erlauben die maximale Ausnutzung der Sonnenstrahlen, da ihre Anbaufläche nicht nur horizontal, sondern auch vertikal bewirtschaftet wird. Unterschiedliche Pflanzenarten haben verschiedene Ansprüche an Licht und Schatten und unterscheiden sich auch in ihrer Wachstumshöhe. Bei starker Sonneneinstrahlung und gleichzeitig hohen Temperaturen schließen viele unserer Nutzpflanzen ihre Spaltöffnungen, um nicht zu viel Wasser zu evaporieren. Damit wird auch die Aufnahme von CO₂ begrenzt, was zu einer Beeinträchtigung ihres Wachstums führt.

Die Auswahl der Pflanzenarten und ihre Zusammenstellung sind entscheidend für die Erzeugungsleistung pro Flächeneinheit. Das Handling einer dynamischen Agroforstparzelle mit Produktion auf unterschiedlichen Etagen besteht überwiegend darin, Büsche und Bäume so zu schneiden, dass über die Regulation von Licht und Schatten die Fruchtleistung in den einzelnen Stockwerken der Parzelle möglichst hoch ist.

Neben der Produktion von Samen, Früchten oder Nüssen ist jeder Baum auch ein vielseitiger Energielieferant. Seine Blätter sind Futter für Weidetiere oder Geflügel. Die Äste liefern Holz für die nötige Energie zum Kochen und Heizen. An seinen Wurzeln füttert er Bakterien und Pilze mit Kohlenhydraten aus der Fotosynthese, die wiederum die Bodenfruchtbarkeit verbessern. Gehölzstreifen als mehrjährige Kulturen, an deren Standort der Boden nicht bearbeitet wird, sichern dem Bodenleben durch dieses ungestörte Bodengefüge ein stabiles Reservoir.

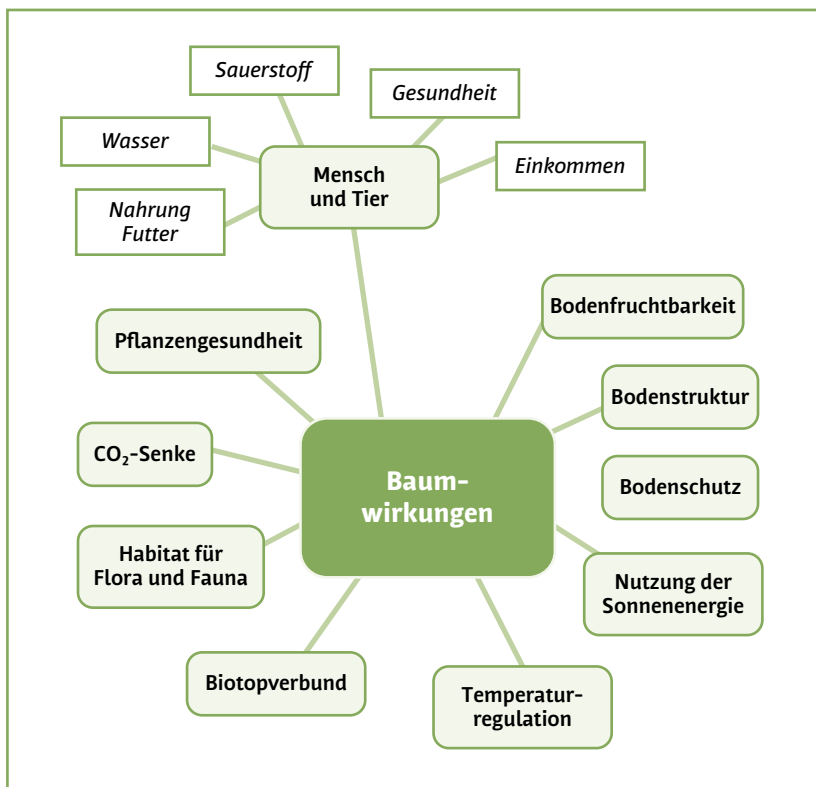


Schaubild 2.2:
Der Baum und sein Wirken

Agroforstwirtschaft ist auch ökonomisch sinnvoll. Untersuchungen in mehreren europäischen Ländern haben gezeigt, dass agroforstliche Kombinationen von Getreide mit Wertholzbaumstreifen 30 Prozent mehr Ertrag bringen als getrennte Wald- und Ackerflächen (18). Bei dieser Artenzusammenstellung nutzen die Systempartner die Ressourcen Nährstoffe, Wasser und Licht räumlich und zeitlich unterschiedlich. Die Ackerkultur zieht vor dem Blattaustrieb der Bäume Nährstoffe und Wasser aus dem Oberboden. Die Baumwurzeln greifen unterhalb der Wurzelmasse der Ackerkulturen die in tiefere Erdschichten ausgewaschenen Nährstoffe ab (19).

Eine Kombination von Ackerkulturen mit Obst-, Nuss- und Wertholzbäumen bietet dem Landwirt und seiner Familie gegebenenfalls ein erhöhtes, zumindest aber sicheres Einkommen. Längerfristig rechnet sich das Holz der Bäume, denn es ist ein qualitätsvoller natürlicher Stoff mit vielseitigem Nutzen. Stammholz ist ein wundervolles Baumaterial für Häuser, Ställe, Möbel und allerlei Gebrauchsgegenstände. Im Bauwesen hat Holz gegenüber Stahl- oder Stahlbetonkonstruktionen den Vorteil eines bis zu fünfmal geringeren Eigengewichts. Zudem ist Holz auf gewisse Weise beständiger und atmungsaktiv. Aufgrund seiner langen Produktionszeit wird der Holzwert in unserer schnelllebigen Welt in Zukunft eher steigen. Über die Baumpflanzung kann der nächsten Generation ein finanzieller Grundstock mitgegeben werden oder der Altbauer seine Rente verbessern.

Im Manifest mit dem Titel *Haus der Erde* vom August 2019 fordert der BDA (Bund Deutscher Architektinnen und Architekten) eine klimagerechte Architektur mit einem vermehrten Einsatz natürlicher Materialien wie Holz, Stein und Lehm. Damit folgt er dem Anstoß von Klimaschutzexperten, die der Meinung sind, dass sich die Menschheit mit dem Bauen von Holzhäusern teilweise aus der Klimakrise retten kann (20).

Mit dem Baum auf dem Acker wird einer der Grundsätze von Agroforst ersichtlich: Ökologie, Ökonomie und soziale Aspekte können in einer positiven Beziehung stehen.

Zusammenfassung:

Bereits der *Weltagrarbericht* von 2008 (21) hat darauf verwiesen, dass Mischkultursysteme mit Nutzung von produktiven Pflanzenarten im Boden, über dem Boden und auf der gesamten Wuchshöhe die flächeneffizientesten Agrarsysteme sind, die zugleich die größte nutzbare Biodiversität aufweisen. Der Weltklimarat (IPCC) schreibt der Agroforstwirtschaft ein hohes Minderungspotenzial in Bezug auf den Klimawandel zu (22). Zugleich ist hinreichend bekannt, dass ein rundum fruchtbarer, gesunder Boden, der eine gute Wasserspeicherfähigkeit besitzt, den Nährstoffbedarf einer wachsenden Bevölkerung zu erfüllen vermag. Ein dynamisches Agroforstsystem kombiniert die Vorteile einer diversifizierten Produktivität mit kontinuierlicher Bodenhumusbildung. Deshalb ist der Dynamische Agroforst eine Methode der nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion. Nachhaltigkeit bedeutet an dieser Stelle, dass der Ackerboden auch für zukünftige Generationen nutzbar und fruchtbar ist.

Bereits vor Jahrhunderten nutzten die Inka die Anbaumethode Agroforst, eine Kombination von Land- und Forstwirtschaft. Dabei wachsen Bäume, Sträucher und Kulturpflanzen auf derselben Nutzfläche. Durch dichte Bepflanzung, Artenreichtum und den richtigen Pflanzschnitt haben Agroforstsysteme eine günstige Wirkung auf die Umwelt: Sie erhöhen die Bodenfruchtbarkeit und seine Wasserspeicherfähigkeit, vermindern das Erosionsrisiko, fördern die Biodiversität, führen zu höheren Erträgen und schützen über die CO₂-Senke durch das Baumwachstum unser Klima. Das Konzept »Agroforst« ist nicht auf große Flächen beschränkt: Es eignet sich für die nachhaltige Bewirtschaftung von Äckern ebenso wie für den Gemüsebau oder den eigenen Garten – und sogar Tierhaltung lässt sich darin integrieren.

Noemi Stadler-Kaulich führt die Vorteile des Dynamischen Agroforstes auf, erläutert seine Anwendung unter verschiedenen Voraussetzungen, gibt genaue Anweisungen für die Implementierung agroforstlicher Systeme und erklärt deren Handling. Detaillierte Zeichnungen veranschaulichen den Text.

Noemi Stadler-Kaulich lebt in Bolivien und leitet den Agroforst-Versuchsbetrieb Mollesnejta – Institut für Andine Agroforstwirtschaft, wo sie gemeinsam mit ihrem Sohn und Studierenden aus aller Welt agroforstliche Versuchsparzellen bewirtschaftet. Seit 2010 gibt sie Seminare und Beratungen zum Thema Agroforst in Europa, Lateinamerika und Afrika.

