

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT UNR



**Theoretische Untersuchung  
regenerativer Mischkultur in Agroforst**

Bachelorarbeit

von

**Reutimann Adrian**

Bachelorstudiengang 2015

Abgabedatum: 08. August 2019

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Mathis, Alex

ZHAW, Grüental, CH-8820 Wädenswil

Jäger, Mareike

Agridea, Eschikon 28, CH-8315 Lindau

## Impressum

ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften  
IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen  
Grüental  
CH-8820 Wädenswil

28.08.2019

### **Autor**

Adrian Reutimann  
adrian.reutimann@permakultur-landwirtschaft.org

### **Zitervorschlag**

Im Text:  
(Reutimann, 2019)

Im Literaturverzeichnis:  
Reutimann, A. (2019). Theoretische Untersuchung regenerativer Mischkultur in Agroforst. In *Bachelorarbeit ZHAW*, unveröffentlicht.

### **Schlagworte**

Agroforst, Mischkultur, Regenerativ, Humus, Gemüse, Defizitkarte

### **Titelbild**

Agroforst Planung für den Eichhof

Sämtliche Personenbezeichnungen gelten für jedes Geschlecht gleichermassen. Falls ein Geschlecht in der Arbeit sprachlich schlechter gestellt sein sollte, bitte dem Autor mitteilen.

## Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht anhand des Bio-Betriebs Eichhof im Berner Seeland eine mögliche Realisierung einer regenerativen Agroforstanlage auf einer 2.7 ha grossen Ackerfläche. Mittels Literaturrecherche, Befragung von Fachleuten und einer wirtschaftlichen Berechnung wird beurteilt, ob eine Umsetzung ökologisch und ökonomisch Sinn macht.

Die aktuellen landwirtschaftlichen Praktiken führen zu diversen Umweltproblemen wie Bodenerosion, Eutrophierung von Gewässer, Verlust von Bodenkohlenstoff, Resistenzen und übermässigem Einsatz von Wasser und Energie. Eine Überprüfung 2016 zeigte, dass keines der von BAFU und BLW 2008 definierten Umweltziele für die Schweizer Landwirtschaft vollumfänglich und landesweit erreicht wurde.

Agroforstsysteme haben ein grosses Potenzial zur Problemlösung in Bezug auf relevante Umweltprobleme der modernen Landwirtschaft beizutragen. Der Begriff Agroforstwirtschaft wird definiert als Landnutzungssysteme, bei denen Gehölze wie Bäume oder Sträucher mit Ackerkulturen und / oder Tierhaltung auf einer Fläche kombiniert werden, so dass zwischen den verschiedenen Komponenten ökologische und ökonomische Vorteilswirkungen entstehen.

Neben einem ökologischen Nutzen macht das in dieser Arbeit geplante Agroforstsystem auch ökonomisch Sinn. Durch das Agroforstsystem gingen ca. 27 % der Ackerfläche verloren, was jährlichen Mindereinnahmen von etwa CHF 3'322.- entspricht. Die Umwandlung dieser Fläche in Agroforst inkl. Blühstreifen ergibt pro Jahr knapp CHF 9'143.92 mehr Direktzahlungen als bisher. Für die minimale Installation mit allen Bäumen und Blühstreifen wird mit rund CHF 1'105.- gerechnet. Dies ergibt sich aus Arbeitskosten von CHF 2'533.47 und Materialkosten von CHF -1'428.92. Die Materialkosten sind negativ, weil die Summe der Fördergelder und Beiträge die Kosten überwiegen.

Bei einer Bewirtschaftung des Agroforstsystems nur ausgerichtet auf Wertholz entsteht über 50 Jahre so eine Annuität von CHF 11'601.85. Wird Wertholz und Mostobst kombiniert ist die Annuität CHF -5'349.65 und bei Wertholz mit Tafelobst beträgt sie bis zu CHF 65'557.81. Mostobst lohnt sich nicht, da der Produzentenpreis mit CHF 32.- für 100 kg Bio Mostäpfel sehr tief ist.

Mit einer Unternutzung in den Baumstreifen mit Wildobst, mehrjährigem Gemüse, Beeren, Kräutern oder Blumen kann ein zusätzlicher Nutzen generiert werden. Aroniabeeren zum Beispiel ergeben über 50 Jahre eine Annuität von CHF 12'892.17, Zitronenmelisse eine solche von CHF 4'558.81 und Rhabarber eine über CHF 1'892.28. In einer mehrjährigen Handlungsempfehlung für den Betrieb werden diese unterschiedlichen Nutzungsformen kombiniert.

## Abstract

This thesis examines a possible realization of a regenerative agroforestry plant on 2.7 ha arable land on the organic farm Eichhof in the Bernese Seeland. A literature research, a survey of experts and an economic calculation are used to assess whether the implementation makes ecologically and economically sense.

Today's agricultural practices lead to various environmental problems such as soil erosion, water eutrophication, loss of soil carbon, resistance and excessive use of water and energy. A review in 2016 showed that none of the environmental objectives for Swiss agriculture defined 2008 by BAFU and BLW had been fully achieved nationwide.

Agroforestry systems have great potential to contribute to solving problems related to relevant environmental problems of modern agriculture. The concept of agroforestry defines an approach of integrated land-use that involves deliberate retention or admixture of trees and other woody perennials in crop / animal production fields to benefit from the resultant ecological and economic interactions.

In addition to an ecological benefit, the agroforestry system planned in this thesis also makes economically sense. A consequence of the agroforestry system is the loss of approx. 27 % of arable land, which corresponds to an annual reduction in income of around CHF 3'322.-. The conversion of this area into agroforestry including flower strips results in almost CHF 9'143.92 more direct payments per year than before. For the minimal installation with all trees and flower strips, around CHF 1'105.- are expected. This is based on labor costs of CHF 2'533.47 and material costs of CHF -1'428.92. Material costs are negative because the sum of subsidies and contributions outweighs the costs.

If the agroforestry system is only geared towards valuable timber, an annuity of CHF 11'601.85 is produced over 50 years. If valuable timber and cider fruits are combined, the annuity is CHF -5'349.65 and for valuable timber and dessert fruits up to CHF 65'557.81. Cider fruits are not worthwhile because the producer price of CHF 32.- per 100 kg organic cider apples is very low.

Underutilization of the tree strips with wild fruits, perennial vegetables, berries, herbs or flowers can generate additional benefits. Aronia berries, for example, have an annuity of CHF 12'892.17 over 50 years, lemon balm CHF 4'558.81 and rhubarb CHF 1'892.28. These different forms of use are combined in a recommendation for action for the farm over several years.

## Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	2
Zusammenfassung .....	3
Abstract.....	4
Inhaltsverzeichnis.....	5
Abkürzungen .....	8
1 Einleitung .....	9
2 Theorie.....	12
2.1 Agroforst.....	12
2.1.1 Agroforstsysteme heute .....	13
2.1.2 Pflanzenvielfalt im Agroforstsystem .....	16
2.1.3 Anbautechnik .....	18
2.1.4 Planung eines Agroforstsystems.....	19
2.2 Ökologischer Nutzen von Agroforstsystemen .....	23
2.2.1 Biodiversität .....	24
2.2.2 Tiere .....	24
2.2.3 Wasser.....	25
2.2.4 Luft .....	26
2.2.5 Boden .....	27
2.2.6 Klima .....	28
2.3 Ökonomische Nutzen von Agroforstsystemen .....	28
2.3.1 Bewertungsmethoden .....	28
2.3.2 Resultate .....	29
2.3.3 Kosten .....	32
2.3.4 Beiträge.....	33
2.3.5 Zusätzliche Einnahmen .....	34
2.4 Humusgehalt und -aufbau.....	34
2.4.1 Humusbilanzierung .....	35
2.4.2 Humusaufbau.....	37
2.5 Aktueller Stand Mischkulturen im Gemüsebau .....	39
2.6 Mehrjähriges Gemüse .....	40
2.7 Randzoneneffekte .....	40
2.8 Fazit .....	41

3	Material und Methoden .....	47
3.1	Standort.....	47
3.2	Standortbeurteilung.....	48
3.3	Humusbilanzierung .....	49
3.4	Vorgehen Planung der Fläche .....	50
3.5	Kriterien für die Pflanzenauswahl und Kombination .....	52
3.6	Vorgehen zur ökologischen Bewertung .....	53
3.7	Vorgehen zur ökonomischen Bewertung.....	53
4	Ergebnisse.....	55
4.1	Standortbeurteilung der geplanten Fläche auf dem Eichhof.....	55
4.1.1	Boden .....	57
4.1.2	Klima .....	58
4.2	Voraussetzung und Wünsche des Betriebsleiters.....	60
4.3	Agroforst-Konzept für den Eichhof .....	62
4.3.1	Planung .....	62
4.3.2	Anfallende Arbeiten .....	67
4.3.3	Zeitliche Umsetzung.....	68
4.3.4	Variante.....	69
4.4	Pflanzenauswahl für das Agroforst Konzept .....	69
4.5	Humusbilanz des Konzepts.....	72
4.6	Ökologische Bewertung des vorgeschlagenen Konzepts.....	73
4.7	Ökonomische Bewertung des vorgeschlagenen Konzepts .....	73
4.7.1	Kosten .....	74
4.7.2	Arbeitsaufwand.....	76
4.7.3	Beiträge .....	77
4.7.4	Ertrag.....	78
4.7.5	Gegenüberstellung.....	81
5	Diskussion .....	85
5.1	Praktische und ökonomische Machbarkeit des gewählten Designs.....	86
5.2	Mehrjährige Handlungsempfehlung für den Eichhof .....	88
5.3	Beantwortung der Forschungsfragen .....	90
5.4	Weitere Forschung.....	91
6	Literaturverzeichnis .....	92

Abbildungsverzeichnis .....	114
Tabellenverzeichnis.....	116
Anhang .....	I
Poster .....	XLIV

## Abkürzungen

Akh Arbeitskraftstunden

BAFU Bundesamt für Umwelt

BFF Biodiversitätsförderflächen

BLW Bundesamt für Landwirtschaft

DZ Direktzahlungen

DZV Direktzahlungsverordnung

fm Festmeter

SAK Standardarbeitskraft



## 1 Einleitung

Die aktuellen landwirtschaftlichen Praktiken führen zu diversen Umweltproblemen wie Bodenerosion, Nährstoffauswaschung und -verflüchtigung, Eutrophierung von Gewässern, Verlust von Bodenkohlenstoff, Versalzung, Resistenzen und übermässigem Einsatz von Wasser und Energie. Die Ursachen kommen vom Anbau einjähriger Kulturpflanzen, deren Bodenbearbeitung, Düngung, Bewässerung und Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln (DeHaan, et al., 2007; Gomiero, Pimentel, & Paoletti, 2011). Folgende Beispiele zeigen deren Auswirkungen:

- **Luftbelastung**  
Die Primärproduktion und Fischerei produzieren weltweit etwa 12 % der Treibhausgase (FAO, 2011, S. III).
- **Bodenerosion**  
Allein in Europa gehen durch Erosion aufgrund von schlechten Landbewirtschaftungspraktiken jährlich etwa 970 Millionen Tonnen Boden verloren (Dudley & Alexander, 2017, S. 52), z. B. durch Pflügen (FAO, 2015, S. 104).
- **Nährstoffauswaschung und -verflüchtigung**  
Globale Daten für Mais, Reis und Weizen zeigen, dass nur 18 bis 49 % des als Dünger ausgebrachten Stickstoffs von den Kulturpflanzen aufgenommen wird, der Rest geht durch Abfließen, Auswaschen oder Verflüchtigen verloren (Tilman, et al., 2002). Es wird geschätzt, dass 2005 etwa 100 Megatonnen Stickstoff vom Haber-Bosch Verfahren in der weltweiten Landwirtschaft eingesetzt und davon nur 17 Megatonnen Stickstoff von Menschen konsumiert wurden. Der Rest wurde in die Umwelt verteilt (Erismann, et al., 2008).
- **Eutrophierung von Gewässern**  
Wegen gefährlichen Mikroorganismen, Pflanzenschutz- oder Düngemitteln sind etwa 40 % des US-amerikanischen Süsswassers zum Trinken oder für eine Freizeitnutzung ungeeignet (Pimentel, et al., 2004).
- **Verlust von Bodenkohlenstoff**  
Durch Umwandlung natürlicher Ökosysteme in Landwirtschaftsland nahm der Bodenkohlenstoff in den gemässigten Klimazonen etwa 60 % ab (Lal, 2004, S. 1623).
- **Versalzung**  
Intensive Bewässerung in der Landwirtschaft kann zu starker Versalzung führen, welche den weltweiten Verlust von rund 1.5 Millionen Hektare Ackerland pro Jahr und damit einen geschätzten Produktionsausfall von 11 Milliarden Dollar verursacht (Wood, et al., 2001).
- **Resistenzen**  
Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln kann bei einigen Bakterienstämmen Antibiotikaresistenzen verursachen (Rangasamy, et al., 2018, S. 309).
- **Übermässiger Einsatz von Wasser und Energie**  
Die Landwirtschaft verbraucht etwa 70 % des Frischwassers weltweit (Pimentel, et al., 2004, S. 909; FAO, 2011, S. 25). Zum Beispiel etwa 1'000 l um 1 kg Getreide herzustellen (Pimentel, et al., 2004, S. 909). Die Primärproduktion und Fischerei ist verant-

wortlich für etwa 6 % des weltweiten Energieverbrauches (FAO, 2011, S. III). In Grossbritannien benötigt die Produktion von Stickstoffdünger mehr als die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs der nationalen kommerziellen Landwirtschaft (Woods, et al., 2010, S. 2991).

Nach Verheij (2003, S. 6) waren traditionelle landwirtschaftliche Systeme nicht darauf ausgelegt ein Maximum pro Hektare zu produzieren, sondern eher auf das Minimieren der Risiken von Ernteverlusten. Ihm zufolge war die Forschung eher mit der Verbesserung der Erträge von Einzelkulturen beschäftigt, als mit der Weiterentwicklung traditioneller Systeme. Die Ursachen dafür sieht er in der vorherrschenden Vorstellung, dass der Markt nach Spezialisierung verlange, und dass passende Forschungsmethoden fehlten, um kompliziert verwobene Landwirtschaftselemente untersuchen zu können.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) haben 2008 Umweltziele für die Schweizer Landwirtschaft definiert (BAFU, BLW, 2008). Bis auf die Versalzung sind darin alle der obig beschriebenen Auswirkungen ein Thema. Die Ziele sind in die vier Bereiche Biodiversität und Landschaft, Klima und Luft, Wasser sowie Boden aufgeteilt. Eine Überprüfung 2016 zeigte, dass keines dieser «Umweltziele Landwirtschaft» vollumfänglich und landesweit erreicht wurde (BAFU, BLW, 2016).

Eine Forderung der schweizerischen Agrarpolitik ist heute, dass sie vermehrt Ökosystemdienstleistungen nutzen soll, um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren (Bundesrat, 2017, S. 7). Unter Pflanzenschutzmitteln sind hier chemische sowie biologische Produkte gemeint, die zum Schutz der Kulturpflanzen oder Erntegüter vor Pflanzenkrankheiten wie Pilzen und Bakterien oder Tieren eingesetzt werden (Bundesrat, 2017, S. 75). In der Agrarpolitik ab 2022 (AP22+) soll die Wichtigkeit der Ökosystemleistungen anerkannt und deren Inwertsetzung z. B. durch finanzielle Anreize sichergestellt werden (BLW, 2018e, S. 23). Dies kann z. B. durch die Integration funktionaler Biodiversität mit Agroforst geschehen (BLW, 2018e, S. 107).

Nach Jäger (ohne Datum) spielen Bäume in der Schweizer Agrarlandschaft traditionell eine wichtige Rolle. Bei der Holz- und Fruchtproduktion erbringen sie Umweltleistungen im Bereich der Biodiversität sowie beim Boden- und Gewässerschutz. Gute Beispiele für diese multifunktionale Landnutzung sind traditionelle Obstgärten. Jedoch hat seit 1951 die Zahl der Hochstamm-Obstbäume in der Schweiz um 80 % abgenommen. Dies hat tiefgreifende Auswirkungen auf das Landschaftsbild sowie die Artenvielfalt.

Mehrjährige Pflanzen können 50-Mal wirksamer sein als einjährige Kulturen, um den Oberboden zu erhalten, Stickstoffverluste zu reduzieren und Bodenkohlenstoff einzulagern (Glover, Cox, & Reganold, 2007; Tilman, et al., 2002). Es macht deshalb Sinn, die Möglichkeiten für die Entwicklung mehrjähriger landwirtschaftlicher Kulturen zu prüfen. Es gibt bereits gute Beweise dafür, dass Techniken wie Agroforst und eine Zwischenpflanzung mehrjähriger Sträucher mit einjährigen Kulturpflanzen zu besseren landwirtschaftlichen Ergebnissen führen können (Gliessman, 2006; Snapp, et al., 2010; Smith, Pearce, & Wolfe, 2013).

Auf dem Bio-Gemüsebetrieb Eichhof in Aarberg im Berner Seeland existieren etwa 2.7 ha Gemüseacker auf denen momentan Kunstwiese wächst. Der Betriebsleiter ist daran interessiert auf diesen Flächen Agroforst-Streifen mit integrierter Ackerproduktion zu kombinieren.

In dieser Arbeit wird eine mögliche Realisierung einer regenerativen Agroforstanlage am Beispiel des Eichhofs untersucht. Es wird mittels Literaturrecherche, Befragung von Fachleuten und einer wirtschaftlichen Berechnung anhand der Annuitätenmethode beurteilt, ob eine Umsetzung ökologisch und ökonomisch Sinn machen könnte.

In ökonomischen Berechnungen von Newman, Pilbeam, & Briggs (2018) wurden 92 % der Landwirtschaftsfläche als Ackerfläche und 8 % für Baumstreifen angenommen. Die Idee dieser Arbeit ist, die Fläche des Baumstreifens mit Unterpflanzungen profitabler zu gestalten.

Eine Kombination von Ackerbau und Agroforst soll auch gewährleisten, dass beim Anbau von Gemüse oder anderen Feldfrüchten die Humusbilanz ausgeglichen oder Humus aufgebaut werden kann, ohne dass dabei ökonomische Grenzen überschritten werden.

Die Zielsetzungen der Arbeit sind:

1. Eine agrarökologische Standortortbeurteilung des Betriebs Eichhof
2. Die Interpretation und Evaluation der Defizitkarten von Agroscope zu agrarökologischen Risiken für den Betrieb Eichhof
3. Eine Literaturrecherche zum ökologischen und ökonomischen Nutzen von Agroforstflächen, im Speziellen in Kombination mit Gemüse
4. Das Entwickeln eines Pflanzendesigns auf Basis der gemachten Analysen und einer Planung der Parzelle als Agroforstfläche
5. Die Beurteilung und Diskussion der praktischen und ökonomischen Machbarkeit des gewählten Designs
6. Erstellen einer mehrjährigen Handlungsempfehlung für den Eichhof

Folgende Forschungsfragen sollen in dieser Arbeit beantwortet werden:

- Welche Möglichkeiten einer Umstellung auf Agroforst bieten sich dem Betrieb Eichhof und wie lassen sich diese ökologisch bewerten?
- Welchen Einfluss hat eine Teilumstellung des Eichhofs auf Agroforst bezüglich ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte?

## 2 Theorie

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Praxis stellt sich die Frage, wie es den Menschen gelingt, Nahrungsmittel ökologisch und ökonomisch zu produzieren. Low-Input Anbausysteme mit mehrjährigen Arten können hier eine tragende Rolle spielen. Der Boden als Grundlage für alle Landpflanzen rückt ebenfalls vermehrt in den Fokus der Forschung. Immer deutlicher wird dessen Wichtigkeit und Einfluss auf das gesamte Ökosystem. Der Klimawandel mit den zunehmenden Wetterextremen erfordert resilientere Systeme. Gehölze und ein gesunder Boden mit genügend Humusgehalt haben darin eine wichtige Bedeutung.

### 2.1 Agroforst

Agroforst ist ein Anbausystem von Bäumen in Kombination mit anderen landwirtschaftlichen Nutzungen. In der Schweiz wird diese Anbaumethode bereits seit Jahrhunderten angewandt. Nair (1993) definiert den Begriff Agroforstwirtschaft als Landnutzungssysteme, bei denen Gehölze wie Bäume oder Sträucher mit Ackerkulturen und / oder Tierhaltung auf einer Fläche kombiniert werden, so dass zwischen den verschiedenen Komponenten ökologische und ökonomische Vorteilswirkungen entstehen.

Diese Arbeit befasst sich mit Agroforstsystemen in Anlehnung an die obenstehende Definition von Nair. Es wird theoretisch untersucht, ob Bäume und Sträucher auf dem Eichhof so kombiniert werden können, damit diese Komponenten einen ökologischen sowie einen ökonomischen Vorteil bewirken. Die Tierhaltung wird hierbei nicht miteinbezogen.

Bei Agroforstsystemen wird zwischen folgenden Kombinationen unterschieden:

- Bäume mit Ackerkulturen (Silvoarable Systeme) (Nair P. , 1985)
- Bäume mit Tierhaltung (Silvopastorale Systeme) (Nair P. , 1985)
- Bäume mit Ackerkulturen und Tierhaltung (Agrosilvopastorale Systeme) (Nair P. , 1985)
- Bäume mit Wiesland (Jäger, ohne Datum)

Bäume werden heute in Reihen und teils nur am Ackerrand gepflanzt, um kein Hindernis für Maschinen zu sein (Kaeser A. , et al., 2010a). In der Schweiz wird vor allem die Kombination von Obst- oder Wildobstbäumen mit Unterkulturen praktiziert. Auf dieser Grundlage können folgende Nutzungsformen unterschieden werden (Jäger, 2019b, S. 18):

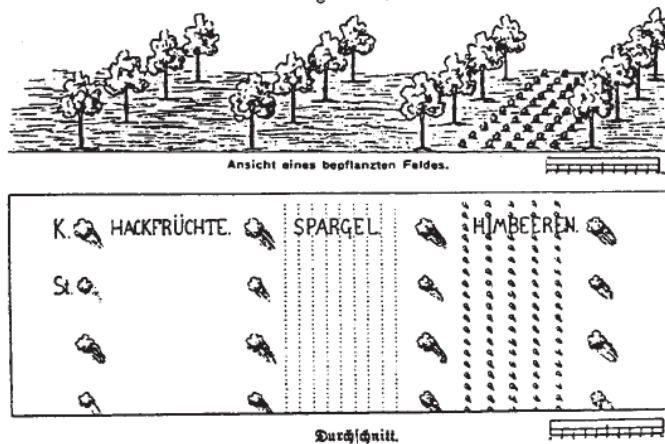
- System Frucht intensiv  
Bäume zur Fruchtnutzung wie Mostobst, Brennobst oder Tafelobst für Direktvermarktung
- System Frucht extensiv  
Obstbäume zur extensiven Nutzung wie Mostobst
- System Holz / Frucht  
Bäume zur Doppelnutzung Frucht und Holz wie Nuss-, Birn- und Kirschbäume
- System Wertholz

Bäume zur reinen Wertholznutzung wie Wildobstarten oder Edellaubbaumarten oder Obstbäume zur Holznutzung

Für alle Arten der Agroforstwirtschaft sind bewusst genutzte Wechselwirkungen zwischen Gehölz- und Ackerkulturen typisch (Nair P. , 1985). Agroforstsysteme eignen sich für Standorte, auf denen Bäume gut wachsen, die sich für Fruchtproduktion oder qualitativ hochwertiges Holz nutzen lassen (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 11).

Diese Nutzungsform ist nicht neu, sondern ist in der Schweiz in Form von Waldweiden, Kastanienselven oder Hochstamm-Obstgärten schon seit Jahrhunderten bekannt (Jäger, 2016). Auch Deutschland kannte diese Landnutzungsform schon früher, wie die Anbauempfehlung von Ende 19. / Anfangs 20. Jahrhundert in Abbildung 1 zeigt.

Plan für einen halben Morgen Obstanlage mit Hackfrüchten oder Spargel oder Himbeeren.



Bepflanzung für einen Morgen (2500 qm).  
 K = Kernobst-Hochstamm, Pflanzweite  $15 \times 10$  m = 16 Stück. St = Steinobst-Hochstamm, Pflanzweite  $15 \times 10$  m = 16 Stück. Spargel, Pflanzweite  $1,20 \times 0,40$  m = 3600 Stück. Himbeeren, Pflanzweite  $2 \times 1$  m 872 Stück.

Abbildung 1 - Anbauempfehlung aus Deutschland von Ende 19. - Anfangs 20. Jh. mit Fruchtbäumen, Beerensträuchern, Gemüse- und Ackerkulturen (Lott, 1993)

### 2.1.1 Agroforstsysteme heute

Bisher waren Hochstamm-Obstgärten die wichtigsten Agroforstsysteme in der Schweiz. Als Ergänzung dazu sollten neue Systeme weiterentwickelt werden, z. B. mit Bäumen für die Wertholzproduktion (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 11). Hartholzbäume wie Eiche (*Quercus spp.*), Baumnuss (*Juglans nigra*) und Kastanie (*Castanea spp.*) sind bevorzugte Arten für Anbaupraktiken in Gassen, die wertvolles Holz liefern können (Gordon, Newman, & Coleman, 2018, S. 51). Agroforstsysteme mit Laubbäumen sind eher widerstandsfähiger gegen Stress als solche mit Fruchtbäumen (Dupraz C. , 1994).

Laut Jäger (2016, S. 37) besteht in der Schweiz keine Gefahr, dass eine Ackerfläche, die mit Obst- und Wildobstbäumen bepflanzt ist, irgendwann gesetzlich als Wald gilt. Damit eine Fläche zu Wald wird, müssten Waldfunktionen erfüllt sein. In einer Agroforstanlage, wo eine ackerbauliche Nutzung zwischen den Baumreihen erfolgt, entspricht dies beispielsweise nicht einer waldartigen Bodenfunktion. Nach Bundesverfassung (Art. 77 Abs. 1) soll Wald Funktionen für Schutz, Nutz und Wohlfahrt erfüllen. Der Kanton Bern (Waldfunktionen, ohne

Datum) nennt zusätzlich die Funktionen Lebensraum für Tiere und Pflanzen, sowie den Beitrag an eine gesunde Umwelt, indem Luft und Wasser gereinigt und Sauerstoff produziert wird.

Der Bund hat u. a. auch die angewandte Forschung zu neuen Systemen wie Agroforst als Massnahme gegen den Klimawandel aufgeführt (BAFU, 2014a, S. 73). Bei der Entwicklung der Schweizer Agrarpolitik 2022+ (AP 22+) wird davon ausgegangen, dass Agroforst bei der Lösung verschiedener landwirtschaftlicher Probleme wie Erosion oder Nährstoffauswaschung mithelfen kann (Ladner Callipari, 2018). Gemäss Jäger (Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019) zeigt sich in der Schweiz bereits heute eine steigende Tendenz landwirtschaftlich und gartenbaulich kombiniert genutzter Agroforstsysteme. Davon existieren hierzulande zurzeit gegen 200 ha.

### **Situation Weltweit**

Fast 50 % der globalen Landwirtschaftsfläche hat über 10 % Bedeckung durch Bäume und 7 % der globalen Landwirtschaftsfläche hat über 50 % Bedeckung durch Bäume (Zomer, et al., 2009). Dem Einbezug der Bäume auf Kulturland wird eine wichtige Rolle in der Abschwächung des Klimawandels zugeschrieben (Campanhola & Pandey, 2019, S. 237). In Nordamerika bietet Agroforst gute Aussichten für die Integration der Biomasseproduktion für Kraftstoff in die Lebensmittelproduktion (Holzmueller & Jose, 2012; Garrett, 2009).

Die Sustainable Development Goals (SDG) der UN befassen sich mit den globalen Herausforderungen wie Armut, Ungleichheit, Klima, Umweltzerstörung, Wohlstand oder Gerechtigkeit und sind ein Leitfaden für eine bessere und nachhaltigere Zukunft für alle (About the Sustainable Development Goals, ohne Datum). Agroforst kann bei mehreren dieser Ziele mithelfen, sie zu erreichen, z. B. mit dessen positiven Effekten auf Resilienz, Erosionsschutz und Klimawirksamkeit (Mbow, et al., 2014; Mbow, Neely, & Dobie, 2015; Montagnini & Metzler, 2017; Waldron, et al., 2017; Yapo, 2019).

Die European Agroforestry Federation (EURAF) hat zum Ziel, die Nutzung von Bäumen in landwirtschaftlichen Betrieben in den verschiedenen Umweltregionen Europas zu fördern (European Agroforestry Federation, ohne Datum). Die EURAF existiert seit 2011 (Dupraz & Newman, 2018, S. 139) und hat heute Mitglieder aus 20 verschiedenen europäischen Ländern (darunter auch die Schweiz) (European Agroforestry Federation, ohne Datum).

Frankreich hat sich das Ziel gesetzt, dass bis 2025 50 % der französischen Landwirte Agroforst nutzen und hat dafür einen detaillierten Aktionsplan ausgearbeitet (Balny, Domallain, & de Galbert, 2015). Die EURAF möchte dieses Ziel auch auf europäischer Ebene einführen (Dupraz & Newman, 2018, S. 140). Um Agroforst in gemässigten Klimazonen zu fördern, braucht es laut Gordon & Newman (2018, S. 290) mehr und grössere Betriebe, die aufzeigen, dass ...

- Agroforstsysteme agronomisch effizienter sind als Monokulturen.
- Agroforstsysteme umweltverträglicher sind als Monokulturen.
- Agroforstsysteme von Natur aus profitabler sind als Monokulturen.
- Wald und Baumverarbeitung sich in Landwirtschaftsbetrieben rentieren kann.

## Umsetzung

Möchte man Wertholz produzieren, eignet sich Eigenland besser als Pachtland, da bis zur Holzernte um die 60 Jahre vergehen (Kaeser A., et al., 2010a, S. 11). Nach Böhm (2018, S. 16) wird eine Agroforstanlage im Kurzumtrieb mit einer Umtriebszeit von max. 20 Jahren zumeist für eine energetische Nutzung des Holzes angelegt. Bei einer Stammholzproduktion für eine stoffliche Nutzung des Holzes wie z. B. Bauholz oder Zaunpfähle, beträgt die Umlaufzeit mindestens 10 Jahre. Wo die Landnutzungsdauer weniger als 15 bis 20 Jahre beträgt, ist eine Erstellung von einer Agroforstanlage allgemein unwahrscheinlich (Newman, Pilbeam, & Briggs, 2018, S. 88).

Ein positiver Aspekt der Agroforstsysteme ist nach Aussage von S. Kay (Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019), dass die Pflegemassnahmen in einer Zeit im Jahr gemacht werden können, in der die Hauptsaison eher vorbei ist und die Landwirte wieder mehr Zeit haben. Zudem lassen sich diese Arbeiten besser einteilen. Auch bei einer Produktion von Nüssen ist der Vorteil, dass der Zeitpunkt der Ernte variabel ist.

Diverse Betriebe sind dabei, solche Systeme auszuprobieren und aufzubauen. Das «AGFORWARD» (AGroFORestry that Will Advance Rural Development) Projekt (2014 - 2017), welches auf laufenden Praxisversuchen beruhte, hatte die Förderung von Agroforstsystemen im europäischen Raum als Ziel (agforward.eu). Es schloss an andere Forschungsprojekte, wie z. B. «Silvoarable Agroforestry For Europe (SAFE)» an. Resultierend daraus sind 46 Innovationsbroschüren von landwirtschaftlichen Betrieben in ganz Europa entstanden. Einige, die für diese Arbeit interessant sind, werden hier aufgeführt:

- Westaway & Smith (2017) berichten über einen Betrieb in England, auf dem seit 2015 ein System u. a. mit Schnittblumen und Rhabarber in der Baumreihe aufgebaut wird. Osterglocken blühen früh, sodass noch keine Lichtkonkurrenz vorhanden ist. Die Unterpflanzungen helfen, unerwünschte Beikräuter unter den Bäumen zu unterdrücken.
- Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) wird in Spanien zwischen Kirschbäumen angebaut. Sie hilft dabei Blattlausangriffe zu verringern, was den Bedarf an Pestiziden in Forstplantagen und damit negative Umweltauswirkungen reduziert (Mosquera Losada, et al., 2017).
- Walnuss- und Kirschbäume in Griechenland produzieren in den Baumreihen Wertholz, Früchte und Nüsse. Gleichzeitig tragen sie zu einer Verbesserung der Landschaft mit Erosionsschutz, besserer Wasser- und Nährstoffaufnahme, Schattenspende und Kohlenstoffeinlagerung bei (Mantzanos K., 2017).
- In Spanien wurden Maulbeerbäume (*Morus spp.*) als widerstandsfähigeres Viehfutter gepflanzt. Die Blätter der Maulbeere haben einen hohen Proteingehalt (15 - 28 %), ein gutes Aminosäureprofil (> 46 %), eine hohe Verdaulichkeit (> 80 %), einen hohen Mineralstoffgehalt, einen niedrigen Ballaststoffgehalt (7.1 - 8.1 %) und einen relativ guten Geschmack (Mosquera-Losada, et al., 2017).
- Nach Jäger & Herzog (2017) benötigen Obstbäume in einem Agroforstsystem in der Schweiz durchschnittlich 120 Arbeitsstunden pro Hektare und Jahr. Darin enthalten

sind die Ernte und der Unterhalt der Anlage wie z. B. auch die Pflege des Grünstreifens. Die Bäume haben einen positiven Einfluss auf die Biodiversität als zusätzliches Habitat für Vögel und Insekten. Obstbäume werfen ab dem zehnten Jahr etwa 100 kg Früchte ab. Bei 50 Bäumen pro Hektare ergibt das unter optimalen Bedingungen einen jährlichen Obstertrag von 5 t ha<sup>-1</sup>. Dafür werden etwa 10 % der Ackerfläche verwendet.

### Schwierigkeiten

In der Schweiz hat eine Umfrage bei 50 Landwirten ergeben, dass die Sorge besteht, die Umsetzung von Agroforst könne ihrem Ruf schaden (Sereke, et al., 2016). Die Befragungen fanden jedoch hauptsächlich 2009 bis 2010 statt, wo Agroforst noch wenig bekannt war in der Schweiz. Andere 50 zufällig ausgewählte Landwirte in der Deutsch- und Westschweiz schätzten Agroforstsysteme als unproduktiv und nicht rentabel ein (Kaeser A., et al., 2011, S. 131). Die grösste Motivation für eine Annahme von Agroforst sahen sie in den Ökosystemdienstleistungen (Sereke, et al., 2016).

Weitere Punkte, die der Integration von Agroforst im Weg stehen könnten, sind (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019):

- Kosten und Aufwand
- Langfristige Kapitalbindung
- Mögliche Beschädigung von Drainagerohren durch Wurzeleinwuchs
- Die Koordination der Ernte ist zeitmässig aufwendiger. Schwierig ist z. B. Kirschen zu ernten, wenn der Mais noch hoch ist.
- Agroforst ist noch eine Nische
- Landwirte sind sich teils nicht bewusst, dass man sich um die Bäume kümmern muss
- Manchmal gibt es durch landwirtschaftliche Maschinen Aufprallschäden an den Bäumen, welche deren Qualität beeinträchtigen

Laut Gordon & Newmann (2018, S. 289) sind weitere Schwierigkeiten bei der Integration von Agroforst in den gemässigten Klimazonen oft auch, dass viele Landwirte keine praktische Erfahrung haben mit Baumpflege, Baumfällen und dem Vermarkten des Holzes.

#### 2.1.2 Pflanzenvielfalt im Agroforstsystem

Agroforstsysteme können nur zwei oder aber eine Vielzahl an Pflanzen beinhalten. Neben verschiedenen Gehölzen können in den Baumstreifen zusätzlich diverse Kulturen als Unterpflanzung eingesetzt werden. Kapitel 2.1.1 hat dies mit ein paar Beispielen aufgezeigt.

Nach Jäger (2016, S. 28) sind neben Laubbaumarten und Apfelbäumen auch Nussbäume, Kastanien oder Wildobstarten wie Speierling, Elsbeere, Vogelkirsche, Wildapfel, Wildbirne und Maulbeere für Agroforstsysteme interessant. Sie liefern nachgefragtes und wertvolles Holz und ihre Früchte lassen sich zu Wildobstspezialitäten weiterverarbeiten. Der Aufwand für die Erziehung ist zudem wesentlich geringer als bei unseren veredelten Hochstamm-



Obstbäumen, da kein Kronenaufbau gemacht wird. Weiter sind sie nach der Direktzahlungsverordnung als Hochstamm-Obstbäume ebenfalls beitragsberechtigt.

Laut Joller (2018) ist bei der Einplanung von Birnbäumen zu beachten, dass sie evtl. schräg wachsen, wenn sie im Wind stehen. Vor allem bei Wertholz kann dies ein Nachteil sein. Erfahrungen haben gezeigt, dass Birnbäume wegen ihrer Anfälligkeit auf Feuerbrand eher nicht mehr in Agroforstsystemen gepflanzt werden.

Laut Gubler (2013, S. 24-25) ist eine Durchmischung von Walnussbäumen mit Kirsch-, Birnbäumen oder anderen Obst- und Sorbusarten in einem Agroforstkonzept möglich. Walnussbäume mögen mildes Klima und gut versorgte tiefgründige Böden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt. Am besten sind etwas schwerere Böden, die auch in Trockenperioden die Feuchtigkeit länger halten können.

Der Bestand an Walnussbäumen hat in der Schweiz seit Beginn der 50er Jahre von 500'000 bis 2008 kontinuierlich auf 130'000 abgenommen. 2013 waren fast 100 % der Walnüsse in den Verkaufsregalen aus dem Ausland importiert. Das edle Holz des Walnussbaums bringt eine hohe Wertschöpfung.

### Umtriebszeiten

Die Umtriebszeiten der Gehölze sind je nach Nutzung und Gehölzart sehr unterschiedlich. Hier einige Beispiele dazu:

- Energieholz, 5 - 10 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 160-161)  
Zum Beispiel Pappel (*Populus*), Weiden (*Salix*), Robinien (*Robinia*), Erle (*Alnus*), Linde (*Tilia*), Eiche (*Quercus*), Hainbuche (*Carpinus betulus*) oder Ahorn (*Acer*)
- Wertholz, 50 - 70 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 161):  
Zum Beispiel Wildobst (z. B. *Malus* oder *Prunus*), Walnuss (*Juglans*) oder Ahorn (*Acer*). Umtriebszeit bei Speierling (*Sorbus domestica* L.) ist 40 Jahre (Vollertrag wird 15 Jahre nach der Pflanzung erreicht) (Krummenacher, et al., 2008, S. 134)
- Hagebutten, mindestens 15 Jahre (Vollertrag wird 5 Jahre nach der Pflanzung erreicht) (Krummenacher, et al., 2008, S. 134)

### Kopfbäume

Ein Kopfbaum ist keine Baumart im botanischen Sinne, sondern das Resultat der Beschneidung eines Baumes (Braun & Konold, 1998, S. 21). Dabei werden zu Beginn die Spitze des Leittriebs und danach regelmässig die neuen Triebe, jeweils nach Ende der Vegetationsperiode, entfernt (Shigo, 1991, S. 86). Mögliche Baumarten für Kopfbäume sind (Jäger, 2016, S. 38):

- |          |             |          |
|----------|-------------|----------|
| • Buchen | • Pappeln   | • Ulmen  |
| • Eschen | • Eichen    | • Haseln |
| • Erlen  | • Kastanien | • Weiden |

Kopfbäume als Einzelbaumreihen werden in einigen Kantonen im Rahmen der Landschaftsqualitätsmassnahmen gefördert (Jäger, 2016, S. 39). In diesen Reihen betragen

die Pflanzabstände fünf bis sechs Meter (Jäger, 2016, S. 39). Um einen finanziellen Ertrag zu generieren, würden sich Weiden-Kopfbäume für die Energieholzproduktion eignen (Jäger, ohne Datum, S. 36). Bei Kopfweiden können jährlich umgerechnet etwa 0.03 bis 0.08 m<sup>3</sup> Holz geerntet werden (Hubeng, 1836, S. 98). Eine Ernte der Weidenruten als Flechtmaterial ist jedoch für professionelle Flechter wenig dienlich, weil die Äste zu uneinheitlich, zu verzweigt, eher zu dick und krummwüchsig sind (gemäss Aussage von S. Züllig-Morf von der Informationsplattform für Weiden und Weidenhege «salicetum.ch» am 27.06.2019). Professionelle Flechter beziehen ihre Weiden von Flechtkulturen im Ausland, welche nicht aus Kopfweiden, sondern aus Feldern bestehen, die jeden Winter gemäht werden (gemäss Aussage von T. Bucheli von der IG Korbflechterei Schweiz am 26.06.2019).

### **Pflanzenkombinationen**

Nachfolgend einige Kombinationen, wie sie in der Praxis umgesetzt wurden:

- Walnuss, Hybridnuss, Vogelbeere, Elsbeere, Vogelkirsche, Ahorn (Jäger, 2016, S. 11)
- Apfelbäume, Vogelkirsche, Birnbäume (Jäger, 2016, S. 11)
- Nussbäume, Eichen, Zwetschgen, Vogelbeeren (Jäger, 2016, S. 11)
- Apfelbäume, Erdbeeren (Jäger, 2016, S. 11)
- Kirschbäume mit Unterkultur Gemüse (Jäger, 2016, S. 10)
- Kirschbäume, Apfelbäume, Wildobstarten (Jäger, 2016, S. 27)
- Nussbäume mit Unterkulturen Getreide, Körnerleguminosen, Hackfrüchte, Ölsaaten, Kunstwiese und Spezialkulturen (Jäger, 2016, S. 10)
- Apfel, Birne, Zwetschge mit Unterkulturen Getreide, Körnerleguminosen, Hackfrüchte, Ölsaaten, Kunstwiese und Spezialkulturen (Jäger, 2016, S. 10)
- Speierling, Wildbirne, Elsbeere (Jäger, 2016, S. 14)
- Wildapfel, Vogelkirsche, Walnuss, Vogelbeere, Speierling, Wildbirne, Elsbeere, Vogelbeere (Jäger, 2016, S. 14)
- Obstbäume, Sanddorn, Kulturholunder (Jäger, 2016, S. 16)
- Sauerkirschen, Hagenbutten, Schwarzdorn zu Zwetschgen veredelt (Hilpert & Rees, 2018)
- Wildobst und Beeren, Holundersträucher, Schwarzdorn, Gojibeeren, Hagenbutten, Sanddorn, Mispel, Himbeeren, Haselnuss, Kornelkirschen, Wilde Pflümli veredelt auf Zwetschge (Hilpert & Rees, 2018)
- Apfelbäume neben Sanddorn geben gemäss Aussage von Edi Hilpert mehr Ertrag (Eulenhof am 12.12.2018)

#### 2.1.3 Anbautechnik

Nach der Neupflanzung der Bäume wird vor allem in den ersten Jahren empfohlen, die Bodenbearbeitung bis fast an die Bäume heran zu machen, um die Jungbäume daran zu gewöhnen, dass sie tiefer wurzeln. Durch einen jährlichen Pflugeinsatz kann verhindert werden, dass die Bäume mehrjährige horizontal verlaufende Wurzeln ausbilden (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4). Es muss jedoch nicht der Pflug sein. Eine jährliche leichte Bodenbearbeitung, wie z. B. oberflächliches Fräsen reicht aus und kann, bei Bedarf, durch

einen Wurzelschnitt zwischen Baumstreifen und Acker alle drei bis vier Jahre ergänzt werden (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019).

Die Wurzelsysteme von Bäumen weisen eine erstaunliche Plastizität auf. Zum Beispiel haben Walnussbäume ihr Wurzelverteilungsmuster in einem Agroforstsystem um einen halben Meter nach unten verschoben (Mulia & Dupraz, 2006). Auch Kirschbäume reagierten auf krautige Konkurrenten mit einer Wurzelbildung in tiefere Bodenschichten (Lorna, et al., 2001). Sidler (2016) hat festgestellt, dass flachwurzelnende Kernobstbäume keinen negativen Einfluss auf die Produktivität von Kulturgräsern ausüben, weil die Wurzeln auf andere Bereiche ausweichen.

Für die Produktion von Wertholz sollten die Stämme in den ersten 15 Jahren alle zwei bis vier Jahre hochgeastet werden. So können hochwertige drei bis sechs Meter lange, astreine Stämme heranwachsen (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4).

#### 2.1.4 Planung eines Agroforstsystems

Ein Agroforstsystem ist eine langfristige Investition. Es lohnt sich deshalb, sich für die Planung genügend Zeit zu nehmen. Dafür sind diverse Punkte zu beachten, welche nachfolgend aufgeführt sind.

##### **Ausrichtung Baumstreifen**

Mit einer Nord-Süd-Ausrichtung der Baumreihen sind die Auswirkungen der Beschattung auf die Kultur geringer. An südexponierten, stärker besonnten Lagen können jedoch Ost-West ausgerichtete Reihen für die Natur besonders wertvolle Säume bilden (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4). Die Ackerfläche muss für eine rationelle Bearbeitung vom Weg aus gut befahrbar sein.

Damit die Anlage von der Bevölkerung als möglichst schön empfunden wird, hilft es, wenn die Reihen nicht starr angelegt werden, sondern den Höhenlinien folgen (Reeg, et al., 2009). Unabhängig vom Aussehen macht nach Yeomans (1954) eine Bearbeitung entlang der Höhenlinien Sinn (Keyline Design). Zusammen mit einem Bodenaufritzen durch eine Art Grubber propagiert er eine beschleunigte Bildung von Oberboden durch eine Verbesserung der Bodenpenetration von Sauerstoff, Wasser und Pflanzenwurzeln.

##### **Anzahl Bäume**

In der Regel beläuft sich die Baumdichte in Agroforstsystemen auf 50 bis 100 Bäume pro Hektare (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 3).

##### **Breite der Baumstreifen**

Obwohl der Baumstreifen bereits mit zwei Metern ausreichend breit ist für Bäume (es kann bis ein Meter an diese herangepflügt werden), sind mehr als zwei Meter breite Streifen sinnvoller für die Natur. Breitere Streifen können vielfältiger mit Bäumen, Gebüsch und Krautsäumen gestaltet werden. Solche waldrandähnlichen Strukturen bieten vielen Tieren des Waldrands einen Lebensraum (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4).

### **Abstand zwischen den Baumreihen**

Die Abstände zwischen den Baumreihen werden anhand der Arbeitsbreiten der Maschinen des Betriebes festgelegt, sodass keine Mehrfahrten nötig sind (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 3). Je nach Baumart empfiehlt sich ein Reihenabstand von 14 bis 28 m (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4). Beim Eichhof wird mit einer Arbeitsbreite von 3 m gerechnet (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019).

Damit Direktzahlungen für die Agroforstanlage als «Obstgarten» mit Qualität beantragt werden können, darf der Abstand zwischen den einzelnen Baumreihen nicht mehr als 30 m betragen (Jäger, 2016, S. 5).

### **Abstand der Bäume in den Baumstreifen**

Der empfohlene Mindestabstand für die Bäume innerhalb der Reihen errechnet sich aus dem voraussichtlichen Kronendurchmesser der erntereifen Bäume plus einem geringen Zuschlag (Jäger, ohne Datum). Bei einem angestrebten Stammdurchmesser von 60 Zentimetern kann als Faustregel der Baumabstand von grosskronigen Laubbäumen (z. B. Eiche, Berg-, Spitz- und Feldahorn, Hybridnuss, Vogelkirsche) mit dem Faktor 25 angenommen werden, was in diesem Beispiel 15 m ergibt (Jäger, 2016, S. 37). Für die Anrechnung der Bäume als ökologische Ausgleichsfläche, müssen die Bäume, auch bei zunehmendem Stammdurchmesser, einen Mindestabstand von zehn Metern aufweisen (Jäger, ohne Datum). Abbildung 2 zeigt ein System, bei dem die Abstände der Bäume in der Gruppenmitte bei der Pflanzung so gewählt wurden, dass sie auch im Alter von 55 bis 70 Jahren noch genügend Raum zwischen den Kronen haben (Bender, et al., 2009, S. 19).

Der Abstand der Bäume ist sortenabhängig. Bei Zwetschgen reicht ein Baumabstand von 8 m. Für Wildobstarten wie Wildbirne, Elsbeere oder Maulbeere wird 10 m und für Apfel- und Birnbäume wird mindestens 10 m Abstand empfohlen (Erfurt, 2019). Bei Elsbeere, Speierling, Vogelkirsche und Walnuss werden 12 m angegeben (Jäger, 2016, S. 29). Häseli et al. (2016, S. 13) geben folgende Abstände für die jeweiligen Bäume in der Reihe an:

- Äpfel 9 - 12 m
- Birnen 10 - 12 m
- Kirschen 10 - 12 m
- Zwetschgen, Mirabellen etc. 8 - 10 m
- Quitten 8 - 10 m
- Walnuss 10 - 14 m

Die Bäume sollten auch genügend Distanz zu Wegen, Drainagen, Strommasten usw. haben. Jäger (2016, S. 14) gibt als Abstand von einem Weg generell z. B. 6 m bei Speierling, Wildbirne oder Elsbeere an.

Die Grenzabstände zu den Nachbargrundstücken sind kantonal geregelt, in Aarberg vom Grossen Rat des Kantons Bern (Der Grosse Rat des Kantons Bern, 2019). Dieser sieht in Artikel 79I für Bäume und Sträucher (auch wildwachsende) mindestens folgende Grenzabstände bis zur Mitte der Pflanzstelle vor:

- 5 m für hochstämmige Bäume, die nicht zu den Obstbäumen gehören, sowie für Nussbäume
- 3 m für hochstämmige Obstbäume
- 1 m für Zwergobstbäume, Zierbäume und Spaliere, sofern sie stets auf eine Höhe von 3 m zurückgeschnitten werden
- 50 cm für Ziersträucher bis zu einer Höhe von 2 m sowie für Beerensträucher und Reben

Da Anfangs der Pflanzung mit Ausfällen zu rechnen ist, gibt es den Ansatz jeweils mehrere Bäume zusammen zu setzen (Abbildung 2). Später kann dann eine Selektion erfolgen wo die besten Bäume erhalten und die restlichen ausgedünnt werden können. Der Nachteil davon ist eine höhere Anfangsinvestition.

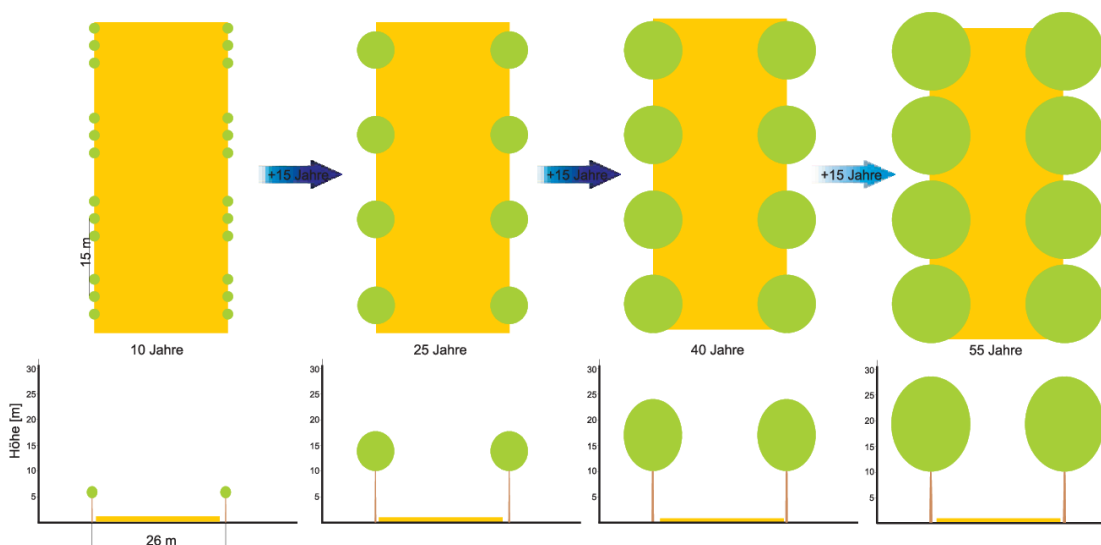


Abbildung 2 - Entwicklung von einem Agroforstsystem mit grossen Bäumen (Bender, et al., 2009, S. 19)

### Beiträge

Um für Hochstamm-Obstgärten nach Direktzahlungsverordnung (DZV) die Biodiversitäts-Qualität II zu erreichen, sind einige Strukturelemente in die Agroforstanlage einzuplanen. Hier ein paar Beispiele, die sich gut für solche Systeme eignen (Jäger, 2016, S. 23-24):

- Holzbeigen in einer Distanz von 50 bis 100 m
- Sträucher, vor allem Dornentragende
- Asthaufen von mindestens 4 m<sup>2</sup> und mit einem Pufferstreifen von 0.5 m<sup>2</sup>
- Steinhaufen von mindestens 4 m<sup>2</sup> und mit 3 m Pufferzone
- Nisthilfen
- Trockenmauern von mindestens 4 m Länge und mit 0.5 m Pufferzone

Für die Qualitätsstufe II benötigt es eine Kombination mit anderen Biodiversitätsförderflächen von 0.5 Aren pro Baum, in einer Distanz kleiner als 50 m (Jäger, 2016, S. 25).

### Bäume und Drainage

Wegen der Durchwurzelungs-Eigenschaften der Bäume besteht die Gefahr, dass durch die Baumwurzeln die Drainagerohre verstopft werden können (Kay, Jäger, & Herzog, 2019, S. 9). Baumreihen können jedoch auch gezielt als natürliche Drainage der Flächen eingesetzt werden (Lang, et al., 2015), z. B. mit Kopfbäumen zur Biomasseproduktion (Kay, Jäger, & Herzog, 2019, S. 8). Ein Problem könnte es höchstens im Winter geben, wenn die Bäume kein Wasser aufnehmen (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019).

### Funktion als Windschutz

Die Funktion als Windschutz soll beachtet werden. Abbildung 3 zeigt den Einfluss der Baumreihe auf den Windfluss anhand eines Beispiels mit Eukalyptusbäumen (Reid & Moore, 2018, S. 202).

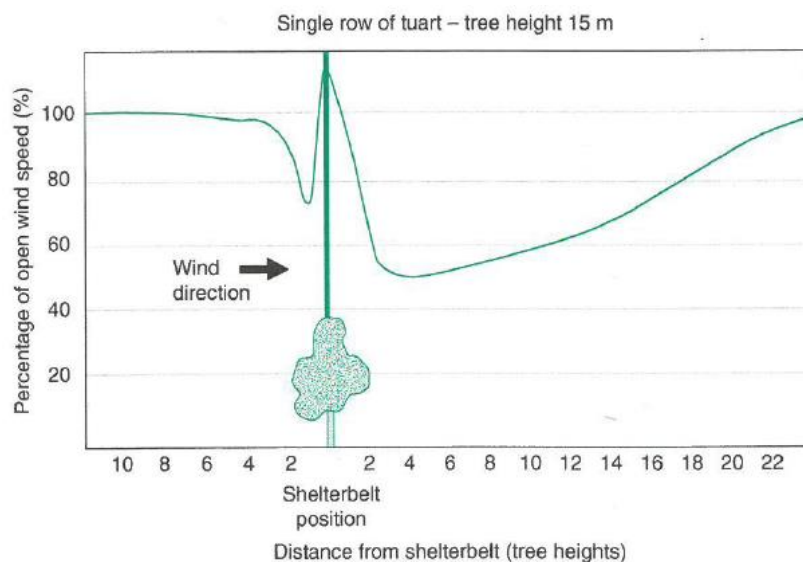


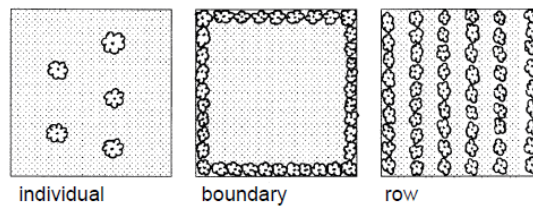
Abbildung 3 - Windfluss durch eine einfache Reihe Eukalyptus Bäume (Reid & Moore, 2018, S. 202)

### Pflanzmuster

Die Bäume können unterschiedlich auf dem Landwirtschaftsland platziert werden. Abbildung 4 zeigt Muster für die Anordnung von zwei Kulturen auf einer Fläche. Moderne Agroforstsysteme werden meist in der Reihe (row) oder in einem Reihenstreifen (row strip) angelegt, um möglichst viele Bäume platzieren zu können und damit die Flächen dazwischen trotzdem einfach befahrbar bleiben.

**Bicultural spatial patterns**

Fine, high interspecies interface patterns:



Coarse, low interspecies interface patterns:

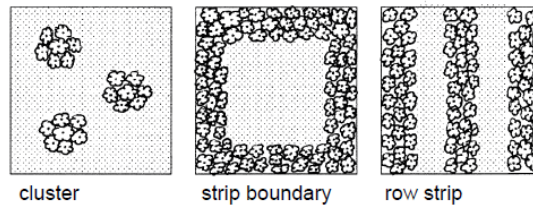


Abbildung 4 - Räumliche Muster für zwei Kulturen (Wojtkowski, 2006, S. 24)

Abbildung 5 zeigt Muster für die Anordnung von zwei Kulturen in einem Baumstreifen.

**Bicultural arrangements for row-strip patterns**

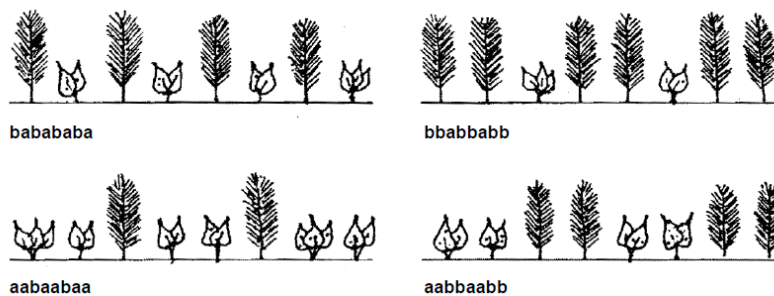


Abbildung 5 - Anordnungen für Streifenmuster mit zwei Kulturen (Wojtkowski, 2006, S. 27)

**Weitere Aspekte**

Wenn es näher als 15 m von der Baumreihe keinen Waldrand hat, sollten gemäss Bender et al. (2009, S. 20) Anstanzstangen in die Baumreihen integriert werden. Solche Anstanzstangen sollten mindestens 2 m hoch sein, aber besser deutlich mehr (Schmid, 2013). Damit kann verhindert werden, dass die noch jungen Bäume als Anstanzwarte von Vögeln genutzt und beschädigt werden. Zum Beispiel kann die Terminalknospe abbrechen, wenn die Vögel sich draufsetzen (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019).

**2.2 Ökologischer Nutzen von Agroforstsystemen**

Um herauszufinden ob ein Agroforstsystem aus ökologischen Aspekten Sinn machen kann, wird ein solcher Nutzen aufgrund des heutigen Wissensstands abgeschätzt. Die ökologischen Einflüsse werden nach Einflussbereichen aufgeführt und sollen die möglichen Auswirkungen eines solchen Systems aufzeigen.

### 2.2.1 Biodiversität

Baumreihen als gepflanzten Windschutz unterbrechen die Monotonie und bringen Diversität in die Landwirtschaftsumgebung. Sie wirken wie ein Korridor für Wildtiere und verbinden Regionen unterschiedlicher Lebensräume, die oft durch die moderne Landwirtschaft getrennt sind (Gordon, Newman, & Coleman, 2018, S. 11). Agroforstsysteme können also Lebensräume vernetzen (BAFU, 2017) und dienen der Erweiterung bzw. Aufwertung der Vernetzungskorridore (Lecqa, et al., 2017).

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anzahl Vögel in Baumstreifen verglichen mit Kräuterstreifen um den Faktor fünf anstieg und dass sich mehr Vogelarten an Feldrändern als im Feldinneren aufhalten (30 verglichen mit 18 Arten) (Best, 1990). Myczko et al. (2013, S. 509) bestätigen, dass sich eine höhere Baumdichte in traditionellen Obstgärten positiv auf den Artenreichtum von Vögeln auswirkt.

In einem anderen Feld mit drei Kulturen und vorwiegend Laubbäumen hat die Diversität und Grösse der Brut- und nahrungssuchenden Vogelpopulationen stark zugenommen, verglichen mit einem benachbarten Monokulturfeld mit Mais (*Zea mays*) (sieben gegenüber einer Brutart und 16 gegenüber zwei nahrungssuchenden Arten). Weitere Vogelarten wurden auf einem Feld beobachtet mit Sträuchern und Nadelbäumen in den Baumreihen, welche als Nahrungsquelle oder «Sitzstangen» gepflanzt wurden (Williams & Gordon, 1995). Eine ähnliche Studie im selben Feld hat ergeben, dass die Diversität der Vögel über die Zeit als die Bäume in den Baumstreifen heranwachsen weiter zunahm (Gibbs, et al., 2015).

### 2.2.2 Tiere

Vielen Tieren bietet ein Agroforstsystem auf einer Ackerfläche zusätzlich Lebensraum und Nahrung.

#### **Bestäuber- und Nützlings-Potenzial**

Agroforstsysteme tragen u. a. durch Windschutz, Hochstamm-Feldobstbäumen und zusätzlichen Strukturen wie Asthaufen zur Schaffung neuer Habitate für Bestäuber und Nützlinge bei (Kay, et al., 2018; Verheij, 2003, S. 13; Jose, Gold, & Garret, 2018, S. 52). Das strukturelle Angebot in den Randzonen von Energieholzstreifen ist sehr wichtig für Brutvögel (Lamerre, et al., 2016). Viele Vogelarten profitieren auch von einer erleichterten Nahrungssuche bei ackerbaulichen Unternutzen zwischen Baumreihen (Jäger, 2016, S. 22).

#### **Futterlaub**

Für Rinder können die Gehölze ein wertvolles Futtermittel darstellen. Nach Rahmann (2004, S. 29) können Rinder bis zu 10 % ihrer Futtergrundlage durch Laub und frische Triebe decken. Eine Mischbeweidung von Gräsern, Kräutern und Gehölzen ist in freier Wildbahn typisch für diese Herbivoren.

Laut Machatchek (2002b, S. 15) kann Futterlaub mit Feinreisig qualitativ gut mit anderen Futtermitteln wie z. B. mit gutem Wiesenheu (12.38 % Rohprotein) und Alp-Heu (15.77 %) mithalten. 125 kg Laubreisig entsprechen etwa 100 kg mittelgutem Wiesenheu.



Sträucher wie Hasel (*Corylus avellana*), Heckenrose (*Rosa sp.*), Holunder (*Sambucus nigra*, *Sambucus racemosa*), Hartriegel (*Cornus sp.*), Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*) oder andere Bäume wie Eiche (*Quercus sp.*), Erle (*Alnus sp.*), Vogelkirsche (*Prunus avium*), Weissdorn (*Crataegus sp.*) können zur Laubfutttergewinnung genutzt werden (Machatschek, 2002a, S. 29). Auch Maulbeerbäume (*Morus*) können als Futterlaub dienen (Jäger, 2019c, S. 1).

### 2.2.3 Wasser

Agroforstsysteme können zur Aufwertung des Gewässerraumes beitragen (McIvor, et al., 2014). In Frankreich ist Agroforst eine anerkannte Massnahme als Schutz vor Nitratausträgen in Gewässerschutzgebieten (Jäger, 2016, S. 8). Chemisch synthetische Pflanzenschutzmittel können von den Wurzeln aufgenommen und durch physikalische Prozesse gefiltert werden (Pestemer, et al., 1984; Hoffman, Gerik, & Richardson, 1995). Bakterien die im Wurzelbereich wachsen, können Herbizide über diverse biochemische Prozesse metabolisieren (Ambus, 1993; Mandelbaum, Wackett, & Deborah, 1993; Mandelbaum, Allan, & Wackett, 1995; Struthers, Jayachandran, & Moorman, 1998). Zum Beispiel kann *Pseudomonas sp.* das Unkrautbekämpfungsmittel Atrazin zu Hydroxyatrazin, polaren Metaboliten und Kohlendioxid metabolisieren (Mandelbaum, Allan, & Wackett, 1995, S. 1451). Die Verbesserung der Bodencharakteristik durch die Vegetation kann die Kapazität der Sorption und abiotischen Umwandlung von Schadstoffen in der Rhizosphäre verbessern (Seobi, et al., 2005; Udawatta, et al., 2009).

### Stickstoff-Überschüsse

Agroforstsysteme reduzieren die Nitratauswaschung (Abbildung 6) (Wolza, Branhamb, & DeLucia, 2018; Manevski, et al., 2019; Kay, et al., 2018). Die Stickstoffauswaschung kann mit 113 Bäumen ha<sup>-1</sup> um bis zu 46 % reduziert werden (Palma, et al., 2007, S. 329).

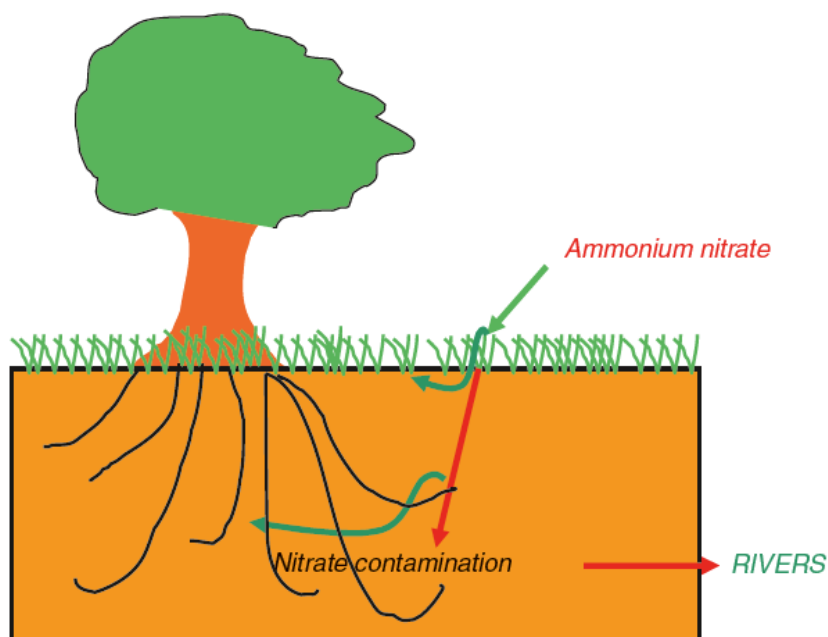


Abbildung 6 - Verwendung von Nitrat durch Baumwurzeln (grüne Linien) und Nitratauswaschung (rote Linien) (Rigueiro-Rodríguez, et al., 2009, S. 52)

### **Phosphor-Überschüsse**

Agroforstsysteme können den Phosphorausstrag reduzieren (Schoumansa, et al., 2014). Michel et al. (2007) haben bei Waldweiden mit Kiefern in der oberen Tiefe von 1 m eine Gesamt-Bodenspeicherkapazität von Phosphor von 342 bis 657 kg ha<sup>-1</sup> im Vergleich zu -60 bis 926 kg ha<sup>-1</sup> in baumlosen Weideflächen festgestellt. Bei einem negativen Wert kann der Boden eine Phosphor-Quelle sein, was heisst, dass im Gegensatz zu der Fläche mit den Bäumen ein Phosphorausstrag möglich ist.

### **Wasserversickerung**

Agroforstsysteme verbessern die Wasserversickerung (Verheij, 2003, S. 13). Trotzdem haben sie tendenziell eine geringere Grundwasser-Neubildungsrate als Landwirtschaftsland ohne Agroforst (Kay, et al., 2018).

#### 2.2.4 Luft

Patterson et al. (2008) haben festgestellt, dass Bäume als Ammoniak-«Filter» im Umkreis von Ammoniakquellen verwendet werden können. Bei einer Hühnerfarm wurden in Gegenwart von Bäumen sowohl in der Höhe von 0.3 m als auch in der Höhe von 3.0 m signifikant niedrigere NH<sub>3</sub>-Konzentrationen gemessen, als wenn die Bäume entfernt wurden. Dies und die Tatsache, dass diese Bäume höhere Blatt-N-Konzentrationen aufwiesen, als wenn sie nicht der Abluft der Hühnerfarm ausgesetzt waren, lässt darauf schliessen, dass ein Teil des atmosphärischen NH<sub>3</sub> von den Bäumen aufgenommen wurde. Dabei waren Laubbäume wie Flieder und Weide besser bei der Aufnahme von NH<sub>3</sub> als Nadelbäume wie Wacholder und Tanne (Patterson, et al., 2008, S. 407).

### **Kohlendioxid**

Agrarforstsysteme können dazu beitragen, die Zunahme von atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentrationen zu verlangsamen und damit den Klimawandel einzudämmen (Lorenz & Lal, 2014). Bäume als Kohlenstoffsinken können in 60 Jahren je nach Baumart 1.8 bis 1.9 Tonnen Kohlenstoff speichern (Oelke, et al., 2013). Ein Obstbaum kann in 30 Jahren ca. 1 Tonne Kohlenstoff speichern (der schwer abschätzbare unterirdische Teil an Humus ist in dieser Abschätzung mit enthalten) (Kay S. , 2019). Auch Palma et al. (2007, S. 330) kommen mit 133 Bäumen ha<sup>-1</sup> in 60 Jahren auf bis zu 133 Tonnen gebundenen Kohlenstoff.

Hamon et al. (2009) rechnen in einem Agroforstsystem mit 50 bis 100 Bäumen pro ha mit 1.5 bis 4 Tonnen gespeichertem Kohlenstoff pro ha und Jahr. Das sind doppelt so viel wie in derselben Fläche Wald und 5 bis 10 Mal mehr als in Landwirtschaftsland.

Messungen in einem 25 Jahre alten Mischkultur System in Kanada haben ergeben, dass je nach Baumart bis zu 25 % der Trockenmasse, wie auch des eingelagerten Kohlenstoffes, in den Wurzeln des Baumes enthalten sind (Wotherspoon, et al., 2014).

### 2.2.5 Boden

Der Boden kann durch die Gehölze und mehrjährige Pflanzen geschützt und mit Nährstoffen angereichert werden.

#### **Erosion**

In der Schweiz gelten etwa 40 % der Ackerflächen als erosionsgefährdet (BAFU (Hrsg.), 2017). Insgesamt verlieren die Schweizer Äcker jedes Jahr schätzungsweise 800'000 Tonnen Bodenmaterial (Zimmermann, 2018, S. 10).

Agroforstsysteme erhöhen die Bodenstabilität (Murphy, 2015), sorgen für Nährstoffrückhalt und für eine Reduktion des Bodenabtrags (McIvor, et al., 2014; Verheij, 2003, S. 13; Jose, Gold, & Garret, 2018, S. 52; Newman, Pilbeam, & Briggs, 2018, S. 74; Kay, et al., 2018). Es wird geschätzt, dass über 138'000 km Windschutz aus Gehölzen in den Great Planes der USA ca. 1.6 Mio. ha Ackerland schützen (Brandle, Wardle, & Bratton, 1992). Nach Modellberechnungen auf fruchtbaren, intensiv genutzten Standorten können durch Bäume die Bodenverluste um rund 80 Prozent reduziert werden (Palma, et al., 2007, S. 327). Ob die Anzahl der Bäume dabei 50 oder 113 pro Hektare sind, hat auf die Bodenverluste keinen wesentlichen Einfluss (Palma, et al., 2007, S. 327).

In Deutschland konnte laut Böhm, Kanzler & Freese (2014, S. 579+583) auf einem 24 m breiten Acker mit einem Gehölzstreifen eine Windreduktion von 50 % im Jahresdurchschnitt erreicht werden. Ein Baum mit einer Höhe von etwa einem Meter reduziert die Windgeschwindigkeit um 20 bis 30 %, mit einer Höhe von 3.5 m sind 55 bis knapp 80 % möglich.

#### **Nährstoffe**

Bäume wirken als Nährstoffpumpe (Abbildung 7) (Verheij, 2003, S. 13). Die angrenzenden Kulturpflanzen profitieren so von zusätzlichen Nährstoffen.

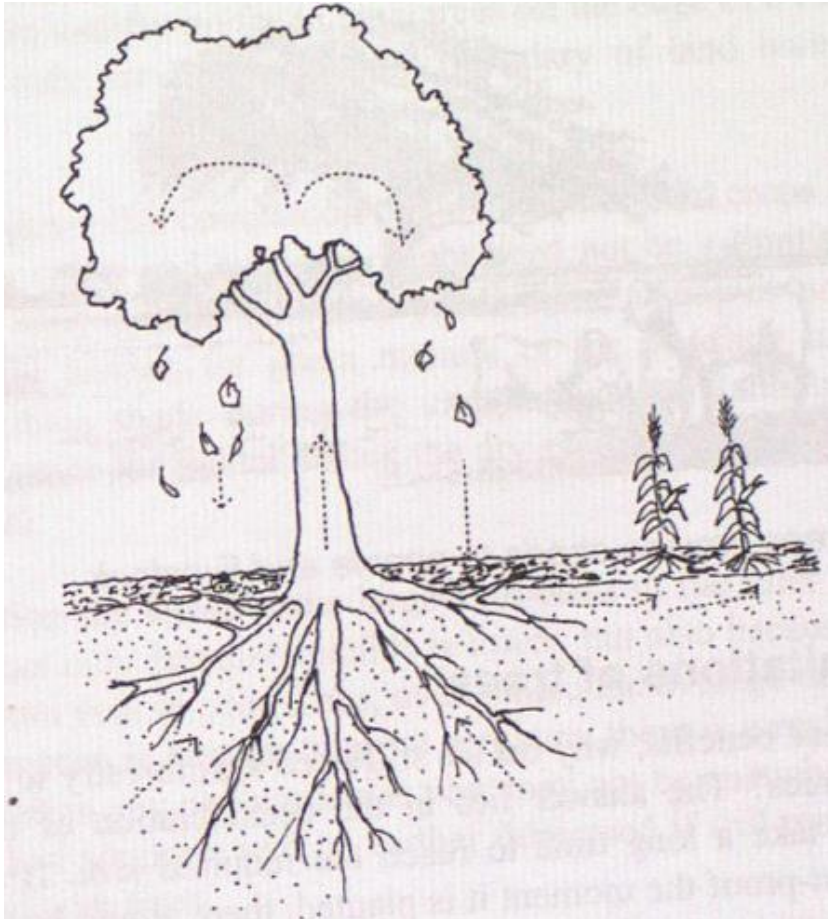


Abbildung 7 - Baum als Nährstoffpumpe (Verheij, 2003, S. 15)

### 2.2.6 Klima

Die Klimaszenarien für die Schweiz sagen einen Temperatur-Anstieg und Änderungen des Niederschlags voraus (Klimaszenarien für die Schweiz, 2018). Agroforstsysteme bieten mikroklimatische Verbesserungen, z. B. mit der Erhöhung der Wasserhaltekapazität oder als Schattenspender, wobei der Boden länger feuchter bleibt (Alam, et al., 2014; Sánchez & McCollin, 2015; Verheij, 2003, S. 13; Jose S. , 2009). Ein Baum verdunstet in wassergesättigtem Boden bis 400 Liter Wasser pro Tag, was einer Kühlungsenergie von 20 bis 30 Kilowatt entspricht (Kravčík, et al., 2007, S. 27).

## 2.3 Ökonomische Nutzen von Agroforstsystemen

Ein landwirtschaftlicher Betrieb ist darauf angewiesen, einen gewissen finanziellen Ertrag zu haben, um langfristig zu funktionieren. Aufgrund dessen stellt sich die Frage, ob sich ein Agroforstsystem finanziell lohnt. Dieses Thema wird nachfolgend beleuchtet.

### 2.3.1 Bewertungsmethoden

Um den Flächenertrag einer Mischkultur mit einer Monokultur zu vergleichen, kann der «Land Equivalent Ratio», kurz LER verwendet werden. Er setzt die Summe der Erträge der Kulturen

in Mischkultur jenen Erträgen der Monokultur gegenüber (Mead & Willey, 1980). Wenn der LER grösser als eins ist, ist das Agroforstsystem produktiver (Newman, Pilbeam, & Briggs, 2018, S. 90).

Hochrechnungen für temperierte Agroforstsysteme in der EU mit 120 Bäumen ha<sup>-1</sup> haben für 60 Jahre folgende LER Resultate ergeben (Dupraz & Newman, 2018, S. 115):

- LER = 1, wenn die Hälfte der Bäume kaputt gehen würde
- LER = 1.38, wenn alle Bäume geerntet werden können

Auf Testflächen wurde mit Pappel-Getreide in 12 Jahren ein LER von 1.25 bis 1.4 und bei Walnuss-Getreide in 20 Jahren ein LER von 1.3 bis 1.6 gemessen (Dupraz & Newman, 2018, S. 115). Der LER reicht für eine ökonomische Beurteilung aber noch nicht aus (Dupraz & Newman, 2018, S. 116).

Nach Albisser (2018) eignet sich die Annuitätenmethode für die Beurteilung eines Agroforstsystems, weil dort der Einsatz der eigenen Ressourcen abgebildet werden kann. Mit ihr wird berechnet wie viel eine Investition über einen bestimmten Zeitraum kostet und mit ihr erwirtschaftet werden kann. Sie rechnet den Nettobarwert aus der Kapitalwertmethode in eine jährliche Auszahlung um und zeigt so den jährlichen Mehrertrag, den eine Investition bringt.

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Systemen über einen langen Zeitraum wird der Kapitalwert verwendet. Dieser wird pro Jahr mit dem gesamten Erlös, minus der variablen und fixen Kosten, geteilt durch den Diskontierungssatz plus eins berechnet. Zusammengezählt über alle Jahre ergibt sich so der Kapitalwert des Systems, als Franken pro Hektare, über diese Zeit (Kaesler A., et al., 2010a, S. 7).

Bei der Berechnung der Rentabilität für eine Agroforstanlage mit Wertholzbäumen sollte beachtet werden, dass die Beschattung der Bäume sich ab etwa 25 Jahren negativ auf die landwirtschaftlichen Kulturen auswirken kann. Bender et al. (2009, S. 40) rechnen nach 50 Jahren noch mit rund 70 % des Reinertrags der Kulturen im Vergleich zum Ertrag ohne Baumstreifen. Wobei sich in Zukunft aufgrund der geringeren Wasserverdunstung möglicherweise höhere Erträge im Schatten der Bäume ergeben könnten (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 26.07.2019). Weiter soll die Verzinsung zukünftiger Einnahmen und Ausgaben berücksichtigt werden. Bender et al. (2009, S. 38) nennen einen Diskontierungssatz von 4 %, da es sich um einen langfristigen Investitionszeitraum handelt. Aktuellere Berechnungen von Jäger (2019b, S. 19) arbeiten mit einem Diskontierungssatz von 1 %.

### 2.3.2 Resultate

Die Form der Baumnutzung ist entscheidend bei der Frage nach welchem Zeitraum ein Ertrag eingefahren werden kann. Dabei liefert ein System mit Fokus auf Fruchtnutzung bereits nach einigen Jahren, also vergleichsweise früh, einen Ertrag. Wohingegen jener bei Wertholznutzung erst nach mehreren Jahrzehnten, womöglich Generationen später, anfällt.

Laut Kay et al. (2019) wären schon relativ geringe Kosten pro Ökosystemdienstleistungseinheit ausreichend, um mit Agroforstsystemen die Profitabilität von Nicht-Agroforstsystemen zu erreichen (Beträge wurden von € in CHF umgerechnet (Währungsrechner, 2019)):

- Stickstoffemission: > CHF 2.74 pro kg N
- Bodenverlust: > CHF 18.64 pro t Boden
- Kohlenstoffbindung: > CHF 32.89 pro t C

BAFU und BLW haben 2008 Umweltziele für die Schweizer Landwirtschaft definiert (BAFU, BLW, 2008). Die Ziele sind in die vier Bereiche Biodiversität und Landschaft, Klima und Luft, Wasser, und Boden aufgeteilt. Laut BAFU und BLW (2016) konnte noch keines der Umweltziele der Schweizer Landwirtschaft vollumfänglich und landesweit erreicht werden. Hier könnten Abgaben für Ökosystemdienstleistungseinheiten allenfalls helfen die Umweltziele zu erreichen, z. B. das Ziel maximal 25'000 Tonnen Stickstoffemission pro Jahr aus der Landwirtschaft einzuhalten (im Jahr 2014 betrug dieser Wert noch rund 48'000 Tonnen).

Wirtschaftlichkeitsberechnungen durch Kaeser et al. (2010a, S. 5) haben ergeben, dass in den ersten 15 Jahren einer Agroforstanlage mit Einkommensverlusten von eins bis fünf Prozent zu rechnen ist. Dies ergibt sich vor allem durch Pflanzung und Pflege der Bäume und dem noch fehlenden Holz- und Fruchtertrag. Auf lange Sicht wird dies durch das Sparkapital in Form von Wertholz mehr als wieder gut gemacht. Als Diskontierungssatz hat Agroscope Reckenholz-Tänikon bei ihren Berechnungen mit 3.5 Prozent gerechnet, um damit durch Abzinsung den Vergleich von Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu ermöglichen.

Nach Bender et al. (2009, S. 38) lässt sich mit einem Agroforstsystem ein langfristiger Kapitalaufbau realisieren (z. B. für Vorsorge). Auch eine Werterhöhung von Flächen mit geringem Ertragsniveau kann erreicht werden. Oder man kann unter Beibehaltung des landwirtschaftlichen Flächenstatus Holz produzieren.

Wird neben den Bäumen auch mit den Unterkulturen ein Ertrag erwirtschaftet, kann bereits in den ersten Jahren ein stabiles Grundeinkommen ermöglicht werden. Später können ergänzend noch Erträge der Strauch- und Baumkomponente des Agroforstsystems hinzukommen. Eine Untersuchung in Deutschland mit der Baumkomponente Speierling, einer Strauchkomponente mit Hagebutten und diversen Wildkräutern als Unterkulturen, von denen autochthones Saatgut gewonnen wurde, hat dies gezeigt (Krummenacher, et al., 2008, S. 136). In Abbildung 8 ist die hypothetische Wirtschaftlichkeitsberechnung des Systems dargestellt.

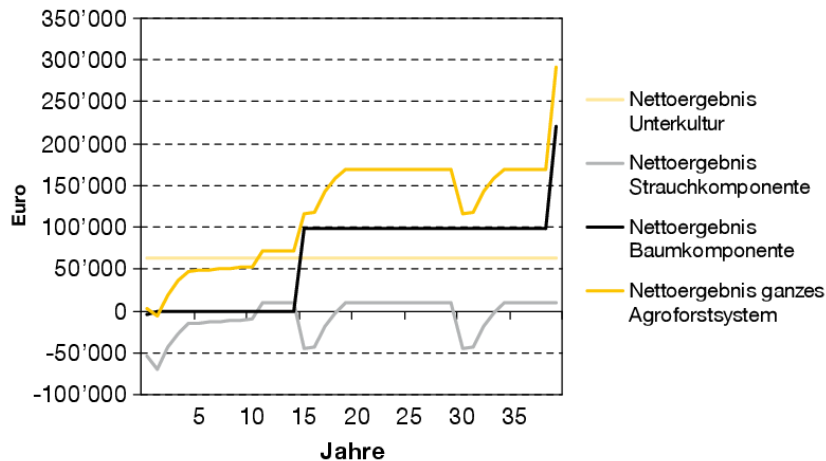


Abbildung 8 - Hypothetische Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Agroforstsystem (Krummenacher, et al., 2008, S. 136)

Kräuter als Unterkultur können interessant sein, da Biokräuteranbau in der Direktvermarktung als Chance gehandelt wird. Die Nachfrage nach Schweizer Kräutern ist gross und sie steigt weiter. Aktuell beträgt der Bioflächenanteil bei ein- und mehrjährigen Gewürz- und Medizinalpflanzen 60 Prozent (Biokräuteranbau als Chance in der Direktvermarktung, 2019).

Die Bäume können zudem einen positiven Einfluss auf die Unterkulturen haben. Der Schutz vor Wind durch die Baumstreifen können auf die Ackerkulturen einen grossen Einfluss haben (Dupraz & Newman, 2018, S. 117). Bei Gerste konnten mit Windschutz im Mittel über mehrere Jahre 25 % und bei Hirse 44 % mehr Gewichtsertrag festgestellt werden (Kort, 1988). Eine Hecke sollte dabei nicht absolut dicht sein (Abbildung 9), sondern noch ein wenig Wind durchlassen (Abbildung 10). So werden grössere Luftverwirbelungen verhindert, die den Kulturen schaden könnten (Verheij, 2003, S. 41).



Abbildung 9 - Winddichte Hecke verursacht Luftverwirbelungen (Verheij, 2003, S. 41)

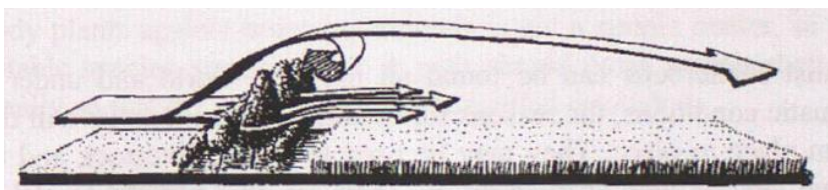


Abbildung 10 - Hecke die etwas Wind durchlässt, ohne Verwirbelung, die der Kultur schadet (Verheij, 2003, S. 41)

Auch Garrett (2009) bestätigt, dass Spezialkulturen wie Kräuter, Früchte, Gemüse oder Blumen zwischen Baumstreifen vom Mikroklima der Bäume profitieren und die ökonomische Produktion dieser Kulturpflanzen verbessert. Armengot et al. (2016) haben in einer fünfjährigen Studie mit Kakao festgestellt, dass in einem Agroforstsystem im Vergleich zu einem Anbau in Monokultur eine etwa doppelt so hohe Arbeitsrendite erzielt werden kann.

In Versuchsanlagen erzielten Agroforst-Systeme im langjährigen Mittel 30 Prozent mehr Biomasse (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 5) und 60 Prozent mehr Endprodukte als bei getrennten Wald- und Ackerflächen (Dupraz, et al., 2005). Zum Beispiel warf eine Hektare «Baumgetreide» laut Jäger (ohne Datum) so viel ab wie normalerweise 1.3 Hektaren getrennte Parzellen (0.9 ha Weizen plus 0.4 ha Pappeln). Vorausgesetzt wird, dass im Agroforstsystem die Systempartner Wasser, Licht und Nährstoffe räumlich und zeitlich unterschiedlich genutzt werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass in Agroforstsystemen das Risiko auf zwei oder mehr Kulturen verteilt wird (Jäger, ohne Datum; Bender, et al., 2009, S. 38). Als Nachteil wird erwähnt, dass Bäume Jahre benötigen, bis sie eine effektive Grösse erreichen (Verheij, 2003, S. 9).

Traditionelle Agroforstsysteme bilden halboffene Landschaften, die von der Bevölkerung sehr geschätzt und als schön empfunden werden. Davon profitieren neben der Bevölkerung auch die Landwirtschaftsbetriebe mit Direktvermarktung (Kaeser, et al., 2010b, S. 10). Allgemein können Agroforstsysteme positive Effekte auf den Tourismus und das Image der Landwirtschaft haben (Bender, et al., 2009, S. 38).

### 2.3.3 Kosten

Kosten, welche für den Aufbau zu berücksichtigen sind:

- Kosten für das Pflanzmaterial (Bäume, Sträucher usw.)
- Baumschutz (Pfähle, Fegeschutzspiralen oder Drahtgeflechte)
- Pflanzkosten (inkl. z. B. dem Erstellen des Pflanzloches)
- Ausmessen der Parzelle (Jäger, 2019b, S. 18)
- Stammanstrich (Jäger, 2019b, S. 18)
- Ein Risikoabschlag als Kostenfaktor wegen eines möglichen Ausfallrisikos der Pflanzen sollte berücksichtigt werden. Mögliche Risiken sind z. B. Ausfall durch Anwuchsprobleme, Krankheiten oder mechanische Beschädigung (Bender, et al., 2009, S. 37).

Bei Wertholzbäumen sind Forstpflanzen am günstigsten, die mit Pfahl- und Fegeschutz gepflanzt werden. Dagegen verursachen starkwüchsige, veredelte Mostobstarten oder ein Baumschutz für Rinder, jeweils die höheren Kosten (Bender, et al., 2009, S. 37). Weiter Kostenpunkte können sein:

- Pflege und Düngung der Baumstreifen (Jäger, 2019b, S. 18)
- Arbeit für Astung von Wertholzbäumen (jährlich vier Mal 0.5 Stunden pro Baum) (Bender, et al., 2009, S. 38). Dies ist in den ersten 15 Jahren alle zwei bis vier Jahre nötig (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4).
- Ein Zeitzuschlag von ca. 10 % für alle landwirtschaftlichen Arbeitsgänge (Bender, et al., 2009, S. 38)
- Baumernte mit Motorsäge (das Kronenholz kann kostenneutral als Hackschnitzel verkauft werden) (Bender, et al., 2009, S. 38)
- Mäusekontrolle (Jäger, 2019b, S. 18)



Nach Jäger (2019a) kann beim Aufbau von einem Agroforstsystem mit 50 Bäumen ha<sup>-1</sup> mit einmaligen Kosten und Arbeitsaufwand von etwa CHF 5'000.- pro ha gerechnet werden (exklusiv Pflanzmaterial und Baumschutz). Der jährliche Arbeitskraftstunden-Aufwand bei eher extensiven Baumarten wie Wildobstbäumen wird etwa um einen Drittel höher, als wenn die Fläche nur mit einer Ackerkultur bepflanzt wäre.

#### 2.3.4 Beiträge

In der Schweiz lässt das Direktzahlungssystem eine Förderung von Agroforstsystemen zu. Die Unterstützung pro Hochstamm-Obstbaum beläuft sich, je nach Kanton und Gemeinde, auf ca. CHF 15.- bis 50.- pro Baum und Jahr (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 9). Dazu kann pro Baum (auch für Waldbäume wie Eiche, Ulme, Erle usw. (Jäger, ohne Datum)) eine Are an die ökologische Ausgleichsfläche angerechnet werden (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 9).

Gemäss S. Kay (Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019) sind Direktzahlungen die derzeit grösste Unterstützung für Agroforstsysteme. Das Bundesamt für Landwirtschaft BLW unterscheidet acht Arten von Beiträgen. Die Kantone richten die Beiträge aus und kontrollieren die Einhaltung der Anforderungen (Beitragsarten, ohne Datum). Folgende Beitragsarten existieren hierbei:

- Kulturlandschaftsbeiträge
- Versorgungssicherheitsbeiträge
- Biodiversitätsbeiträge
- Landschaftsqualitätsbeiträge
- Produktionssystembeiträge
- Ressourceneffizienzbeiträge
- Übergangsbeiträge
- Einzelkulturbeiträge

Eine Liste der für ein Agroforstsystem möglichen Beiträge und weitere Informationen zu den Beitragsarten sind im Anhang D aufgeführt.

Die Baumstreifen können nicht als Hecken gelten, da diese beidseitig einen Grün- oder Streuflächenstreifen zwischen 3 und 6 Meter Breite aufweisen müssen (BLW, 2018b, S. 13). Damit die Qualitätsstufe II bei Obst- und Nussbäumen erreicht wird, darf z. B. der Maximalabstand zwischen den Obst- oder Nussbäumen maximal 30 m sein (BLW, 2018b, S. 18).

Um herauszufinden wie sich die Biodiversität in der Schweiz entwickelt, gibt es seit 2001 das Biodiversitätsmonitoring BDM, mit dem die Schweiz ihre biologische Vielfalt überwacht (BAFU, 2014b, S. 5). Agroscope hat 2015 ein komplementäres Monitoring Programm ALL-EMA (Arten und Lebensräume Landwirtschaft - Espèces et milieux agricoles) entwickelt, um einen schweizweiten Überblick über den Nutzen der Förderung von Biodiversitätsförderflächen und die Verbesserung der biologischen Qualität zu bekommen (Agroscope, 2015). Eine erste umfassende Auswertung zum Zustand der Biodiversität daraus erfolgt 2020 (Monitoringprogramm „Arten und Lebensräume Landwirtschaft“ - ALL-EMA, ohne Datum). Ende 2015 umfassten die Biodiversitätsförderflächen in der Schweiz ca. 15 Prozent der

landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz. Davon haben rund ein Drittel der Flächen die Qualitätsstufe II, welche der Bund noch erhöhen möchte (Gattlen, Klaus, & Litsios, 2017, S. 52).

Nach Raemy (2017) zeigte eine Evaluation des Direktzahlungsprogramms Landschaftsqualitätsbeiträge, dass die Beteiligung der Bewirtschaftenden am Programm sehr hoch ist. Von 2014 bis 2017 haben sich durchschnittlich drei Viertel aller Betriebe an Landschaftsqualitätsprojekten beteiligt, welche jährlich mit ca. CHF 142 Mio. honoriert wurden. Die Landwirtinnen und Landwirte beurteilten die Landschaftsqualitätsmassnahmen als ertragsneutral. In der Vernehmlassung der Agrarpolitik 22+ ist geplant, dass künftig die Kantone für die regionale Vernetzungs- und Landschaftsqualitätsprojekte (Zuständigkeit bisher beim Bund) sowie für den neuen Bereich Ressourcenschutz zuständig sind (BLW, 2018e, S. 84-85).

### 2.3.5 Zusätzliche Einnahmen

Eine zusätzliche Einnahmemöglichkeit sind Humuszertifikate, die eine Speicherung von CO<sub>2</sub> im Boden und damit den Humusaufbau finanziell belohnen. Nach einer Berechnung von Seitz (2018) können damit auf einer Agroforst Fläche von 5.6 ha ca. CHF 100.- bis 150.- pro Jahr verdient werden. In diesem Beispiel wird mit einer Belohnung von CHF 30.- pro Tonne eingelagertem CO<sub>2</sub> ausgegangen.

## 2.4 Humusgehalt und -aufbau

Humus als organischer Teil des Bodens hat auf das Ökosystem und die Landwirtschaft einen grossen Einfluss. Da in den letzten Jahrzehnten grosse Teile davon verloren gegangen sind, ist es heute wichtig diesen zu erhalten oder wieder aufzubauen.

Humus ist ein komplexes, natürlich vorkommendes Material und spielt eine wichtige Rolle für die Bodenfruchtbarkeit (Agroscope, 2017), den globalen Kohlenstoffkreislauf und das Schicksal der Schadstoffe im Boden (Simpson & Simpson, 2017). Dreh- und Angelpunkt für Aufbau, Erhalt und Pflege der Fruchtbarkeit der weltweiten Bodentypen ist meist der Humusgehalt des Bodens (Haerlin & Beck, 2013, S. 34).

Der Humusgehalt in der Schweiz reicht von fast 100 % in intakten organischen Hochmoorböden bis weit unter 1 % in vielen mineralischen Ackerböden (BAFU (Hrsg.), 2017, S. 53). Bei Letzteren scheint der Wert auf diesem tiefen Niveau stabil zu sein, wohingegen bei landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Moorböden die organische Substanz kontinuierlich abnimmt (BAFU (Hrsg.), 2017, S. 25).

Zurzeit liegen nur vereinzelt Informationen zu den Eigenschaften der Schweizer Böden wie u. a. zum Humusgehalt vor (BAFU (Hrsg.), 2017, S. 19). Um diese Informationen über die Beschaffenheit der Schweizer Böden zu sammeln, schlägt das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) eine «Bodeninformations-Plattform Schweiz» vor (Boden nutzen, schützen und verbessern, ohne Datum).

Die Vernehmlassungsvorlage des Schweizer CO<sub>2</sub>-Gesetzes sieht zudem vor, dass nach 2020 Massnahmen für die Erreichung der Klimaziele, wie z. B. den Humusgehalt der Böden betreffend, definiert werden können (BAFU (Hrsg.), 2017, S. 71). Auf viele dieser Bodenfunktionen wirkt sich der Humus günstig aus (Agroscope, 2017):

- Stabilität der Bodenstruktur
- Porenverteilung und somit den Wasser- und Lufthaushalt.  
Humus kann etwa das Drei- bis Fünffache des Eigengewichtes an Wasser speichern (Blume, et al., 2010, S. 69).
- Aktivität der Bodenorganismen.  
Das Gesamtgewicht von den Quintimillionen (10<sup>30</sup>) mikroskopisch kleiner Bodenlebewesen auf der Welt wird auf 600 Milliarden Tonnen geschätzt (Idel, 2010).
- Speicherung und Verfügbarkeit von Nährstoffen

Der Humusgehalt (Gehalt an organischem Kohlenstoff: C<sub>org</sub>) des Bodens, als ein positives Kriterium für dessen Beurteilung, ist allgemein anerkannt (Fließbach, Bünemann-König, & Mäder, 2019). Aufgrund der strukturellen und funktionellen Heterogenität der gesamten organischen Bodensubstanz, ist die Relevanz des Humus für Bodenprozesse allerdings nicht eindeutig (Bünemann, et al., 2018).

Neben dem Humusgehalt hängt das Leistungspotenzial eines Bodens noch von anderen Bodeneigenschaften ab, wie z. B. (BAFU (Hrsg.), 2017):

- Zusammensetzung und Grösse der Bodenpartikel
- Verteilung und Grösse der Poren
- Luftgehalt
- Nährstoffgehalt
- Nährstoffverfügbarkeit
- Vielfalt und die Anzahl der Bodenorganismen
- Bodenreaktion (pH-Wert)

Der Humus ist ebenfalls ein bedeutender Kohlenstoffspeicher. Mit etwa 1'500 Milliarden Tonnen bindet er fast dreimal mehr Kohlenstoff als die gesamte lebende Biomasse wie z. B. Lebewesen, Bäume, Sträucher und Gräser (Heinrich-Böll-Stiftung, IASS, 2015). Die Böden sind damit die grössten terrestrischen Kohlenstoffspeicher der Erde (BAFU (Hrsg.), 2017, S. 53).

Um den Humus zu erhalten oder aufzubauen gibt es Methoden dies zu tun und zu überprüfen. Die folgenden Unterkapitel beschäftigen sich mit diesen Thematiken.

#### 2.4.1 Humusbilanzierung

Um einen Anhaltspunkt zu haben, wie sich die Landwirtschaft eines Betriebes auf den Humus auswirkt, sind Werkzeuge hilfreich. Eine Möglichkeit dafür ist die Humusbilanz.

In der Schweiz wird häufig die Humusbilanzierungs-Methode von J.-A. Neyroud verwendet. Sie vergleicht den Humusabbau mit der Humuszufuhr und liefert mit relativ geringem Aufwand recht gute Ergebnisse. Dabei wird der Humusabbau aufgrund von Bodeneigen-

schaften, Bearbeitungsintensität, der durchschnittlich zu erwartenden Menge an Ernterückständen, sowie der Art und Menge zugeführter organischer Dünger berechnet (Überblick über Humusbilanzierungs-Methoden, ohne Datum). Abbildung 11 veranschaulicht dieses Prinzip. In diesen Berechnungen wird unter Humus die abgestorbene organische Bodensubstanz verstanden, ohne die gesamte organische Bodensubstanz, die Anteile der lebenden Bodenorganismen und die aktiven Wurzeln miteinzubeziehen (Weisskopf P. , 2019a).

Humuszufuhr	—	Humusabbau	=	Humussaldo
Reproduktionsleistung organischer Materialien (Ernte- und Wurzelrückstände, organische Dünger).		Wirkung von Bodenart, Klima und Anbauverfahren.		Veränderung der Humusvorräte des Bodens.

Abbildung 11 - Humus Bilanzierungsprinzip (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2007)

Agroscope hat diese Humusbilanzierungs-Methode nach Neyroud für die Anwendung in Ökobilanzen (SALCA-SQ) weiterentwickelt (Überblick über Humusbilanzierungs-Methoden, ohne Datum). Die auf landwirtschaftliche Gegebenheiten angepasste Ökobilanzmethode SALCA-SQ ist ebenfalls von Agroscope. Dabei steht SALCA für «Swiss Agricultural Life Cycle Assessment» und der Zusatz SQ für «soil quality» (Oberholzer, et al., 2012).

Die Methode Neyroud / SALCA kommt als Indikator im Agrarumweltmonitoring des Bundesamtes für Landwirtschaft zum Einsatz und dient als Grundlage für den Humusbilanz-Rechner ([humusbilanz.ch](http://humusbilanz.ch), ohne Datum). Mit ihr soll abgeschätzt werden, ob Humus gefördert wird oder ein Risiko für Humusverlust vorhanden ist.

Das Ergebnis der Humusbilanzberechnung, wird mit Werten von «unter -400 kg Humus ha<sup>-1</sup>: sehr tief» bis «über 800 kg Humus ha<sup>-1</sup>: kritisch hoch» bewertet (Überblick über Humusbilanzierungs-Methoden, ohne Datum). Eine Berechnung der Masse an organisch gebundenem Kohlenstoff im Boden kann ein Humusbilanzierungsprogramm jedoch nicht leisten (gemäss Aussage von P. Weisskopf, Forschungsgruppenleiter Bodenfruchtbarkeit / Bodenschutz Agroscope am 17.06.2019), sondern nur die geschätzte Menge, die schliesslich als Humus bleibt (Oberholzer, 2015, S. 9). Allgemein eignet sich die Humusbilanz aufgrund von Schwächen bezüglich absoluter Richtigkeit vor allem für vergleichende Beurteilungen (Oberholzer, 2011, S. 18).

Um den organisch gebundenen Kohlenstoff (Humusmenge) im Boden abschätzen zu können ist ein C-Simulationsprogramm notwendig, bei dem mehr Daten zu Standort, Witterung- und Bewirtschaftung eingegeben werden müssen (Oberholzer, 2015, S. 11). Die Forschungsgruppe «Klima und Landwirtschaft» von Agroscope nutzt häufig das Simulationsprogramm Roth-C (gemäss Aussage von P. Weisskopf, Forschungsgruppenleiter Bodenfruchtbarkeit / Bodenschutz Agroscope am 18.06.2019). Roth-C wird auch von Byrne & Kiely (2008, S. 28) empfohlen.

### 2.4.2 Humusaufbau

Eingangs dieses Kapitels 2.4 ist erläutert, wieso Humus für die Landwirtschaft und die Umwelt so wichtig ist, und auch, dass der Humusgehalt global in den letzten Jahrzehnten abgenommen hat. Deshalb ist es sinnvoll den Humusgehalt zu erhalten oder sogar zu erhöhen.

Auf Schweizer Böden wird etwa eine Tonne Humus pro Hektare und Jahr gebildet (Fitze, 2011, S. 15). Der Humusverlust beträgt im Schnitt weniger als zwei Tonnen pro Hektare und Jahr, er kann aber bei einem Unwetter auf bis zu 50 Tonnen pro Hektare und Jahr ansteigen (BAFU, 2007, S. 3).

Zu den Strategien des Humusaufbaus gehört laut dem Weltagrarbericht u. a. die Integration von Agroforstwirtschaft (McIntyre, et al., 2009, S. 175). Agroforst machte 2015 8.9 % der Landwirtschaftsfläche der EU und der Schweiz aus. Würden auf den Flächen mit den höchsten Defiziten innerhalb der EU Agroforst etabliert, so läge das Kompensationspotential bei ca. 43.4 % (Kay, et al., 2019, S. 589).

In einem Agroforstsystem in der Zentralschweiz konnte nach sieben Jahre eine substantielle Humusanreicherung von plus 18 % in der Baumreihe verglichen mit der kultivierten Fläche beobachtet werden (Seitz, et al., 2017, S. 2). Die Humusanreicherung konnte bis in eine Tiefe von 60 cm nachgewiesen werden (Seitz, et al., 2017, S. 2). Die Resultate als Anreicherungs-raten (Seitz, 2018):

- 0.48 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in den oberen 25 cm des Bodens
- 0.84 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in den oberen 60 cm des Bodens
- 94 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in den oberen 60 cm des Bodens

Erfahrungen in fünf Anlagen aus Frankreich haben ebenfalls gezeigt, dass in jedem System Humusaufbau stattgefunden hat (Cardinael, et al., 2017). Auch Pardon et al. (2019) haben in einem Agroforstsystem mit Walnuss (*Juglans regia*) in der Nähe der Bäume signifikant höhere Konzentrationen von organischem Kohlenstoff und Nährstoff im Boden festgestellt, die in erster Linie auf den Eintrag von Laub zurückzuführen sind.

Eine Analyse von drei Agroforstsystemen in Deutschland hat gezeigt, dass die Einbindung von Bäumen in die Ackersysteme den organischen Kohlenstoff, die mikrobielle Biomasse und die Aktivität im oberen Mutterboden erhöhte (Beuschel, et al., 2019, S. 1).

Bäume tragen zum Humusaufbau bei, z. B. mit Wurzelexsudaten, mit Blattfall im Herbst oder mit Photosynthese Leistung, wenn z. B. bei der Hauptkultur keine Photosynthese mehr stattfindet, weil diese schon abgereift ist (Abbildung 12) (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019).



Abbildung 12 - Abgereiftes Getreide mit Gehölzstreifen (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, 2017)

Neben diversen anderen Ökosystemleistungen trägt Agroforst auch zur Bodenbildung bei (Jose S. , 2009). Folgende Programme versuchen komplexe Ökosystem Dienstleistungen zu vereinfachen, um so eine Betrachtung zu ermöglichen (Grunewald & Bastian, 2013, S. 128):

- InVEST - Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs
- ARIES - ARTificial Intelligence for Ecosystem services
- BGS ecosystem services model
- MIMES - Multi-scale Integrated Models of Ecosystem Services

Das frei verfügbare Programm InVEST liefert oft Ergebnisse, welche nicht über den heutigen Kenntnisstand der Raumplanung hinausgehen (von Grünigen, et al., 2013, S. 26) und ist eher für grössere Flächen geeignet (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019).

In deutschen Ackerböden beträgt die Humusmenge im Mittel 100 bis 200 t ha<sup>-1</sup> (Blume, et al., 2010, S. 52). Wenn 90 t ha<sup>-1</sup> als 2 % Humusgehalt umgerechnet werden (30 cm Oberboden) (Walg, 2012), entsprechen diese Werte einem Humusgehalt im Mittel von 2.2 bis 4.4 %. Weisskopf rechnet mit 90 t ha<sup>-1</sup> als 3 % Humusgehalt (25 cm Oberboden) (Weisskopf P. , 2019b), was 3.3 bis 6.7 % Humusgehalt in deutschen Ackerböden entsprächen. Für die jeweilige Umrechnung muss die Bodendichte beachtet werden (Oberholzer, 2015, S. 2).

Es gibt noch keinen Referenzwert für Humusgehalte in Schweizer Böden (gemäss Aussage von P. Weisskopf, Forschungsgruppenleiter Bodenfruchtbarkeit / Bodenschutz Agroscope am 17.06.2019). Das mittelfristige Ziel von diversen Interessensvertreter aus Administration, Forschung, Praxis und Lehre ist es, einen solchen Referenzwert zu entwickeln (Müller D. , 2018). Anstatt einen festen Gehalt an organischer Substanz (OS) für den A-Horizont zu empfehlen, sollte die OS in Abhängigkeit vom Tongehalt betrachtet werden (Johannes, Weisskopf, & Boivin, 2018, S. 11). Das Verhältnis zwischen Humus- und Tongehalt im Oberboden hat einen Zusammenhang mit der Strukturqualität des Bodens (Weisskopf, et al., 2018, S. 18).

Aus einer Untersuchung von Dexter et al. (2008) haben Johannes, Weisskopf & Boivin (2018, S. 9) geschlossen, dass das C<sub>org</sub>-Ton-Verhältnis von 10 % (OS-Ton-Verhältnis von 17%) der Komplexbildungskapazität von OS mit Ton entspricht. Im Agrarbericht 2018 wird erwähnt, dass der Humusgehalt mindestens einen Sechstel des Tongehaltes ausmachen sollte für eine gute Bodenstrukturqualität (Weisskopf, et al., 2018, S. 18). Eine Erhöhung des Humusgehaltes

führt meist zu einer Verbesserung der Bedingungen für die Strukturentwicklung und Strukturstabilisierung des Bodens (Weisskopf, et al., 2018, S. 18). Wegen möglichen Nährstoffverlusten wird aber vor einem zu hohen Humusgehalt gewarnt, jedoch ohne konkrete Werte anzugeben (Weisskopf, et al., 2018, S. 21).

Einigen Studien zu Folge, ist ein Zeitintervall von 10 Jahren ausreichend um nach einer Bewirtschaftungsänderung Veränderungen im Humusgehalt des Bodens zu messen (Post & Kwon, 2008; Post, et al., 2001; Saby, et al., 2008; Capriel, 2010, S. 33).

## 2.5 Aktueller Stand Mischkulturen im Gemüsebau

Heute werden Kulturpflanzen in der Landwirtschaft hauptsächlich in Monokulturen angebaut. Von den 1.5 Milliarden Hektare Ackerland weltweit sind 91 % für Monokulturen z. B. aus Mais, Sojabohnen, Reis oder Weizen bestimmt (Altieri, 2009, S. 67).

Nach Schöb (2018) haben die Vorteile von Monokulturen, wie z. B. einfachere maschinelle Bearbeitung, jene der Vielfalt bisher überwogen. Dabei wird aber oft unterschätzt, dass die Einfalt der Monokultur mit viel Arbeit, Ressourcenaufwand und vor allem mit Risiken verbunden ist. Alle Individuen auf einem Monokulturfeld benötigen die gleichen Ressourcen und besitzen exakt die gleichen Fähigkeiten. Spezialisierte Schädlinge können so grosse Schäden anrichten, wie die Kartoffelfäule als Auslöser der Grossen Hungersnot in Irland (1845 - 1849) gezeigt hat. Eine Monokultur funktioniert nur, wenn die Ressourcen und Bedingungen für die Kultur durch externen Input wie z. B. chemische und biologische Dünger sowie Pflanzenschutzmittel ideal vorbereitet und Schädlinge kontrolliert werden.

Laut Picasso et al. (2008, S. 340) können Mischkulturen zudem gleichviel oder mehr Ertrag abwerfen als Monokulturen. Je vielfältiger die Mischkultur, desto höhere Erträge konnten festgestellt werden.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Mischkulturen mehr Biomasse produzieren und einen grösseren Ertrag erbringen als der Durchschnitt ihrer Monokulturen, und dies sowohl in natürlichen als auch in landwirtschaftlichen Systemen (Willey, 1990; Zhu Y., 2000; Zhang & Li, 2003; Li, et al., 2007; Li, et al., 2009; Mommer, et al., 2010).

Bei einem Versuch von 2003 bis 2005 mit 49 Kombinationen von sieben Sorten (Hülsenfrüchte, C3- und C4-Gräser) haben Mischkulturen im Durchschnitt 73 % mehr Ertrag gebracht als Monokulturen auf derselben Fläche (Picasso, et al., 2008, S. 331). Zhang et al. (2014, S. 1725-1726) haben zudem festgestellt, dass die «drei Schwestern» und Mais-Bohnen-Mischkulturen hinsichtlich Biomasse, Nährstoffaufnahme und Ertrag sowohl in fruchtbaren als auch in unfruchtbaren Böden den Monokulturen derselben Pflanzen im Vorteil sind. Li et al. (2007, S. 11192) haben in vierjährigen Feldversuchen bei Mais (*Zea mays L.*) 43 % und bei Ackerbohnen (*Vicia faba L.*) 26 % mehr Ertrag in Mischkultur auf Phosphor armen Böden festgestellt. In einer Untersuchung u. a. mit Tabak, Mais, Getreide und Kartoffeln auf über 15'000 ha in China wurden bis 84 % mehr Ertrag bei Mischkulturen gemessen.

## 2.6 Mehrjähriges Gemüse

Die aktuelle globale Landwirtschaft setzt flächenmässig vorwiegend auf einjährige Kulturen. Derzeit werden mehr als zwei Drittel der globalen Anbaufläche als Monokulturen mit einjährigen Kulturen genutzt (Zhang Y. , et al., 2011 , S. 1142). Bei Gemüse in Deutschland handelt es sich meist um einjährige Pflanzen wie z. B. Blatt-, Kohl-, oder Knollengemüse sowie Hülsenfrüchte (Mensink, Schienkiewitz, & Lange, 2017, S. 52).

Um Zeit und Energie beim Anbau von Gemüse zu sparen, lohnt es sich neben dem Anbau der gebräuchlichen Kulturen auch mehrjährige Gemüse vermehrt anzuschauen. Heutige Gemüse könnten so teils durch etwas ähnliches Mehrjähriges ersetzt werden, wie z. B. der zweijährige Lauch (*Allium porrum*) durch die Blätter der mehrjährigen Winterheckenzwiebel (*Allium fistulosum*).

Verwaltungskosten können durch mehrjährige Kulturpflanzen gesenkt werden, weil sie nicht jedes Jahr neu gepflanzt werden müssen, weniger Fahrten mit landwirtschaftlichen Maschinen und weniger Pflanzenschutz- und Düngemittel benötigen (Gomiero, Pimentel, & Paoletti, 2011, S. 17). Kosten für Unkrautbekämpfungsmittel für einjährige Pflanzenproduktion können das vier- bis 8.5-fache derjenigen Kosten für mehrjährige Kulturpflanzen betragen (Glover, Cox, & Reganold, 2007, S. 84). Das bedeutet weniger Kosten für den Betrieb mit mehrjährigen Pflanzen.

Mehrjährige Kulturen können im Vergleich zu einjährigen Kulturen 50-mal wirksamer dabei sein, den Oberboden zu erhalten. Sie vermögen die N-Verluste 30- bis 50-mal zu reduzieren im Gegensatz zu einjährigen Kulturen. Zudem können sie etwa 300 bis 1'100 kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> einlagern, verglichen mit 0 bis 400 kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> bei einjährigen Kulturen (Glover, Cox, & Reganold, 2007; Tilman, et al., 2002).

Nach Fritz & Hartmann (2015) können mehrjährige Kulturen, angesichts der anhaltenden Klimaveränderung und des möglichen Risikos extremer Witterungsbedingungen, eine gute Ergänzung zu den üblichen einjährigen Kulturen sein. Auch Zhang et al. (2011 , S. 1142) erwähnen, dass mehrjährige Kulturen, im Vergleich zu einjährigen Pflanzenarten, erhebliche ökologische und wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen können. Dabei ist es ihnen möglich, den Boden mehr zu bedecken, sie haben längere Vegetationsperioden und ausgedehntere Wurzelsysteme, was sie wettbewerbsfähiger gegenüber Unkräutern und effektiver bei der Aufnahme von Nährstoffen und Wasser macht.

## 2.7 Randzoneneffekte

Bei der Vorstellung von Bäumen und Sträuchern auf einer Anbaufläche stellt sich schnell die Frage nach dem Einfluss einer möglichen Konkurrenz mit den Kulturpflanzen oder deren Beschattung. Erfahrungen mit diesen sogenannten Randzoneneffekten in solchen Anlagen werden hier dargelegt.

Untersuchungen mit Winterweizen, Hafer und Klee gras haben gezeigt, dass der Ertrag der Kulturen im Nahbereich der Gehölze (5 - 10 m) negativ, in weiter entfernten Bereichen aber positiv von Energieholzstreifen beeinflusst wird. Laut Winterling, Borchert, & Wiesing (2018,



S. 15) wurde der Gesamtertrag durch die Energieholzstreifen nicht beeinflusst, nur die räumliche Ertragsverteilung. Mindererträge nahe den Gehölzen erklären sie sich u. a. aufgrund von Schattenwirkung, Beikrautdruck, Wasser- und Wurzelkonkurrenz, die Ertragssteigerung weiter weg vom Gehölzstreifen, durch Windschutzwirkung der Bäume.

Beobachtungen bei Mais hingegen, haben den geringeren Ertrag an Randzonen von Baumstreifen nicht auf einen direkten Einfluss der Baumreihen (z. B. durch Beschattung), sondern auf eine schlechtere Ausnutzung der Maschinenarbeitsbreiten und auf nicht optimale Verteilung der Düngemittel zurückgeführt (Jäger, 2018a, S. 29).

Nach Mantzanas et al. (2005) konnten in Studien mit 15-jährigen, schnellwachsenden Pappelhybriden (*Populus spp.*) in den Baumreihen keine Unterschiede beim Ertrag von Hartweizen in unterschiedlichen Abständen der Bäume festgestellt werden.

Beim Übergang von Baumstreifen zu Ackerfläche kann ein Blühstreifen zusätzliche Vorteile bringen. Blühstreifen sind mindestens 100-tägige mit einheimischen Wildblumen und Kulturpflanzen angesäte Biodiversitätsförderflächen (Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge, 2018). Bestäuber und andere Nützlinge werden damit durch ein reichhaltiges Nahrungsangebot gefördert. Blühstreifen können als Biodiversitätsförderfläche «Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge» mit dem Code 572 angerechnet werden, wobei die einzelne Fläche max. 5'000 m<sup>2</sup> betragen kann (Benz & Jucker, 2015, S. 1).

Nützlinge wie etwa Marienkäfer, Laufkäfer oder Schwebfliegen (Blühstreifen reduzieren Schädlinge, 2015) werden mit dem Nahrungsangebot durch mit 13 bis 16 Wild- und Kulturpflanzenarten wie Kornblume, Koriander, Buchweizen, Mohn und Dill gefördert (Nützlingsblühstreifen, ohne Datum).

Die Bestände von Blattläusen in Kartoffelfeldern wurden durch die Förderung der Nützlinge mithilfe der Blühstreifen in Praxisversuchen um 77 % reduziert (Blühstreifen für Nützlinge lohnen sich, 2017). Weitere Versuche haben gezeigt, dass die Schäden des Getreidehähnchens in Winterweizenfeldern durch Blühstreifen um 61 % vermindert werden konnten (Nützlingsblühstreifen, ohne Datum).

## 2.8 Fazit

Agroforstsysteme waren in der Schweiz traditionell in die Landwirtschaft integriert. Nachdem die Bäume aus rationellen Gründen entfernt wurden, erkennt man heute wieder die vielfältigen Vorteile die Bäume haben können. Positive Einflüsse auf Biodiversität, Boden, Klima, Luft und Wasser, im Zusammenhang mit den aktuellen Umweltproblemen, wecken wieder das Interesse an dieser Nutzungsform.

Dass der Bund das System Agroforst u. a. als Massnahme gegen den Klimawandel aufgeführt hat und das Pflanzen von Bäumen heute mit Direktzahlungen fördert, zeigt, dass solche Systeme wieder angestrebt werden. Sie können bei der Lösung verschiedener landwirtschaftlicher Probleme wie z. B. Erosion oder Nährstoffauswaschung mithelfen. Auch in den globalen Sustainable Development Goals (SDG) der UN kann Agroforst bei der Erreichung mehrerer Ziele mithelfen.

Um Agroforst in gemässigten Klimazonen zu fördern, braucht es mehr Betriebe, die aufzeigen, dass solche Systeme funktionieren, sowie ökologisch und ökonomisch Sinn machen. Der Eichhof könnte ein solcher Betrieb sein.

Neben Gegebenheiten wie Platz, Klima- und Bodeneignung, oder dem verfügbare Zeithorizont von mindestens 15 Jahren (Newman, Pilbeam, & Briggs, 2018, S. 88), hängt der Erfolg eines Agroforstsystems auch von den Betreibern ab. Folgende Faktoren sind dabei laut M. Jäger (Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019) und dem Schlussbericht des Agroforst Netzwerks der Schweiz (Jäger, 2019b) in der Schweiz massgebend. Die Landwirtin oder der Landwirt ...

- steht hinter dem System und kann es verteidigen und begründen.
- macht es aus Überzeugung und nicht nur wegen Direktzahlungen.
- hat Freude an der Biodiversität und an Bäumen.
- bekommt eine finanzielle Abgeltung für ihr Agroforstsystem. Dies erfolgt in der Schweiz heute über Direktzahlungen.
- bemerkt eine sichtbare Verbesserung auf dem Betrieb, die unmittelbar mit den Baumpflanzungen zusammenhängt. Dies kann z. B. eine bessere Krümelstruktur oder noch vorhandene Feuchtigkeit im Boden während einer Hitzeperiode sein.
- hat Freude an der Bewirtschaftung.
- hat Freude an Strukturen in der Landschaft.
- sieht den Vorteil der Diversifizierung der Produktionsfläche (höhere Wertschöpfung).
- schätzt die Kombination von Ökologie und Ökonomie.
- schafft gerne bleibende Werte auf dem Acker, wo sonst nur einjährige Kulturen stehen.
- ist motiviert für sensibilisierte Kunden bei regionaler Vermarktung.

Auf dem Eichhof wird ein silvoarables System geplant (Kapitel 2.1). Das System soll mit mehreren Kulturen und Nutzungen abgestützt sein. Alle möglichen Nutzungsformen mit der Kombination von Frucht (intensiv oder extensiv) und Wertholz können hier interessant sein. Erfahrungen bisheriger Systeme und Empfehlungen von Fachleuten werden berücksichtigt, so wie auch die Langfristigkeit einer solchen Agroforstanlage.

Agroforstsysteme bieten zum Beispiel den Vorteil, dass die Pflegemassnahmen in einer Zeit im Jahr gemacht werden können, in der die Hauptsaison grösstenteils vorbei ist und sich solche Pflegearbeiten besser einteilen lassen. Bestehende Systeme werden als Ideen genutzt, wie z. B. die Kombination von Bäumen mit Schnittblumen und Rhabarber in der Baumreihe. Die Blumen blühen, wenn noch keine Lichtkonkurrenz mit den Blättern der Bäume vorhanden ist und helfen zudem unerwünschte Beikräuter zu unterdrücken (Westaway & Smith, 2017). Oder Zitronenmelisse zwischen Kirschbäumen, die hilft Blattlausangriffe zu verringern, was den Bedarf an Pestiziden in Forstplantagen und damit negative Umweltauswirkungen reduziert (Mosquera Losada, et al., 2017).

Negative Punkte, die einer Integration von Agroforst in der Landwirtschaft im Weg stehen könnten, werden bei der weiteren Planung beachtet, wie:

- Kosten und Aufwand
- Langfristige Kapitalbindung
- Beschädigung von Drainagerohren
- Agroforst ist noch eine Nische

Wildobst als Lieferant von gesuchtem und wertvollem Holz und nutzbaren Früchten wird weiter betrachtet. Zudem ist der Aufwand für deren Erziehung wesentlich geringer als bei veredelten Hochstamm-Obstbäumen. Birnbäume werden nicht eingeplant, da sie anfällig auf Feuerbrand sind. Kopfbäume werden nur eingeplant, wenn sie als Energieholz genutzt werden können, da sie ausser den Direktzahlungsbeiträgen keinen interessanten ökonomischen Mehrwert bieten.

Um den Boden zu schonen, wird anstelle des bis anhin in Agroforstsystemen oft genutzten Pfluges eher eine leichte Bodenbearbeitung und wenn nötig ein Wurzelschnitt verfolgt. Bei der Ausrichtung der Baumstreifen wird die Beschattung wie auch die Bearbeitbarkeit beachtet. Die Baumdicke resultiert aus dem Einhalten der empfohlenen Abstände aus bestehenden Systemen, den Regelungen des Direktzahlungssystems und den Gegebenheiten vor Ort. Als Anhaltspunkt dienen die von Kaeser et al. (2010a, S. 3) genannten 50 bis 100 Bäume pro Hektare. Die Breite der Baumstreifen soll, wo möglich, nicht weniger als zwei Meter betragen. Für den Abstand zwischen den Baumreihen werden die Arbeitsbreiten des Betriebes beachtet, so dass keine Mehrfahrten nötig sind (Kaeser A., et al., 2010a, S. 3), die Empfehlungen von Kaeser et al. (2010a, S. 4) über einen Reihenabstand von 14 bis 28 m, sowie die Vorgaben der Direktzahlungen für die Agroforstanlage als «Obstgarten» mit Qualität, welche nicht mehr als 30 m betragen darf (Jäger, 2016, S. 5).

Der Abstand der Bäume in den Baumstreifen muss so gewählt werden, dass die Bäume im erntereifen Zustand noch genügend Platz nebeneinander haben. Zudem werden die Vorgaben für eine Anrechnung der Bäume als ökologische Ausgleichsfläche von mind. zehn Metern beachtet (Jäger, ohne Datum). Mit etwa 11 m wird bei allen Bäumen dieser Abstand in etwa eingehalten. Weiter werden die bestehenden Gesetze zu den Abständen von Bäumen beachtet, wie die Distanz zu Nachbargrundstücken, welche vom Grossen Rat des Kantons Bern (Der Grosse Rat des Kantons Bern, 2019) festgelegt werden. Auch empfohlene Abstände zu Wegen werden berücksichtigt. Jäger (2016, S. 14) gibt als Abstand von einem Weg bei Speierling z. B. 6 m an.

Einige Strukturelemente wie Ast- oder Steinhaufen werden mit eingeplant, um nach Direktzahlungsverordnung (DZV) die Biodiversitäts-Qualität II für Hochstamm-Obstgärten zu erreichen. Die Gefahr einer Beschädigung von Drainagerohre durch die Wurzeln soll berücksichtigt werden, wie auch eine Funktion der Baumreihen als Windschutz. Dabei soll die Baumreihe immer etwas Wind passieren lassen, um grössere Luftverwirbelungen zu verhindern, die den Kulturen schaden könnten (Verheij, 2003, S. 41).

Es werden Pflanz Muster gewählt, welche die Kombination von mehreren Kulturen mit einer möglichst einfachen Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit erlaubt. Wo es keinen Waldrand näher als 15 m von der Baumreihe entfernt hat, sollen Ansitzstangen in die Baumreihen integriert werden (Bender, et al., 2009, S. 20).

### **Ökologie**

Agroforstsysteme bieten vielseitige ökologische Vorteile, welche in die Planung einfließen sollen, wie zum Beispiel das Vernetzen von Lebensräumen (BAFU, 2017). Durch Windschutz, Hochstamm-Feldobstbäume und zusätzliche Strukturen wie Asthaufen werden neue Habitate für Bestäuber und Nützlinge geschaffen (Kay, et al., 2018; Verheij, 2003, S. 13; Jose, Gold, & Garret, 2018, S. 52). Auch die Nutzung von Futterlaub für die Rinder wird berücksichtigt.

Das Agroforstsystem soll als Massnahme zum Schutz vor Nitratausträgen (Jäger, 2016, S. 8) und zur Reduktion von Nitratauswaschung genutzt werden (Wolza, Branham, & DeLucia, 2018; Manevski, et al., 2019; Kay, et al., 2018). Ebenso soll der Phosphorausstrag reduziert werden (Schoumansa, et al., 2014). Bäume werden als Ammoniak-«Filter» verwendet (Patterson, et al., 2008) und tragen durch ihre Funktion als Kohlenstoffsenken einerseits dazu bei, die Zunahme von atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentrationen zu verlangsamen und andererseits den Klimawandel einzudämmen (Lorenz & Lal, 2014).

Die Gehölze werden genutzt um Bodenstabilität zu erhöhen (Murphy, 2015), Erosion zu reduzieren und Nährstoffe zurückzuhalten (McIvor, et al., 2014; Verheij, 2003, S. 13; Jose, Gold, & Garret, 2018, S. 52; Newman, Pilbeam, & Briggs, 2018, S. 74; Kay, et al., 2018). Als Nährstoffpumpe wirken die Bäume förderlich für die angrenzenden Kulturpflanzen (Verheij, 2003, S. 13). Mit mikroklimatischen Verbesserungen durch die Baumreihen soll die Wasserhaltekapazität erhöht, dem Boden Schatten gespendet und den Boden so länger feucht gehalten werden (Alam, et al., 2014; Sánchez & McCollin, 2015; Verheij, 2003, S. 13; Jose S., 2009).

Um diese vielseitigen ökologischen Vorteile aus Kapitel 2.2 zu nutzen, werden mehrjährige und einheimische Pflanzen eingesetzt. Zusätzliche Biotope in den Baumstreifen erweitern das Angebot für die lokale Fauna. Stickstoffsammler sollen den Stickstoffauswaschungen entgegenwirken.

### **Ökonomie**

Die Annuitätenmethode wird für die Beurteilung des Agroforstsystems genutzt (Albisser, 2018). Mit ihr wird ein jährlicher Mehrertrag berechnet, den die Investition bringt. Es wird mit einem aktuellen Diskontierungssatz von 1 % gerechnet (Jäger, 2019b, S. 19). Der Zeitraum, in dem ein Ertrag eingefahren werden kann, ist abhängig von der Nutzung und wird berücksichtigt. Durch Unterkulturen mit Ertrag, wie Beeren oder Kräuter, sollen die Einkommensverluste von eins bis fünf Prozent in den ersten Jahren einer Obstanlage überbrückt werden (Kaeser A., et al., 2010a, S. 5). Kräuter als Unterkultur sind interessant, da die Nachfrage nach Schweizer Bio Kräutern gross ist.

Die Unterkulturen sollen vom Mikroklima der Bäume profitieren und deren ökonomische Produktion verbessern (Garrett, 2009). Das Risiko kann so auf zwei oder mehr Kulturen verteilt werden (Jäger, ohne Datum; Bender, et al., 2009, S. 38). Der Nachteil, dass Bäume Jahre benötigen bis sie eine effektive Grösse erreichen, kann so ebenfalls überbrückt werden.

Mit dem Agroforstsystem als halboffene Landschaft, soll die Direktvermarktung und Anlässe wie Kurse oder Führungen gefördert werden, da diese von der Bevölkerung sehr geschätzt und als schön empfunden wird (Kaeser, et al., 2010b, S. 10). Für den Aufbau des Systems werden diverse Kosten berücksichtigt wie jene für Pflanzmaterial, Baumschutz, Pflanzkosten, Ausmessen der Parzelle, Pflege und Düngung der Baumstreifen, Ästung von Wertholzbäumen und ein Zeitzuschlag von ca. 10 % für alle landwirtschaftlichen Arbeitsgänge. Ein mögliches Ausfallrisiko der Pflanzen sollte berücksichtigt werden. Bei Wertholzbäumen wird, wo möglich, mit günstigen Forstpflanzen gearbeitet.

Da gemäss S. Kay (Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019) Direktzahlungen die derzeit grösste Unterstützung für Agroforstsysteme sind, werden deren Regeln beachtet. Zum Beispiel darf der Maximalabstand zwischen den Obst- oder Nussbäumen maximal 30 m sein, damit die Qualitätsstufe II bei Obst- und Nussbäumen erreicht wird (BLW, 2018b, S. 18).

Ein Agroforstsystem wirft einige Jahre nach der Installation einen höheren Ertrag ab als zu Beginn. Die Wirtschaftlichkeit wird deshalb über einen längeren Zeitraum von 50 oder mehr Jahren betrachtet. Der Faktor der Risikominimierung durch mehrere Kulturen, sowie die Direktzahlungen als wichtiger Unterstützungsfaktor soll in der Planung der Anlage so weit wie möglich berücksichtigt werden. Auch neue Ansätze, wie Einnahmen beispielsweise über Humuszertifikate, werden in Betracht gezogen (Kapitel 2.3).

### **Humus**

Die Fachwelt ist sich noch nicht einig, wieviel Humusgehalt in einem landwirtschaftlich genutzten Boden genau erstrebenswert ist. Einig ist man sich jedoch, dass er in den betreffenden Böden der Schweiz meist zu tief ist, und dass sich ein Aufbau in vielen Belangen ökologisch und über die Fruchtbarkeit am Ende auch ökonomisch lohnt (Kapitel 2.4). Nach BAFU (2017, S. 71) sieht das Schweizer CO<sub>2</sub>-Gesetz vor, dass nach 2020 Massnahmen für die Erreichung der Klimaziele, wie z. B. über den Humusgehalt der Böden, definiert werden können. Der Humusgehalt des Bodens ist als wichtiges Kriterium für dessen Beurteilung allgemein anerkannt (Fliessbach, Bünemann-König, & Mäder, 2019).

Aufgrund von grosser Heterogenität ist die Berechnung und Überprüfung eines Zielwerts für den Humusgehalt schwierig. Die Berechnung mit einem Humusbilanzierungsprogramm kann die Masse an organisch gebundenem Kohlenstoff im Boden nicht aufzeigen (gemäss Aussage von P. Weisskopf, Forschungsgruppenleiter Bodenfruchtbarkeit / Bodenschutz Agroscope am 17.06.2019). Dazu wäre ein komplexeres C-Simulationsprogramm nötig (Oberholzer, 2015, S. 11). Es wird aus Zeitgründen davon abgesehen, dies im Rahmen dieser Arbeit zu versuchen. Ziel soll trotzdem sein, mit der geplanten Anlage Humus aufzubauen.

Anstatt eines festen Gehalts an organischer Substanz (OS), wird dieser in Abhängigkeit vom Tongehalt betrachtet (Johannes, Weisskopf, & Boivin, 2018, S. 11). Hier wird mit einem OS-Ton-Verhältnis von 17 % gerechnet. Das Zeitintervall von zehn Jahren scheint ausreichend zu sein, um nach einer Bewirtschaftungsänderung Veränderungen im Humusgehalt des Bodens zu messen (Post & Kwon, 2008; Post, et al., 2001; Saby, et al., 2008; Capriel, 2010, S. 33). Allenfalls müssen für Humuszertifikate hier kürzere Zeitabstände beachtet werden.

### **Mischkulturen**

Es wird ein Anbau in Mischkultur vorgesehen, um dessen positiven Eigenschaften wie potenzieller Mehrertrag und Schutz vor Schädlingen zu nützen (Kapitel 2.5). Laut Picasso et al. (2008, S. 340) werfen diese gleichviel oder mehr Ertrag ab als Monokulturen. Dies und die Erkenntnis, dass Mischkulturen mehr Biomasse produzieren, bestätigen auch andere Studien (Willey, 1990; Zhu Y., 2000; Zhang & Li, 2003; Li, et al., 2007; Li, et al., 2009; Mommer, et al., 2010).

### **Mehrjähriges Gemüse**

Es sollen vorwiegend mehrjährige Pflanzen für die Baumstreifen eingeplant werden. Die ökologischen und ökonomischen Vorteile gegenüber einjährigen Kulturen überzeugen. Sie sind ein guter Risikoausgleich zum einjährigen Anbau (Kapitel 2.6). Die Kosten für Unkrautbekämpfungsmittel sind um ein Vielfaches kleiner als mit einjährigen Kulturen (Glover, Cox, & Reganold, 2007, S. 84). So können Kosten gespart werden. Hinzu kommt, dass mehrjährige Kulturen im Vergleich zu einjährigen Kulturen wirksamer sein können den Oberboden zu erhalten, N-Verluste zu reduzieren und Kohlenstoff einzulagern (Glover, Cox, & Reganold, 2007; Tilman, et al., 2002). Eine grössere Bodenbedeckung macht diese Kulturen zudem wettbewerbsfähiger gegenüber Unkräutern und effektiver bei der Aufnahme von Nährstoffen und Wasser.

### **Randzoneneffekte**

Um Nützlinge durch ein reichhaltiges Nahrungsangebot zu fördern werden Blühstreifen, wie in Kapitel 2.7 beschrieben, beim Übergang von Baumstreifen zu Ackerfläche mit eingeplant. Diese werden über Direktzahlungen unterstützt. Da mögliche Randzoneneffekte auf eine schlechtere Ausnutzung der Maschinenarbeitsbreiten und auf nicht optimale Verteilung der Düngemittel zurückgeführt werden (Jäger, 2018a, S. 29), werden nur die erhöhten Arbeitsaufwände einberechnet und kein Ertragsausfall auf der Ackerfläche durch die Baumstreifen.

## 3 Material und Methoden

Der Standort hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl und Gestaltung eines Agroforstsystems. Eine sorgfältige Beurteilung zu Beginn einer Agroforstplanung ist deshalb von grosser Bedeutung. Sie bestimmt die Auswahl der Pflanzen und Tiere im Agroforstsystem und beeinflusst so die ökologische Situation wie auch die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Anbausystems.

Die Grundlagen für die Beurteilung resultieren aus Erkenntnissen von Kapitel 2. Das Resultat der Anwendung der hier beschriebenen Materialien und Methoden wird in Kapitel 4 ersichtlich. Zu allen beschriebenen Punkten in diesem Kapitel werden zusätzlich Einschätzungen von Fachpersonen eingeholt. Dies geschieht über Interviews oder Anfragen per Email. Die gewonnenen Informationen fliessen in alle Teilbereiche des Kapitels 4 ein.

### 3.1 Standort

Der Standort für das zu planende Agroforstsystem ist die Grundlage, quasi das zur Verfügung stehende Material für die Arbeit. Die Daten des Betriebes werden hier beschrieben. Sie fliessen in die Planung der Fläche ein und beeinflussen die Ergebnisse in Kapitel 4.3. Erhoben wurden sie über Interviews mit dem Betriebsleiter, Internetrecherchen und die Suisse-Bilanz des Betriebs.

Die Planung wird für den Brunner Eichhof in Spins bei Aarberg im Kanton Bern gemacht. Der Gemüse- und Ackerbaubetrieb wird seit 2010 in der 6. Generation von Lorena und Stefan Brunner bewirtschaftet. 2010 haben sie den Hof mit 18.62 ha deklarerter Landwirtschaftsfläche auf Bio umgestellt. Der Betrieb befindet sich in der Talzone (Code 31). Neben diversem Spezialgemüse wie u. a. Speisefarn (Fiddleheads), Sauerklee, Quinoa oder Melothria, produzieren sie z. B. auch Urgetreide, Bohnen, Hirse, Kräuter und veredelte Produkte wie z. B. Konfitüre, Sirup, Teemischungen oder Dörrfrüchte. Viele der angebauten Pflanzen sind ProSpecieRara-Sorten.

Der vielseitige Hof mit einer modernen Webseite ([www.brunnereichhof.ch](http://www.brunnereichhof.ch)) hat innovative Produkte entwickelt, wie eine Jäthilfe, den Jät-Ferrari oder eine App mit dem Namen «Bionär» ([www.bionär.ch](http://www.bionär.ch)). Mit dieser kann der Kunde Anbaufläche mieten, bestimmen was darauf angebaut wird, den Fortschritt beobachten und schliesslich die gesamte Ernte dieser Fläche beziehen.

Die Produkte werden über Biofarm oder direkt vermarktet. Die Direktvermarktung geschieht online ([www.vombiohof.ch](http://www.vombiohof.ch)), über Diversitas oder im Hofladen vor Ort. Der Eichhof beliefert auch Gourmetköche mit Spezialgemüse, etwa je zur Hälfte im Berner Seeland und in Zürich.

Eine wichtige Einnahmequelle ist die Lohnjäterei. Von Mai bis Oktober arbeiten deshalb nebst den Festangestellten u. a. viele Saisoniers, Praktikanten, Tagelöhner und die Familie Brunner gemeinsam auf dem Eichhof.

Auf dem Hof werden auch Events durchgeführt, wie z. B. Brunches, Hochzeiten, Abendessen mit Mehrgangmenüs, die von externen Gourmetköchen mit Produkten vom Hof zubereitet

werden ([www.farmtable.ch](http://www.farmtable.ch)) oder die Bauernhof-Olympiade. Weitere Einnahmequellen sind die Verarbeitung von Getreide, die Betreuung von Menschen und Agrotourismus.

Folgende auf dem Hof vorhandenen Arbeitsgeräte und deren Arbeitsbreite sind für das Agroforstsystem relevant:

- Mähdrescher - 2.7 m breit
- Sähmaschine - 2.5 m breit (Scheibenschar für Gras und Getreide)
- Mähtraktor - 1.5 m breit

Der Abstand zwischen den Baumreihen sollte ein Vielfaches der Arbeitsbreite von den auf dem Hof verwendeten Geräte sein, da man hier am wenigsten flexibel ist. Der Eichhof rechnet hier mit einer Arbeitsbreite von 3 m (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019).

Laut Suisse-Bilanz des Eichhofs vom 20.03.2019 wurden 2018 22 % des gesamtbetrieblichen Bedarfs an verfügbarem Stickstoff ( $N_{\text{verf}}$ ) und 61 % desselben Bedarfs an Phosphor (in Form von  $P_2O_5$ ) als Hofdünger zugeführt. Knapp 31 %  $N_{\text{verf}}$  und kleine Anteile an Phosphor und Kalium wurden zudem in Form von Mineraldüngern wie Condit oder Sedumin 14 % zugeführt.

Tabelle 1 - Gesamtbetriebliche Übersicht ausgewählter Nährstoffe der Nährstoffbilanz (Zahlen aus der Suisse-Bilanz des Hofes vom 20.03.2019)

	$N_{\text{verf}}$ [kg]	$P_2O_5$ [kg]	$K_2O$ [kg]
<b>Nährstoffbedarf der Kulturen</b>	1'519	784	2'430
<b>Zufuhr von Hofdüngern</b>	339	478	0
<b>Zufuhr übrige Dünger</b>	469	16	16

### 3.2 Standortbeurteilung

Die Gegebenheiten eines Standorts beeinflussen die Planung einer Agroforstanlage und die Pflanzenwahl. Hier werden die Informationen beschrieben, die für die Erhebung der Gegebenheiten auf dem Eichhof genutzt werden.

Die Standortbeurteilung erfolgt anhand von Boden, Topografie, Klima und den Defizitkarten von Agroscope. Die erhobenen Parameter, die für die Planung beachtet werden, und deren Quellen sind in Tabelle 2 aufgelistet. Die erhobenen Daten werden im Kapitel 4.1 dargestellt.

Tabelle 2 - Parameter für die Standortanalyse

Parameter	Daten	Quellen
<b>Wind</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit [<math>m\ s^{-1}</math>]</li> <li>• Windrichtung der stärksten Winde [<math>^{\circ}</math>]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bundesamt für Energie (geo.admin.ch)</li> </ul>
<b>Temperatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittlere Jahrestemperatur [<math>^{\circ}C</math>]</li> <li>• Prognostizierte Temperaturentwicklung [%]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bundesamt für Meteorologie</li> <li>• Klimatologie MeteoSchweiz</li> <li>• National Centre for Climate Services NCCS</li> </ul>



<b>Niederschlag</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jahresniederschlag [<math>\text{mm a}^{-1}</math>]</li> <li>• Prognostizierte Niederschlagsentwicklung [%]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bundesamt für Meteorologie</li> <li>• Klimatologie MeteoSchweiz</li> <li>• National Centre for Climate Services NCCS</li> </ul>
<b>Spatenprobe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur</li> <li>• Gefüge</li> <li>• Belebung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbst erhoben</li> </ul>
<b>Bodenanalyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humusgehalt [%]</li> <li>• Tongehalt [%]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenanalyse vom LaborIns von 2015</li> </ul>
<b>Gefährdungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahrenzonen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geoportal des Bundes (geo.admin.ch)</li> </ul>
<b>Klimaeignung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eignungstyp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geoportal des Bundes (geo.admin.ch)</li> </ul>
<b>Bodeneignung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eignungstyp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geoportal des Bundes (geo.admin.ch)</li> </ul>
<b>Topografie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefälle [%]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geoportal des Bundes (geo.admin.ch)</li> </ul>
<b>Bodenbearbeitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angewandte Methoden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Befragung Betriebsleiter</li> </ul>
<b>Kulturen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle Kulturen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Befragung Betriebsleiter</li> </ul>
<b>Defizitkarten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defizite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroscope</li> </ul>

### 3.3 Humusbilanzierung

Das Thema Humus und dessen Beurteilung ist heute sehr aktuell (siehe Kapitel 2.4). Eine einfache Methode wie die Humusbilanzierung von Agroscope beachtet nur die abgestorbene organische Bodensubstanz, jedoch ohne die gesamte organische Bodensubstanz miteinzubeziehen (Weisskopf P., 2019a). Um die Humusmenge im Boden abschätzen zu können ist ein C-Simulationsprogramm notwendig. Diese komplexere Simulation mit einem Programm wie Roth-C kann aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

Die aktuellen Humusgehalte der Parzellen werden mit empfohlenen Werten der Forschung verglichen. Für die Beurteilung der Entwicklung des Humus durch die geplante Agroforstanlage wird eine Recherche in Fachliteratur gemacht. Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.5 dargestellt.

Der Fortschritt eines möglichen Humusaufbaus sollte immer an derselben Stelle überprüft werden, da der Boden sehr heterogen ist. Dafür gibt es Unternehmen, welche die Proben maschinell und GPS gesteuert vornehmen können (siehe [www.bodenproben.ch](http://www.bodenproben.ch)).

### 3.4 Vorgehen Planung der Fläche

Für die Planung einer Agroforstanlage sollten folgende Punkte beachtet werden (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 162):

- **Gesetzliche Vorgaben oder Einschränkungen**  
Hier werden Vorgaben wie z. B. Pflanzenabstände anhand der Verordnung für Direktzahlungen beachtet.  
Für Biodiversitätsbeiträge wird mit der Wegleitung zu «Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb» von Agridea (Caillet-Bois, et al., 2019) und mit dem Überblick zu «Direktzahlungen an Schweizer Ganzjahresbetriebe» vom BLW (2018b) gearbeitet.  
Für Landschaftsqualitätsbeiträge werden die Massnahmenblätter für Landschaftsqualitätsbeiträge des Kantons Bern berücksichtigt (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, 2017).
- **Einzuhaltende Abstände zum Nachbarn**  
Die Grenzabstände zu den Nachbargrundstücken sind kantonal geregelt. Es wird das Gesetz betreffend der Einführung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (EG ZGB) des Grossen Rats des Kantons Bern beachtet (Der Grosse Rat des Kantons Bern, 2019)
- **Welche Nutzung soll erreicht werden (z. B. Obst, Nuss, Holz)**  
Dies wird anhand einer Analyse des Standorts, des bestehenden Betriebskonzepts (Kapitel 4.1) und mittels Interviews mit dem Betriebsleiter (Kapitel 4.2) erarbeitet.
- **Jährlicher Pflege- und Ernteaufwand**  
Der Aufwand wird mittels Erfahrungswerten aus einer Literaturrecherche abgeschätzt. Dazu werden Dokumente wie z. B. der Bericht «Agroforstsysteme - Hochstamm-, Wildobst und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren» von Agridea (Jäger, 2016) zu Hilfe genommen.
- **Geeignete Pflanzen für die lokalen Bedingungen**  
Siehe Kapitel 3.5
- **Grösse der Bäume in der Zukunft**  
Recherche der maximalen Grösse der Gehölze in Literatur wie Flora Helvetica (Lauber, Wagner, & Gygax, 2012) oder in Merkblättern wie «Unsere einheimischen Heckenpflanzen» von Agridea (Benz, et al., 2015).

Nach Jäger (Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019) gibt es zudem noch folgende Entscheidungen zu treffen:

- **Wahl des Systems**  
(Silvoarabel, Silvopastoral, usw.)  
Dies wird anhand einer Analyse des bestehenden Betriebskonzepts (Kapitel 4.1) und mittels Interviews mit dem Betriebsleiter (Kapitel 4.2) erarbeitet.
- **Anzahl Kulturen**  
(Nur eine Baumart oder mehrere Arten)  
Dies wird anhand einer Analyse des bestehenden Betriebskonzepts (Kapitel 4.1) und mittels Interviews mit dem Betriebsleiter (Kapitel 4.2) erarbeitet

- **Aufbau**  
(Natürliche Regeneration, individuelle Pflanzung oder hohes Fehlerrisiko)  
Dies wird anhand einer Analyse des bestehenden Betriebskonzepts (Kapitel 4.1) und mittels Interviews mit dem Betriebsleiter (Kapitel 4.2) erarbeitet
- **Pflanzen Anordnung**  
(Baumdichte, Muster der Ausrichtung, etc.)  
Dies wird anhand einer Analyse des Standorts (Kapitel 4.1) und mittels Literaturrecherche erarbeitet. Dazu werden Dokumente wie z. B. der Bericht «Agroforstsysteme - Hochstamm-, Wildobst und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren» von Agridea (Jäger, 2016) oder «Edible Forest Gardens - Design & Practice» (Jacke & Toensmeier, 2005) zu Hilfe genommen.
- **Baumschutz**  
(Schutz gegen Verbiss, Scheuern oder Mäuse, Pflanzpfosten)  
Dies wird anhand Interviews mit Fachpersonen und mittels Literaturrecherche erarbeitet. Dazu werden Dokumente wie z. B. der Bericht «Agroforstsysteme - Hochstamm-, Wildobst und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren» von Agridea (Jäger, 2016) zu Hilfe genommen.
- **Ernte**  
(Enges Zeitfenster für Ernte wegen Ackerkulturen, Platz zum Manövrieren, etc.)  
Dies wird anhand einer Analyse des bestehenden Betriebskonzepts (Kapitel 4.1) und mittels Interviews mit dem Betriebsleiter (Kapitel 4.2) erarbeitet
- **Bodenqualität**  
(Saurer Boden, sandiger Boden, usw.)  
Dies wird anhand bestehender Bodenanalysen (Anhang A) und praktischer Untersuchung mit Spatenproben (Anhang B) erhoben.
- **Bewirtschaftung**  
(Zum Beispiel manuell oder maschinell)  
Dies wird anhand einer Analyse des bestehenden Betriebskonzepts (Kapitel 4.1), mittels Interviews mit dem Betriebsleiter (Kapitel 4.2) und mittels Literaturrecherche erarbeitet. Dazu werden Dokumente wie z. B. der Bericht «Agroforstsysteme - Hochstamm-, Wildobst und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren» von Agridea (Jäger, 2016) zu Hilfe genommen.

### Wünsche Betriebsleiter

Die Erhebung der Ziele und Wünsche der Betriebsleiter erfolgt durch eine Befragung in Form eines Interviews. Darin wird die W-Fragen Methode verwendet, mit der komplexe Aufgabenstellungen in wesentliche Bestandteile aufgeteilt und übergeordnete Zusammenhänge erkannt werden können (W-Fragen-Methode, 2015):

- Wer?
- Was?
- Warum?
- Wofür?
- Wo?
- Wann?
- Wie viel?
- Womit?
- Wie?

Die W-Fragen werden in Form eines Interviews mit dem Betriebsleiter erhoben. Die Ergebnisse fliessen in das Kapitel 4.2 ein. Die Resultate der Planung ist im Kapitel 4.3 erläutert.

### 3.5 Kriterien für die Pflanzenauswahl und Kombination

Um eine Selektion an Pflanzen für die Planung zu erstellen, werden hier die Kriterien und Methoden aufgeführt. Alle nachfolgend aufgelisteten Kriterien werden für die Pflanzenauswahl in Kapitel 4.4 beachtet:

- Schnellwachsende Pflanzen nutzen, um eine hohe Produktion zu erhalten (Verheij, 2003, S. 51)
- Bäume mit einer lichtdurchlässigen Krone verwenden (Verheij, 2003, S. 51; Kaeser A. , et al., 2010a). Stark beschattende Bäume wie Buchen oder Linden vermeiden (Bender, et al., 2009, S. 29).
- Eher tief- als flachwurzelnde Pflanzen verwenden (Verheij, 2003, S. 51; Kaeser A. , et al., 2010a)
- Arten einsetzen, die Stickstoff fixieren (Verheij, 2003, S. 51)
- Gehölze verwenden, die eine gute Reaktion auf regelmässigen Rückschnitt haben (Verheij, 2003, S. 51)
- Pflanzen nehmen, die passend sind zu Klima und Lage (Verheij, 2003, S. 51).
- Wenn die Sequestrierung von Bodenkohlenstoff gefördert werden soll, müssen Baumarten mit einem hohen Verhältnis von Wurzelbiomasse zu oberirdischer Biomasse und stickstofffixierende Bäume gepflanzt werden (Lorenz & Lal, 2014). Wälder mit stickstofffixierenden Bäumen lagern in der Regel mehr Kohlenstoff ein als ähnliche Wälder ohne solche Bäume (Resh, Binkley, & Parro, 2002; Johnson & Curtis, 2001).
- Schnellwachsende Gehölzarten für effiziente Kohlenstoffbindung und Humusaufbau einplanen (Jäger, 2018b)
- An der Grenze zu Guschthügel beim Längacker eine Futterlaubhecke als zusätzliche Futterquelle für die Rinder einplanen (Jäger, 2018b).
- Pflanzen nutzen, die vorhandene Defizite ausgleichen können (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019).
- Pflanzen einsetzen, die einen ökologischen und / oder ökonomischen Nutzen für den Betrieb darstellen.
- Pflanzen zusammen pflanzen, deren Wurzelsysteme sich nicht konkurrenzieren, wie in Abbildung 13 Beinwell und Obstbäume (Crawford, 2012, S. 118).



Abbildung 13 - Beinwell (*Symphytum sp.*) unter einem Pflaumenbaum (Crawford, 2012, S. 118)

Als Methode für die Auswahl der Pflanzen, werden bestehende Agroforstsysteme betrachtet und in der Literatur und im Internet nach passenden Sorten recherchiert. Ein Beispiel einer Internetquelle ist die Agroforestree Datenbank des World Agroforestry Centre ICRAF (ehemalig «International Centre for Research in Agroforestry»), die über 600 für Agroforst geeignete Baumarten beinhaltet ([www.worldagroforestry.org](http://www.worldagroforestry.org)). Beispiele für Literatur sind Flora Helvetica (Lauber, Wagner, & Gyax, 2012) oder das Merkblatt «Unsere einheimischen Heckenpflanzen» von Agridea (Benz, et al., 2015). Für die Planung werden Kategorien nach der Nutzung der Pflanzen gemacht, wie z. B. Obstbäume, Kräuter, Beeren.

### 3.6 Vorgehen zur ökologischen Bewertung

Für die Überprüfung, ob ein Agroforstsystem ökologisch einen Mehrwert darstellt, soll eine ökologische Bewertung des Konzepts gemacht werden. Das hier beschriebene Vorgehen wird für die ökologische Bewertung in Kapitel 4.6 angewendet. In einer Literaturrecherche soll der Einfluss durch Agroforstsysteme, Bäume, Sträucher und Mischkulturen auf ökologische Merkmale erhoben werden. Ziel und Leitdaten in Vernetzungsprojekten, wie z. B. der Vollzugshilfe Vernetzung vom Bundesamt für Landwirtschaft BLW, werden angeschaut (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019).

### 3.7 Vorgehen zur ökonomischen Bewertung

Ein Agroforstsystem ist eine Investition in die Zukunft. Eine ökonomische Bewertung macht erst über einen längeren Zeitraum Sinn. Die Annuitätenmethode ist deshalb ein passendes Werkzeug für diese Analyse (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau,

Umwelt am 11.06.2019). Diese bildet den Kapitalwert in einem jährlichen Mehrwert ab. Die Erkenntnisse daraus fliessen in Kapitel 4.7 ein. Als Diskontierungssatz wird wie in aktuellen Berechnungen von Jäger (2019b, S. 19) 1 % verwendet.

### **Beiträge**

Deckungsbeiträge und andere Zahlen zu Aufwänden und Erträgen werden in einer Literaturrecherche erhoben. Zum Beispiel in dem Dokument «ProfiCost» mit Vollkostenrechnung und Deckungsbeiträge für den Anbau von Gemüse (Anliker, et al., 2018), in dem Bericht «Agroforstsysteme - Hochstamm-, Wildobst und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren» von Agridea (Jäger, 2016) oder anderen Arbeiten oder Artikeln.

Mögliche Direktzahlungen für das Agroforstsystem werden in die Deckungsbeiträge eingerechnet. Die Beiträge vom Bund werden in dem Dokument «Direktzahlungen an Schweizer Ganzjahresbetriebe» vom BLW (BLW, 2018b) recherchiert. Diejenigen für die Landschaftsqualität werden in den Massnahmenblättern des Kantons Bern bezogen (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, 2017).

Da beim Längacker eine Gefahrenzone wegen Hangrutschung besteht, könnten evtl. hangstabilisierende Massnahmen vorgenommen werden. Dies könnte z. B. mit der Pflanzung von Gehölzen in der Gefahrenzone realisiert werden. Dazu werden Gemeinde und Kanton mit Interviews befragt ob so eine Unterstützung möglich ist. Stiftungen und Förderprojekte welche Agroforstsysteme unterstützen, werden im Internet und in Fachliteratur recherchiert.

### **Ertragswert der Ackerfläche**

Um die ökonomische Situation der Ackerfläche mit und ohne Agroforstsystem zu vergleichen wird der durchschnittliche, längerfristige Ertrag der Ackerflächen berechnet. Damit ergibt sich ein Ertragswert pro Fläche, welcher durch den Verlust an Ackerfläche wegfällt und durch einen Ertrag im Agroforstsystem wieder gut gemacht werden soll.

Für die Berechnung werden die Betriebszahlen Ertrag pro Fläche und Verkaufserlös für die entsprechende Kultur vom Eichhof genommen. Diese werden in einem Interview mit dem Betriebsleiter erfragt. Die Kosten für den Anbau werden aus Berechnungen des Gemüsebauverbands übernommen. Beim Arbeitsaufwand wird, wegen potenziellem Mehraufwand durch die Baumreihen im Agroforstsystem, mit einem zeitlichen Mehraufwand von 10 % gerechnet (Bender, et al., 2009, S. 38).

## 4 Ergebnisse

Aus den Recherchen ging hervor, dass ein Agroforstsystem diverse Vorteile haben kann. Eine Planung für eine mögliche Umsetzung auf dem Eichhof erscheint lohnend. Die Resultate der Abklärungen und die fertige Planung der Fläche werden nachfolgend beschrieben und letztere nach ökologischen und ökonomischen Kriterien beurteilt.

### 4.1 Standortbeurteilung der geplanten Fläche auf dem Eichhof

Der Eichhof liegt im Berner Seeland und somit in der sogenannten «Gemüseammer» der Schweiz. Tabelle 3 enthält Informationen zur Lage der betroffenen Parzelle, deren Flächen, sowie deren Boden- und Klimateignungen. Gehölze sind eher weniger anspruchsvoll als Spezialkulturen und kommen mit den Voraussetzungen gut zurecht.

Tabelle 3 - Allgemeine Informationen zu den betroffenen Parzellen

<b>Grundstück Nr.</b>	172 <sup>1)</sup>	174 <sup>1)</sup>
<b>Adresse</b>	Eichhof Spins 24 CH-3270 Spins / Aarberg	
<b>E-GRID</b>	CH263446353610 <sup>1)</sup>	CH383646353453 <sup>1)</sup>
<b>Fläche</b>	22'272 m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	17'947 m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>
<b>Zone</b>	Landwirtschaftszone <sup>2)</sup>	Landwirtschaftszone <sup>2)</sup>
<b>Bezeichnung Geplante Agroforst Flächen</b>	Girisberg unten Girisberg oben	Längacker
<b>Bodeneignung</b>	Acker-, Naturfutterbau: +; Kunstfutterbau: +/-, Id 3 <sup>3)</sup>	
<b>Klimateignung</b>	Ackerbau und Futterbau begünstigt, Zone A3 <sup>3)</sup>	

<sup>1)</sup> (Kanton Bern, ohne Datum), <sup>2)</sup> (Kanton Bern, 2019), <sup>3)</sup> (Karten der Schweiz, ohne Datum)

Abbildung 14 zeigt die Lage des Hofes (oranger Kreis) auf der Karte, sowie die betroffenen Parzellen (rot markiert), welche etwas nördlich davon liegen. Die Distanz vom Hof zu den Flächen beträgt etwa 370 m.

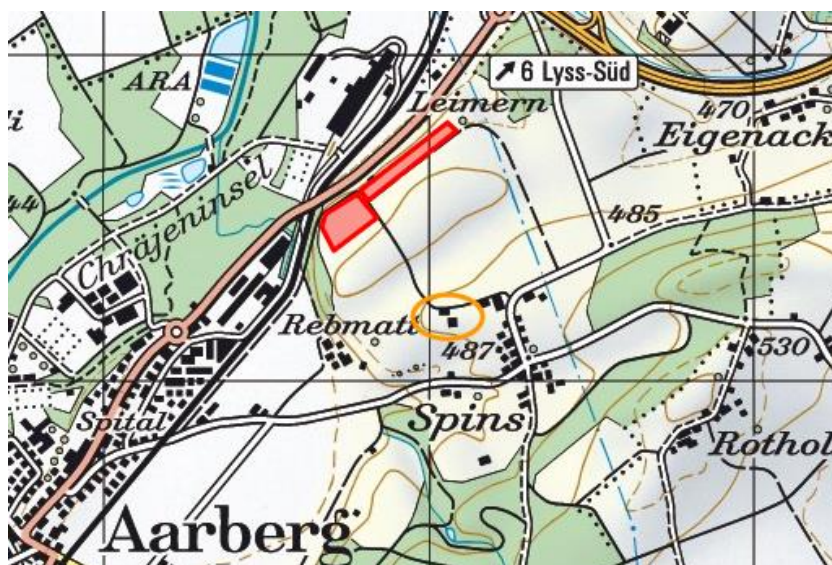


Abbildung 14 - Lage Brunner Eichhof (oranger Kreis) und der betroffenen Parzellen (rot markiert) ob Aarberg BE (Karten der Schweiz, ohne Datum)

Auf Abbildung 15 sind die beiden Parzellen in einer Luftaufnahme zu sehen. Links, etwas südlicher liegt der Girisberg und weiter nordöstlich der Längacker. Die Flächen sind mit etwa 10 % Gefälle gegen Norden leicht abfallend.



Abbildung 15 - Luftbild der Ackerflächen, links Girisberg, rechts Längacker (Karten der Schweiz, ohne Datum)

Die Flächen liegen auf 463 - 475 m. ü. M. und haben tiefgründige Böden. Beim Girisberg wird die Parzelle in der Mitte mit einem Spickel BFF Fläche in die Teilflächen Girisberg oben (südlich) und Girisberg unten (nördlich) geteilt. Die detaillierten Grössen der Flächen sind in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4 - Informationen zu den Massen der drei Parzellen

Agroforst Fläche	Girisberg oben	Girisberg unten	Längacker
<b>Fläche</b>	11'412 m <sup>2</sup>	7'560 m <sup>2</sup>	6'846 m <sup>2</sup>
<b>Schmalste Stelle</b>	50 m	44 m	17 m
<b>Breiteste Stelle</b>	65 m	49 m	25 m
<b>Länge</b>	183 - 207 m	105 - 176 m	309 m
<b>Höhe</b>	470 - 475 m. ü. M. <sup>1)</sup>	463 - 470 m. ü. M. <sup>1)</sup>	467 - 469 m. ü. M. <sup>1)</sup>
<b>Gründigkeit</b>	tiefgründig, 70 - 100 cm <sup>2)</sup>	tiefgründig, 70 - 100 cm <sup>2)</sup>	tiefgründig, 70 - 100 cm <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (Karten der Schweiz, ohne Datum), <sup>2)</sup> (Kanton Bern, ohne Datum)

Anhand der Defizitkarten wurden für die betroffene Fläche folgende Defizite identifiziert (siehe Abbildung 34 bis Abbildung 36 in Anhang C):

- Erosions-Gefährdung
- Nitratbelastung
- Erhöhte Ammoniakkonzentration in der Luft



Da die genauen Werte nicht bekannt sind können die Defizite nicht gewichtet werden. Alle drei Defizite werden in der Planung und Bewertung beachtet. Die geplanten Flächen (rot markiert in Abbildung 16) liegen in keinem ausgewiesenen Wildtierkorridor. Es sind diesbezüglich keine Einschränkungen gegeben.



Abbildung 16 - Wildtier Vernetzung (Orange: Vernetzungssystem Wildtiere, grün: Wildtierkorridore überregional) (geo.admin.ch, ohne Datum)

Beim Längacker (Grundstück Nr. 174) ist eine Gefahrenzone vermerkt (Abbildung 17) (Karten der Schweiz, ohne Datum). Der Gefahrenhinweis gilt für 15'002 m<sup>2</sup>, also 83.6 % der Fläche dieser Parzelle (Kanton Bern, 2019). Die Gefahr geht von Hangrutschen aufgrund von wasserführenden Schichten aus (gemäss Aussage M. Lehmann, Bauabteilung von Aarberg am 16.05.2019). Eine Hangrutschung hat sich am 13.05.1988 ereignet (Kanton Bern, ohne Datum). Laut Aussage vom Strasseninspektor des Kantons Bern ist der Hang momentan stabil und es sind keine Massnahmen geplant (gemäss Aussage von F. Witschi, Tiefbauamt des Kantons Bern am 03.06.2019).

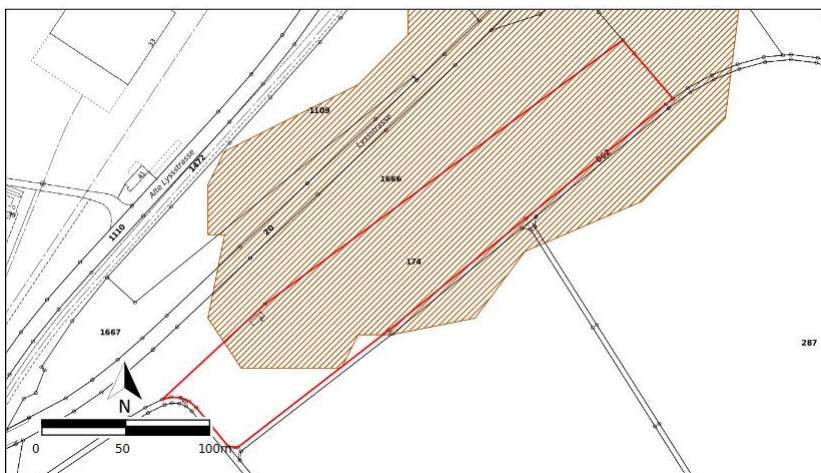


Abbildung 17 - Gefahrenzone in Grundstück Nr. 174 (Längacker) (Kanton Bern, 2019)

#### 4.1.1 Boden

Bei allen drei Parzellen handelt es sich um alluviale Braunerde auf einem Muttergestein von quartärem Lockergestein (Karten der Schweiz, ohne Datum). Alle werden als schwach humos

(2.4 % Humusgehalt) bewertet (Anhang A). Beim Längacker sowie beim Girisberg unten handelt es sich um sandigen Lehmboden, beim Girisberg oben um stark lehmigen Sandboden (Anhang A).

Die Bodenbearbeitung der drei Parzellen wurde bisher mit Pflug, Grubber und Fräse gemacht. Aktuell laufen Versuche mit einem Geohobel (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019). Auf dem Girisberg besteht zurzeit Kunstwiese. In der Vergangenheit wurden auf dem gesamten Girisberg vorwiegend diverses Gemüse, aber auch Getreide und Mais angebaut (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019). Die Biodiversitätsförderfläche zwischen Girisberg unten und Girisberg oben existiert seit ca. fünf Jahren (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019). Auf dem Längacker steht das dritte Jahr Kunstwiese. Früher wurde hier viel Wurzelgemüse angebaut (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019).

Die pH-Werte der Böden liegen laut Überprüfung mit Hellige pH-Meter bei den aktuellen Spatenproben zwischen 5 und 7 und laut einer Bodenanalyse von 2015 im Bereich 6.9 bis 7.6. Die Beobachtung aus den Spatenproben vom 25.03.2019 (Anhang B) haben für alle drei Parzellen ergeben, dass der Boden verdichtet ist und wenig Bodenorganismen enthält.

Laut Bodenanalysen von 2015 (Anhang A) haben alle Parzellen sehr hohe Phosphor-Reserven. Dies kann sich gemäss Analyse in einer schlechteren Verfügbarkeit von Mangan äussern. Girisberg oben und Längacker haben genügend Reserven von Magnesium und Kalium. Beim Girisberg unten waren die Kalium-Reserven mässig und sollten leicht erhöht werden.

Tragende Obstbäume haben nach Häseli et al. (2016, S. 23) mit 30 - 50 kg Stickstoff, 20 kg Phosphor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) und 60 - 80 kg Kalium (K<sub>2</sub>O) pro Hektare und Jahr im Vergleich zu anderen Kulturen einen eher bescheidenen Bedarf an Nährstoffen. Somit sind die Nährstoffgehalte der Böden für die geplanten Bäume genügend hoch.

Die betroffenen Flächen sind nicht drainiert (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.07.2019). Somit besteht keine Gefahr einer Beschädigung von Rohren durch die Wurzeln.

#### 4.1.2 Klima

Da das Agroforstsystem über Jahrzehnte bestehen kann, macht es Sinn die Entwicklung des Klimas ebenfalls zu betrachten. Nachfolgend deshalb einige Klimaszenarien von Bern und der ganzen Schweiz.

##### **Klimaszenarien**

Nach dem National Centre for Climate Services NCCS muss sich die Schweiz Mitte dieses Jahrhunderts klimatisch auf vier Hauptveränderungen einstellen: trockene Sommer, heftige Niederschläge, mehr Hitzetage und schneearme Winter (Klimaszenarien für die Schweiz, 2018). Tabelle 5 zeigt an der Messstation bei Bern, die am nächsten beim Eichhof liegt, dass 2018 die durchschnittliche Jahrestemperatur 1.8 °C höher und die Sonnenscheindauer 17 % länger war im Vergleich zu den Normwerten von 1981 - 2010 (MeteoSchweiz, 2019).

Tabelle 5 - Jahreswerte von 2018 an ausgewählten MeteoSchweiz-Messstationen im Vergleich zur Norm (langjähriger Durchschnitt 1981 - 2010) (MeteoSchweiz, 2019)

Station	Höhe m ü.M	Temperatur (°C)			Sonnenscheindauer (h)			Niederschlag (mm)		
		Mittel	Norm	Abw.	Summe	Norm	%	Summe	Norm	%
Bern	553	10.6	8.8	1.8	1969	1683	117	907	1059	86
Zürich	556	11.1	9.4	1.7	1921	1544	124	897	1134	79
Genève	420	12.3	10.6	1.7	1979	1768	112	864	1005	86
Basel	316	12.3	10.5	1.8	1924	1590	121	698	842	83
Engelberg	1036	8.1	6.4	1.7	1471	1350	109	1451	1559	93
Sion	482	12.5	10.2	2.3	2271	2093	108	633	603	105
Lugano	273	13.9	12.5	1.4	2171	2067	105	1472	1559	94
Samedan	1709	3.2	2.0	1.2	1744	1733	101	990	1011	98

Das NCCS rechnet von 1995 bis 2035 mit einer Zunahme der Sommertage in Bern von 18 % bis 57 % (CH2018-Webatlas, 2018). Abbildung 18 zeigt, dass diese Entwicklung voraussichtlich bis 2085 anhalten wird.

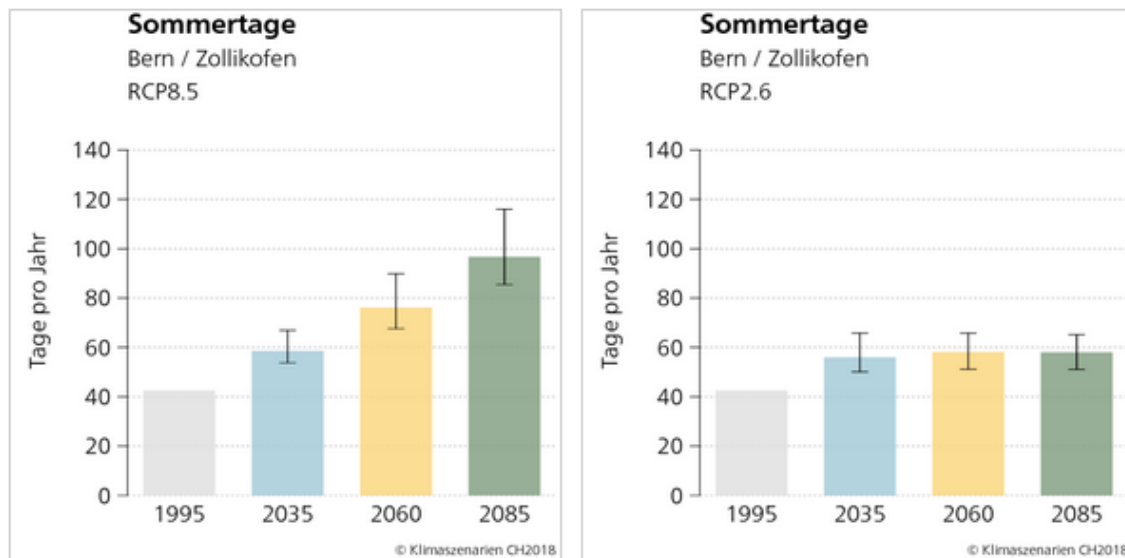


Abbildung 18 - Anzahl Sommertage in Bern in den beiden Klimaszenarien RCP8.5 und RCP2.6 des CH2018-Webatlas (nccs.admin.ch, 2018)

MeteoSchweiz (2014, S. 17) rechnet mit einer Zunahme der Temperatur von 2010 bis 2060, im Winter wie auch im Sommer, von 1.1 °C bis zu etwa 3.4 °C und einer Abnahme der Niederschlagsmenge im Sommer bis etwa 15 %. Der Niederschlag über das Jahr 2018 war im Vergleich zu den Normwerten von 1981 - 2010 14 % tiefer (Tabelle 5) (MeteoSchweiz, 2019).

Für die Anzahl der Eistage geht NCCS in den Jahren 1995 bis 2035 in Bern von einer Abnahme über 14 bis 46 % aus (CH2018-Webatlas, 2018). Abbildung 19 zeigt, dass auch diese Entwicklung voraussichtlich bis 2085 anhalten wird.

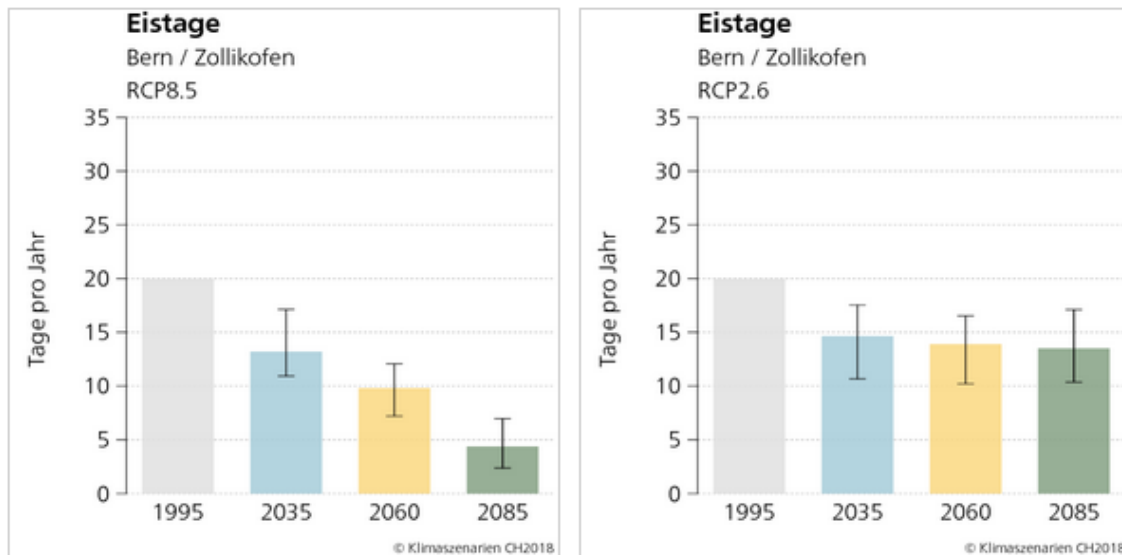


Abbildung 19 - Anzahl Eistage in Bern in den beiden Klimaszenarien RCP8.5 und RCP2.6 des CH2018-Webatlas (nccs.admin.ch, 2018)

### Wind

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit auf den betroffenen Parzellen in 50 m Höhe beträgt  $4.4 \text{ m s}^{-1}$ . Die stärksten Winde kommen aus südwestlicher Richtung ( $225^\circ$  bis  $255^\circ$ ). Dort liegt der Schnitt bei  $5.1 \text{ m s}^{-1}$  (Abbildung 20) (Bundesamt für Energie, ohne Datum). Gemäss MeteoSchweiz (2010) gelten Winde mit diesen Geschwindigkeiten als schwache bis mässige Winde. Es sind deshalb keine speziellen Massnahmen erforderlich.

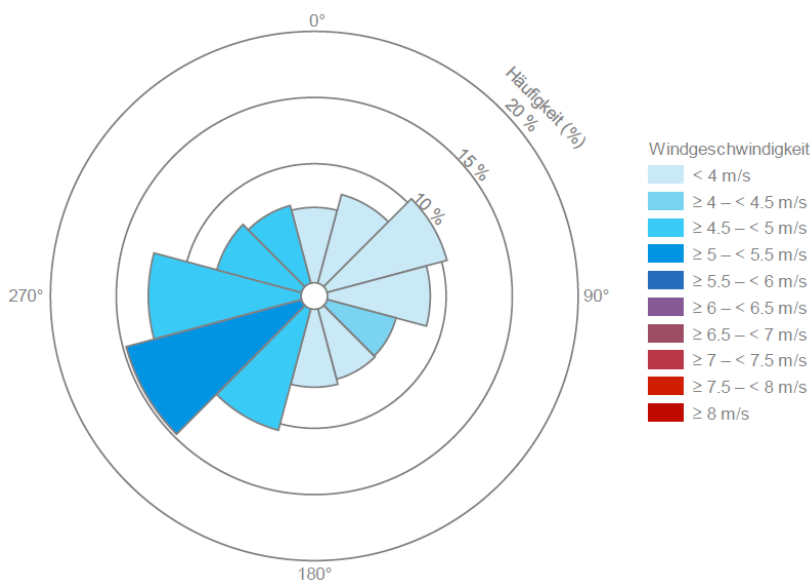


Abbildung 20 - Modellerte Windrose mit der Windgeschwindigkeitsverteilung pro Windrichtungssektor 50 m über Grund der betroffenen Parzellen (Bundesamt für Energie, ohne Datum)

### 4.2 Voraussetzung und Wünsche des Betriebsleiters

Der Eichhof hat mit seinen innovativen Ansätzen, der breiten Produktpalette und den vielseitigen Absatzkanälen gute Voraussetzungen für die Integration von einem Agroforstsystem.

Nachfolgend die Wünsche des Betriebsleiters (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019):

- Die Ackerfläche beim Längacker soll 15 m breit bleiben. Davon sind aber pro Seite 1.5 m als Blühstreifen erwünscht. (Dies entspricht auch der Empfehlung von Kaeser et al. (2010a, S. 4) für Reihenabstände von 14 bis 28 m)
- Gleichzeitig soll mit den Baumreihen die Ackerfläche auf dem Längacker begradigt werden
- Etwa alle 20 m soll ein Wertholzbaum wie Eiche oder Nuss stehen
- Vorwiegend einheimische Pflanzen
- Holunder ist auf diesen Parzellen erwünscht und möglich, da er dort genügend Distanz zu der Beerenanlage und somit zu den Kirschessigfliegen (welche die dunklen Früchte des Holunders mögen) hat.
- Bewirtschaftungsform ist intensiv oder extensiv möglich. Je nachdem, was Sinn macht.
- Am liebsten alles, ausser gewöhnlich
- Am Eichhof werden bereits Feigenbäume vorgezogen
- Essbare Blüten sind erwünscht
- Rhabarber kann gut abgesetzt werden
- Windschutz ist bei den betreffenden Parzellen nicht nötig
- Geschäftszweige Permakultur, Agroforst, Events sind interessant
- An den Enden der Ackerstreifen werden ca. 8 m Platz für das Manövrieren mit Maschinen benötigt

Auf den betreffenden Ackerflächen sind folgende Kulturen geplant (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019):

- Diverse Getreide
- Dreschsachen wie Senf, Leinsamen, Hanf etc. Diese werden teils im Frühling, teils im Herbst ausgesät.
- Wurzelgemüse wie z. B. Kartoffeln oder Karotten. Diese werden im Frühling gesät.
- Kreuzblütler wie Kabis (Weisskohl) werden das ganze Jahr gesetzt, der grösste Teil im Mai.
- Salate (haben eine kurze Kulturzeit)
- Zwiebelgewächse wie Lauch, Zwiebeln etc.
- Leguminosen wie Bohnen, Buschbohnen etc.
- Quinoa
- Kunstwiese, dreijährig
- Kürbis
- Andere Wurzelgemüse, die halb aus dem Boden ragen wie Sellerie oder Randen
- Zuckerrüben (nicht für Zucker, sondern Direktvermarktung)
- Zwischenkulturen mit Gründüngung

Keiner dieser Punkte spricht gegen ein Agroforstsystem.

### 4.3 Agroforst-Konzept für den Eichhof

Das Konzept für den Eichhof basiert nach Nair (1985) auf einem silvoarablen System (Bäume mit Ackerkulturen). Die Nutzung der Bäume wurde diversifiziert (Jäger, 2019b, S. 18):

- Intensive Fruchtnutzung, z. B. mit Apfel- und Maulbeerbäumen
- Holz- und Fruchtnutzung, z. B. mit Speierling oder Walnuss
- Wertholz, z. B. mit Schwarzerle

#### 4.3.1 Planung

Die Gehölze wurden in einem Reihen- oder Reihenstreifen-Muster auf der Ackerfläche geplant. So können die Ackerflächen trotz der Bäume noch einfach befahren werden. In den Baumreihen werden unterschiedliche Gehölze, wie Obst (a) und Stickstoffsammler (b) so angeordnet, dass möglichst neben jedem Obstbaum ein Stickstoffsammler ist. Das Muster ist z. B. «abaabaaba», wobei a und b für zwei unterschiedliche Kulturen stehen (Abbildung 5).

Auch wenn Baumstreifen entlang der Höhenlinien laut Reeg et al. (2009) als schöner empfunden werden können, sind die Baumreihen in der Planung möglichst geradlinig angelegt, um die Bearbeitung zu vereinfachen (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019). Beim Längacker weist die Parzellenform eine Biegung auf, um die Ackerfläche möglichst breit zu erhalten. Die Baumstreifen beim Längacker sind an den schmalsten Stellen des Ackers noch knapp zwei Meter breit. Diese Breite ergibt sich aus der Topografie und der gewünschten Ackerbreite von 15 m. Diese ist ein Mehrfaches der Arbeitsbreite des Betriebes von 3 m. Die empfohlene Mindestbreite von zwei Metern (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4) wird so eingehalten. Nach Absprache mit dem Betriebsleiter (am 25.06.2019) werden zusätzliche Blühstreifen von 1.5 m zwischen Acker und Baumstreifen eingeplant.

Alle Bäume wurden mit einem Abstand von mind. 10.5 m eingeplant, damit sie als ökologische Ausgleichsfläche angerechnet werden können (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 9). Die Baumstreifen sind 2 m breit geplant mit angrenzenden 1.5 m Blühstreifen (rote Streifen in Abbildung 21 und Abbildung 22). Die Breite der Baumstreifen beim Längacker waren durch die Grenzen der Ackerfläche vorgegeben und liegen nun zwischen 1.5 und 6.6 m.

Beim Girisberg wurden 24 m breite Ackerstreifen eingeplant (Abbildung 21). Die Baumstreifen wurden an der Parzellengrenze ausgerichtet. Der BFF Spickel in der Mitte der Fläche wurde aufgehoben, da die Baumstreifen ebenfalls als BFF angerechnet werden können. Ein kleiner Spickel im Norden der Parzelle wurde als Agroforstfläche geplant, da er für Ackerbau zu schmal ist.

Die roten Punkte stehen für Obstbäume. Dazwischen sind hellgrün die Sträucher eingezeichnet. In dieser Planung wurden beim Girisberg nur Stickstoffbinder eingesetzt. Einige andere Kulturen wie z. B. Feigen dazwischen sind aber denkbar. Die Ackerflächen sind in gelb eingefärbt.



Abbildung 21 - Agroforstsystem auf dem Girisberg (dunkelgrün = Walnussbäume, rot = Obstbäume, hellgrün = stickstoffbindende Sträucher)

Die meisten Walnussbäume (grössere, dunkelgrüne Punkte) wurden beim Girisberg jeweils am Rand der Fläche platziert, da dort deren Schattenwurf eher auf den Weg oder den Waldrand als auf den Acker fällt. Um den Acker vom Girisberg vor den West- und Südwestwinden zu schützen, wäre eine Baumreihe auf der Westseite sinnvoll. Dies ist jedoch nicht nötig, da im Westen ein bereits bestehender Wald Windschutz bietet (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019).

Die Breite der Ackerfläche auf dem Längacker (Abbildung 22) misst 12 m und war durch die geringe Parzellenbreite vorgegeben. Der Ackerstreifen wurde begradigt und erleichtert so die maschinelle Bewirtschaftung. Die grösseren Walnussbäume (dunkelgrüne Punkte) wurden an der Nordseite geplant, damit deren Schatten nicht auf die Ackerfläche fällt. Hellgrüne Punkte sind diverse Sträucher, wie Wildrose, Holunder, Haselnuss und Schwarzdorn. Die stickstoffbindenden Sträucher wurden auf dem Längacker mit stickstoffbindenden Bäumen (grüne Punkte) ersetzt. Sie wurden so eingesetzt, damit jeder Obstbaum (rote Punkte) an einen solchen angrenzt.



Abbildung 22 - Agroforstsystem auf dem Längacker (dunkelgrün = Walnussbäume, rot = Obstbäume, hellgrün = diverse Sträucher, grün = Schwarzerlen)

Ein Schnitt von vorne auf die Baumreihen (Abbildung 23) zeigt die 1.5 m breiten Blühstreifen mit den Wildkräutern beidseitig des 2 m breiten Baumstreifens. Auf diesen wurden nördlich des Baumes Beerensträucher eingezeichnet, da diese meist weniger auf Sonne angewiesen sind als Gemüse. Das mehrjährige Gemüse ist deshalb hier auf der Südseite (siehe Anhang M) eingeplant. Die Unterpflanzung kann mit Beeren, Gemüse, Kräutern oder Blumen beliebig angepasst werden.

Um Landschaftsqualitätsbeiträge für einzigartige Hauptkulturen für die Kulturgruppen Beeren und Gewürze zu bekommen, müssen diese jeweils mind. eine Are zusammenhängend vorkommen (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, 2017, S. 5). Es genügt, dies bei einer Kultur pro Kulturgruppe einzuhalten. Nach BLW (2018g, S. 13) (Art. 15 Abs. 1) gelten u. a. Melisse, Minze, Salbei, Thymian und Wermut als Heil- und Gewürzpflanzen.



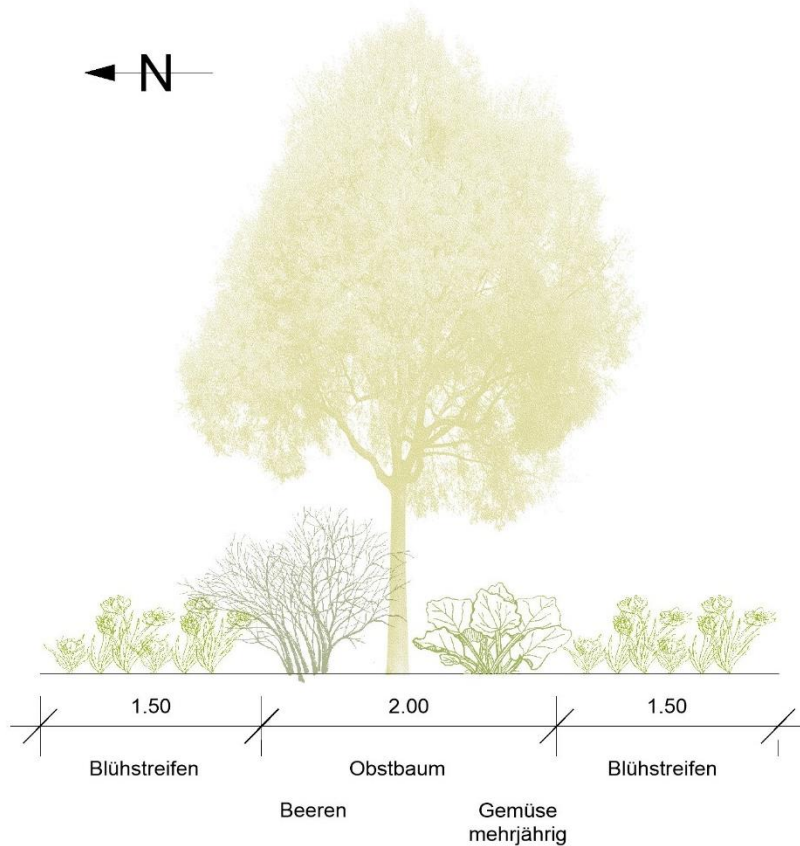


Abbildung 23 - Schnitt Baumstreifen von vorne

In einer Ansicht von der Seite auf die Baumstreifen (Abbildung 24), hier der Längacker, sieht man die abwechselnden Baumtypen. In dieser Darstellung von links ein Obstbaum, ein Walnussbaum, ein Obstbaum und dann ein stickstofffixierender Baum. Diese Abfolge wiederholt sich jeweils. Dazwischen existieren grössere Sträucher, kleinere Beerensträucher, Kräuter, Gemüse und Blumen.

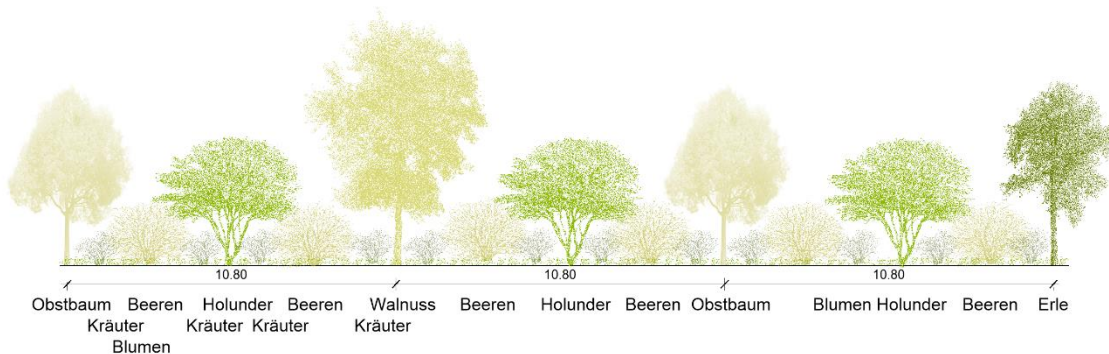


Abbildung 24 - Schnitt Baumstreifen Längacker Nord von der Seite

Bei der Planung wurden die gleichen Kulturen nahe beieinander gepflanzt. Dies verringert die Wege und erleichtert so die Pflege und Ernte. Zudem ist es für Pflanzen wie den Sanddorn hilfreich für eine bessere Bestäubung.

Nach BLW (2018g, S. 3) wird dem Betrieb pro Hochstamm-Feldobstbaum 0.001 Standardarbeitskraft (SAK) angerechnet (Art. 3 Absatz 2 Buchstabe c Ziffer 5). Dies ergibt bei den geplanten 123 Obstbäumen zusätzliche 0.123 SAK.

Um Kreisläufe vermehrt zu schliessen und Kosten zu sparen, ist es sinnvoll, möglichst wenig Düngemittel zuzuführen. Wie in Kapitel 3.1 erwähnt, wurden 2018 über 800 kg verfügbarer Stickstoff und knapp 500 kg Phosphor (in Form von  $P_2O_5$ ) zugeführt, um den gesamtbetrieblichen Nährstoffbedarf zu decken (Hofdünger und Mineraldünger wie Condit oder Sedumin 14 %). Mit Stickstoffsammlern wie z. B. Erlen oder Sanddorn kann zusätzlicher Stickstoff im Boden gebunden werden. Zudem helfen Baumstreifen die Auswaschung von Nährstoffen zu verringern (siehe Kapitel 2.2.3) und somit mehr Nährstoffe auf dem Hof zu behalten.

Die Grenzabstände zu den Nachbargrundstücken müssen eingehalten werden. Diese sind fünf Meter für hochstämmige Bäume, die nicht zu den Obstbäumen gehören, sowie für Nussbäume, und drei Meter für hochstämmige Obstbäume (Art. 79I) (Der Grosse Rat des Kantons Bern, 2019). Beim Längacker ist dies durch die BFF Fläche im Süden und den angrenzenden Weg gegeben. Beim Girisberg sollte das im Detail mit dem Nachbarn angeschaut werden. Der Artikel 79m, der sich auf den Entzug von Licht und Sonne bezieht, ist hier kein Thema, da die Nachbarparzellen südlich der Baumstreifen liegen.

Beim Girisberg sind auf den hintersten acht Metern vor dem Wald keine Bäume eingepflanzt, um ein Manövrieren mit Maschinen weiterhin zu ermöglichen. Vorne gegen den Weg werden vier Meter freigehalten und der Weg ist zusätzlich drei Meter breit. Hier reicht ein Baumabstand mit einem bis zwei Metern von der Ackergrenze aus.

Für Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge werden keine Vernetzungsbeiträge ausbezahlt (BLW, 2018a, S. 5). Falls jedoch eine Bunt- oder Rotationsbrache als Blühstreifen angelegt wird und während der Projektdauer stets eine Brache auf dem Betrieb angemeldet ist, so können gemäss den Vernetzungsprojekten im Kanton Bern Beiträge ausbezahlt werden (gemäss Aussage von F. Burkhalter, Co-Bereichsleiter ökologischer Ausgleich und Verträge beim Amt für Landwirtschaft und Natur am 11.07.2019).

Eine Buntbrache (BLW Kultur-Code 556 (7A)) ist definiert als mehrjährige, mit einheimischen Wildkräutern angesäte Fläche (Caillet-Bois, et al., 2019, S. 10). Sie ergibt neben einem Vernetzungsbeitrag zudem CHF 500.- mehr als eine Rotationsbrache (BLW Kultur-Code 557 (7B)) und CHF 1'300.- mehr als ein Blühstreifen (BLW Kultur-Code 572) (Caillet-Bois, et al., 2019, S. 22). Nach Aussage von S. Brunner (Betriebsleiter Eichhof) am 12.07.2019 ist die Anlage einer Buntbrache als Blühstreifen denkbar. Für die Flächen der Blühstreifen wurde deshalb mit Beiträgen für eine Buntbrache gerechnet.

#### 4.3.2 Anfallende Arbeiten

Einmalige Arbeiten zum Aufbau von den Agroforst-Elementen:

- Gelände ausmessen  
Etwa ein Tag Aufwand pro Hektare, wenn es manuell mit Massband umgesetzt wird (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 30.07.2019)
- Bäume pflanzen  
Dauert mit manueller Arbeit ca. eine halbe Stunde pro Baum (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 30.07.2019)

Regelmässige Arbeiten

- Buntbrache anlegen (Alle 4 Jahre wird ein Drittel der Blühstreifenfläche von Acker- zu Buntbrache umgewandelt und ein anderer Drittel von Buntbrache- zu Ackerfläche. So kann eine vierjährige Pause nach jeweils acht aufeinanderfolgenden Jahren als Buntbrache eingehalten werden.)
- Baumstreifen mulchen, zwei bis dreimal pro Jahr (nur nötig, wenn noch keine Unterpflanzung in Baumstreifen vorhanden)  
Das Mulchen von 400 m langen und 2 m breiten Baumstreifen mit Handmulchgerät dauert etwa eine Stunde (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 30.07.2019)
- Hacken der Baumscheibe, zweimal pro Jahr (nur nötig, wenn noch keine Unterpflanzung in Baumstreifen vorhanden)  
Dauert pro Baum etwa zehn Minuten (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 30.07.2019)
- Pflegeschnitt bei Obstbäumen  
In der Aufbauphase dauert dies ca. zehn Minuten pro Baum, in der Ertragsphase dauert ein Winterschnitt ca. 75 min. Dieser ist etwa ab dem zwölften Standjahr alle zwei bis drei Jahre nötig. Ein Sommerschnitt, bei dem starke einjährige Triebe entfernt werden, dauert pro Hektare ca. drei Stunden (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 30.07.2019)
- Kontrolle der Pflanzen wegen Pflanzenschutz in Ertragsphase
- Kompostgaben als Dünger, wenn nötig, im Frühling oder Herbst
- Bodenanalyse, alle zehn Jahre (Häseli A. , 2016)
- Ernte des Obstes
- Reinigungsschnitt bei Buntbrache im ersten Jahr, wenn Unkrautdruck gross (Caillet-Bois, et al., 2019, S. 10)
- Pflege der Buntbrachen  
Es ist mit ca. 30 - 50 Arbeitsstunden pro Hektare und Jahr zu rechnen (Eggenschwiler, et al., 2007).

### 4.3.3 Zeitliche Umsetzung

#### **Zu Beginn**

Zuerst sollte ein Detailkonzept für die ersten Schritte der Umsetzung erstellt werden. Eine Bewerbung bei einer Ausgabestelle für Humuszertifikate kann vorgenommen werden. Bodenproben für die Bestimmung des aktuellen Humusgehalts als Referenzwert sollten gemacht werden. Nach dem Ausmessen und Markieren der Baum- und Blühstreifen, kann vor dem Setzen der Bäume eine leichte Bodenbearbeitung durchgeführt werden. Marroni-, Apfelbäume etc. sind recht anspruchslos. Nach dem Einpflanzen sollte die Baumscheibe gegen Mäuse und unerwünschten Unterkulturen entweder konsequent gehackt oder mit einer Unterpflanzung versehen werden. Damit Mäuse die Wurzeln der jungen Obstbäume nicht beschädigen, sollten anstelle von einem Gitter, besser Pflanzen gesetzt werden, die die Tiere nicht mögen wie Narzissen, Knoblauch oder Steinklee. Alternativ kann eine Ablenkungsfütterung z. B. mit Wurzelpetersilie gepflanzt werden (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019).

Die Unterpflanzung in den Baumreihen wie Sträucher, Beeren, Kräuter und Blumen kann auch später oder schrittweise erfolgen. Um Kosten zu sparen empfiehlt sich, wo möglich, eine Aussaat zu machen oder mit Stecklingen zu arbeiten.

#### **Regelmässig**

Die Pflege der Pflanzen und Unkrautkontrolle sollte mind. jährlich gemacht werden. Bei allen Pflanzen, die gegen das Ende ihrer Lebensdauer kommen, sollte frühzeitig für Nachwuchs gesorgt werden, zum Beispiel mit dem Ziehen von neuen Stecklingen oder erneutem Aussähen. Ziel ist es, dass der Nachwuchs in den Ertrag kommt, sobald die älteren Pflanzen keinen Ertrag mehr liefern.

#### **Nach ca. drei Jahren**

Bei Bedarf kann alle drei bis vier Jahre ein Wurzelschnitt zwischen Baumstreifen und Acker gemacht werden (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 11.06.2019). Im nahegelegenen Bieler Seeland wird viel Obst angebaut (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019). Wenn ein Gerät für den Wurzelschnitt benötigt wird, könnte dort bei den entsprechenden Landwirten angefragt werden.

#### **Nach ca. sechs Jahren**

Der Landwirt möchte die Agroforstanlage auch für Kurse und Events nutzen. Er sieht ein grosses Potential in der «Baumallee» auf dem Acker (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019). Nach einigen Jahren haben die Bäume eine ausreichende Grösse erreicht, um die Anlage für solche Anlässe zu nutzen.

#### **Nach ca. 40 Jahren**

Der Planung zufolge werden die Bäume nach ca. 50 Jahren als Wertholz genutzt und gefällt. Um zu verhindern, dass dann alle Bäume weg sind und so ein Obstertrag komplett wegfällt, können frühzeitig neue Bäume gepflanzt werden, die optimalerweise nach der Fällung der

älteren Bäume möglichst schnell in Vollertrag kommen. Diese Nachpflanzung der Bäume könnte nach etwa 40 Jahren gemacht werden.

### **Nach ca. 50 Jahren**

Ernte der zu Beginn gepflanzten Bäume als Wertholz.

#### 4.3.4 Variante

Eine Variante mit Nord-Süd-Ausrichtung der Baumreihen wurde in Betracht gezogen, um fixe Fahrspuren zu ermöglichen, ohne dass diese eine Stufung des Geländes verursachen (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019). Ein weiterer Vorteil dieser Lösung wäre eine geringere Beschattung der Kulturen durch die Baumreihen (Kaeser A. , et al., 2010a, S. 4). Zudem würde der Westwind zusätzlich zum angrenzenden Waldstück von den Baumstreifen gebremst.

Ein Nachteil dieser Variante ist, dass der Zugang zu den Ackerflächen von Norden her geschehen muss und deshalb die Anfahrtdistanz vom Hof grösser ist. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Baumreihen quer zu den Höhenlinien verlaufen würden und so die Gefahr des Abwaschens von Humus oder Saatgut bei starken Regenfällen grösser wäre. Aufgrund der aufgeführten Nachteile wurde diese Variante nicht weiterverfolgt.

#### 4.4 Pflanzenauswahl für das Agroforst Konzept

Da der Hof biozertifiziert ist, ist beim Kauf der Pflanzen darauf zu achten, dass eine Rechnung oder ein Lieferschein vorhanden ist, um die Herkunft der Pflanzen nachweisen zu können (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 29.01.2019).

### **Pflanzkonzept**

Das Pflanzkonzept wird auf Kulturtypenebene geplant. Folgende Kulturtypen sind dabei eingeplant:

- Obstbäume (Baumkomponente)
- Wertholzbäume (Baumkomponente)
- Stickstoffsammler (Baum- oder Strauchkomponente)
- Beerensträucher (Strauchkomponente oder Unterkultur)
- Mehrjährige Gemüse (Unterkulturen)
- Kräuter (Unterkulturen)
- Essbare Blüten
- Blühstreifen (Unterkulturen)

In den einzelnen Kulturtypengruppen können verschiedene Pflanzen ausgewählt werden. Im Anhang sind Beispiele mit einigen Details zu finden (Anhang G bis Anhang N). Nachfolgend werden die Pflanzen aufgeführt, mit denen die Berechnungen gemacht wurden.

Die Höhenlage der Flächen von max. 475 m. ü. M. ist bezüglich der Frostsicherheit kein Problem für Äpfel, Steinobst, Birnen, Walnuss und Edelkastanie (Häseli, et al., 2016, S. 10).

Als optimale pH-Werte für diese Bäume geben Häseli et al. (2016, S. 11) 5.5 bis 7.5 an. Dazu empfehlen sie einen Humusgehalt von über 2.5 %. Bei aktuellen Spatenproben wurden pH-Werte von fünf bis sieben gemessen, was in etwa dem Optimum entspricht. Die 2015 gemessenen Humusgehalte von 2.4 % liegen noch leicht unter der Empfehlung. Mit dem Ziel Humus aufzubauen, sollte sich dieser Wert künftig in Richtung Idealwert verschieben.

Das milde Klima und die tiefgründigen Böden auf dem Eichhof sind passend für Walnussbäume (Gubler, 2013, S. 24). Vom Bodentyp her ist der Längacker (24 % Lehm, 34 % Schluff) am besten geeignet, vor dem Girisberg unten (17 % Lehm, 36 % Schluff) und dem Girisberg oben (14 % Lehm, 31 % Schluff).

Exoten wie die rote Walnuss (Abbildung 25) könnten gut in das Spezialitätensortiment vom Eichhof passen. Sie kann in verschiedenen Sorten wie rote Poysdorf (A), Aufhauser Baden (D), Noix rouge (F), rote Gublernüsse I, II, III, IV (CH) oder Sychrov (CZ) bei der Nuss-Baumschule Gubler bezogen werden (Gubler, 2013, S. 24).



Abbildung 25 - Rote Gublernuss (Nuss-Baumschule Gubler GmbH, ohne Datum)

Gerechnet wurde deshalb mit Walnuss (*Juglans*) als grosser Wertholzbaum. Auch denkbar wäre z. B. Eiche (*Quercus*) oder Edelkastanie (*Castanea sativa*). Eichen benötigen weniger Pflegeaufwand, bieten jedoch auch weniger Ertragsmöglichkeiten bis zur Ernte als Wertholz. Für die Obstbäume sind Hochstamm-Bäume geplant. Das könnten z. B. Apfel (*Malus*), Speierling (*Sorbus domestica*) oder Maulbeere (*Morus*) sein.

Anhand der Entwicklung des Marktes in der Schweiz könnten auch Aprikosen (*Prunus armeniaca*), Kirschen (*Prunus avium*) und Zwetschgen (*Prunus domestica ssp. domestica*) interessant sein. Diese wurden in Bioqualität über den Zeitraum 2004 bis 2017 um 17.1 % (Aprikose), 24.1 % (Kirsche) oder 49.8 % (Zwetschge) teurer. Bei Zwetschgen betrug der Konsumentenpreis für Bio Qualität 2017 CHF 10.12 kg<sup>-1</sup> (BLW, 2018f).

Für den Aprikosenanbau sollte die mittlere Jahrestemperatur 8 °C nicht unterschreiten (Maurer, 2010), was mit 10.6 °C in Bern 2018 gegeben ist (MeteoSchweiz, 2019). Um die

Aprikosenblüten vor Frost zu schützen, werden diese in der Nordschweiz heute oft in Folientunnels angebaut (Weidmann, 2018). FiBL und Agroscope arbeiten bereits an robusteren Sorten und testen den Anbau im Freiland ohne Überdachung (Lebleu, 2019).

Auch Kirschbäume werden zum Schutz vor Witterung teilweise mit Folie überdacht, damit die empfindlichen, grossfruchtigen Tafelkirschen durch den Regen nicht aufplatzen (Wahl, 2012). Interessant könnten hier ältere, spätblühende Kirscharten sein wie z. B. Eigenkirsche, die laut FRUCTUS (2015) im Kanton Bern schon vorkommt.

Der Eichhof hat bereits ein paar Aprikosenpflanzen und Kirschenbäume auf dem Betrieb. Diese «funktionieren» nach Aussage des Betriebsleiters noch nicht so gut, da der Eichhof dort keinen Pflanzenschutz betreibt (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 27.07.2019). Zwetschgen stellen laut Maurer (2015b) keine grossen Ansprüche an das Klima und werden laut Müller (2016) noch ohne Witterungsschutz produziert.

Beim Längacker wurden Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) als Stickstoffsammler zwischen den Obstbäumen geplant. Diese können auch als Wertholz genutzt werden (Grosser, 1991).

In der Strauchschicht wurden nordseitig beim Längacker Holunder (*Sambucus*) und Wildrose (*Rosa*) zwischen die Bäume gesetzt, da diese auch als Futterpflanzen für die auf dem benachbarten Guschthügel weidenden Rinder genutzt werden können (Machatschek, 2002a, S. 29).

Ansonsten wurden Haselnuss (*Corylus avellana*), Schwarzdorn (*Prunus spinosa*) und als Stickstoffsammler beim Girisberg Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*) und Ölweide (*Elaeagnus*) eingepflanzt. Die Früchte all dieser Sträucher sind essbar und können vermarktet werden. An warmen Standorten können stattdessen auch Feigen (*Ficus*) gesetzt werden, welche bereits auf dem Eichhof vorgezogen werden.

Eine Produktion von Nüssen wie Haselnuss oder Walnuss macht auch aus arbeitsplanerischen Gründen Sinn, da man den Zeitpunkt der Ernte ein wenig dem Tagesgeschäft anpassen kann (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019).

Bei Sanddorn ist zu beachten, dass er zweihäusig (diözisch) ist. Es benötigt eine männliche Pflanze in der Nähe der weiblichen, um diese zu bestäuben. Das Verhältnis sollte etwa eine männliche zu acht weiblichen Pflanzen sein (Anbau von Sanddorn - Eine Kurzinformation, ohne Datum).

Rhabarber (*Rheum*) steht als Vertreter für mehrjähriges Gemüse und Aronia (*Aronia*) für die Beeren. Bei den Blumen wurden Ringelblumen (*Calendula*) und Tagetes (*Tagetes*) eingesetzt. Beide haben essbare Blüten und sind effektiv gegen Schädlinge (Jeavons, 1995).

Die Stickstoffsammler dienen nicht nur zur natürlichen Düngung der umgebenden Pflanzen, sondern auch um dem Defizit «Nitratbelastung» entgegenzuwirken. Wegen der erwarteten Klimaerwärmung kommen immer mehr auch wärmeliebendere Pflanzen wie Marroni (z. B. anstelle von Walnuss), Aprikosen, Kirschen oder Mandeln in Frage.

## Kopfbäume

Kopfbäume wurden wegen mangelnden ökonomischen Nutzens nicht eingeplant. Eine Nutzung der Kopfbäume für die Produktion von Energieholz ist für den Eichhof nicht interessant, da dieses aus dem eigenen Wald bezogen werden kann (siehe Kapitel 3.1). Weidenruten von Weiden-Kopfbäumen könnten als Bastelmaterial oder hobbymässiges Bindematerial geerntet werden, was aber ökonomisch kaum interessant wäre (gemäss Aussage von S. Züllig-Morf von der Informationsplattform für Weiden und Weidenhege «salicetum.ch» am 27.06.2019).

### 4.5 Humusbilanz des Konzepts

Der Humusgehalt bei beiden Parzellen ist in der Analyse vom 17.03.2015 mit 2.4 % als schwach humos eingeschätzt (siehe Anhang A).

Die aktuellen Werte des Humus-Ton-Verhältnisses sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Humus- und Tonwerte stammen aus der Bodenanalyse vom 17.03.2015 (Anhang A). Über das erstrebenswerte Humus-Ton-Verhältnis von 17 % sind die dafür nötigen Humusgehalte berechnet worden.

Tabelle 6 - Aktuelle Ton- und Humus-Werte (aus Bodenanalysen in Anhang A)

Fläche	Humus [%]	Ton [%]	Humus-Ton-Verhältnis [%]	Humusgehalt für Humus-Ton-Verhältnis von 17 % [%]	Humusaufbau [%]
Girisberg oben	2.4	14	17	2.4	0
Girisberg unten	2.4	17	14	2.9	20
Längacker	2.4	24	10	4.1	70

Beim Girisberg oben entspricht der aktuelle Ton- und Humusgehalt bereits dem Humus-Ton-Verhältnis von 17 %. Hier wird folglich nicht gezwungenermassen ein Humusaufbau benötigt. Der Boden beim Girisberg unten hat aktuell ein Humus-Ton-Verhältnis von 14 %. Damit dieser auf 17 % kommt, ist ein Humusgehalt von 2.9 % nötig. Das entspricht einem Humusaufbau von 20 %. Für ein Humus-Ton-Verhältnis von 17 % braucht es auf dem Längacker einen Humusgehalt von 4.1 %. Das entspricht einem Humusaufbau von 70 %.

Laut Kapitel 2.4.2 haben bisherige Erfahrungen mit Agroforstsystemen gezeigt, dass mit diesen Humus aufgebaut werden kann. Durch das geplante System mit dem langfristig gespeicherten Kohlenstoff und weniger Bodenbearbeitung auf den Baum- und Blühstreifen sollte ein Humusaufbau erreicht werden. Dies kann durch regelmässige Messungen an den exakt gleichen Standorten überprüft werden.



#### 4.6 Ökologische Bewertung des vorgeschlagenen Konzepts

Zusätzliche Strukturen wie Bäume und Sträucher sowie die Blühstreifen sind für viele Tiere ein willkommener Lebensraum. So können beispielsweise diverse Nützlinge von den Biodiversitätsförderflächen profitieren (Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge, 2018).

Auf dem Betrieb ist gemäss Suisse-Bilanz tendenziell zu viel Phosphor vorhanden. Das kommt vom eingeführten Kuh-, Schwein- und Pferdemit. Dieser enthält im Vergleich zum Stickstoff verhältnismässig zu viel Phosphor (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019). Nach Schoumansa et al. (2014) können Agroforstsysteme den Phosphorausstrag reduzieren.

Die beiden bodenbrütenden Vogelarten Feldlerche und Kiebitz bevorzugen offene Acker- und Weidelandschaften (Jäger, 2016, S. 22). Die Feldlerche wird auf der roten Liste der Schweiz als potenziell gefährdet und der Kiebitz als vom Aussterben bedroht aufgeführt (Keller, et al., 2010). Es lohnt sich deshalb aus Naturschutz-Sicht vor der Pflanzung eines Agroforstsystems abzuklären, ob sich die Parzellen in einem Schutzgebiet befinden (Jäger, 2016, S. 22).

Nach Abklärungen mit Vogelschutzstellen liegen die Parzellen des Eichhofs nicht in einem solchen Schutzgebiet (gemäss Aussage von J. Hassler, Ressortleiter Schutzgebiete von Berner Ala am 09.07.2019).

Nach Aussage von H. Schmid (Leiter Fachbereich Monitoring von der schweizerischen Vogelwarte am 18.07.2019) liegen zudem keine Hinweise auf Kiebitz-Vorkommen in der Region vor. Das Gelände sei für Kiebitze nicht geeignet. Die Anfrage, ob es auf den betroffenen Parzellen bereits zu Sichtungen von Feldlerchen gekommen ist, wurde bis Abschluss der Arbeit noch nicht beantwortet.

#### 4.7 Ökonomische Bewertung des vorgeschlagenen Konzepts

Ob ein Agroforstsystem auf dem Eichhof umgesetzt wird hängt davon ab, ob es sich auch finanziell auszahlt. Um dies zu beurteilen werden die möglichen Erträge mit und ohne Agroforst verglichen. Um herauszufinden, ob der Gewinn eines Agroforstsystems den Verlust der entsprechenden Ackerfläche wert ist, wird zuerst bestimmt, was dieser Verlust kostet.

Für die ökonomische Betrachtung wurden Karotten als eine Vergleichskultur mit hohem finanziellem Ertrag gewählt. Nach Aussage des Betriebsleiters kann er auf dem Acker mit Karotten, Zwiebeln, Spinat und Knoblauch am meisten Geld erwirtschaften. Der Eichhof hat einen Karotten-Ertrag zwischen 40 und 60 t ha<sup>-1</sup>. Davon kann er ca. 40 bis 70 % verkaufen. Wie vom Betriebsleiter vorgeschlagen, wurde hier mit 30 t ha<sup>-1</sup> gerechnet. Im Verkauf erzielt er damit beim Handel CHF 1.- und im Direktverkauf CHF 3.- pro kg (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 02.07.2019). Laut Bio Suisse (2019b) ist die Preisempfehlung für den Direktverkauf von Karotten an Private ab Hof CHF 3.50 bis 5.- pro kg. Diese Preise stellen den gesamtschweizerischen Durchschnitt dar. Der Eichhof liegt mit CHF 3.- pro kg klar unter dem Durchschnitt.

Die Zahlen für Vollkosten und Deckungsbeiträge sind teils vom Betrieb (Ertrag) und teils vom Verband Schweizer Gemüseproduzenten (Anliker, et al., 2018, S. 335.4). Die Berechnung hat

für Karotten auf dem Eichhof einen heutigen Deckungsbeitrag von CHF 16'524.50 ha<sup>-1</sup> ergeben. Mit einem Zuschlag von 10 % auf die Arbeit, wegen möglichen Mehraufwands verursacht durch die Baumreihen, waren es noch CHF 15'161.- ha<sup>-1</sup>.

Der Vergleichswert wurde durch Kulturen mit einem grossen finanziellen Ertrag gebildet. Dabei ist zu beachten, dass in der Fruchtfolge auch eine dreijährige Buntbrache integriert ist. In diesen drei Jahren sind die Einnahmen von der Fläche auf Direktzahlungen wie Qualitäts- und Vernetzungsbeiträge beschränkt, wobei der Agroforststreifen während dieser Zeit weiterhin produziert.

Um einen Vergleichswert über längere Zeit zu erhalten, müsste die gesamte Fruchtfolge durchgerechnet werden. Das ist einerseits ein grosser Aufwand und andererseits mit sehr hohen Ungenauigkeiten z. B. durch Ertragsschwankungen verbunden. Das Ziel des Betriebsleiters ist es, im Durchschnitt über alle Kulturen CHF 5'000.- Reingewinn pro ha zu erwirtschaften (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 10.07.2019). Zur Vereinfachung wurde deshalb mit diesem Zielwert gerechnet. Es ist zu beachten, dass nach Bender et al. (2009, S. 38) beim Arbeitsaufwand für die Ackerfläche, wegen potenziell grösserem Aufwand verursacht durch die Baumreihen, mit einem zeitlichen Mehraufwand von bis zu 10 % gerechnet werden muss. Die Berechnung mit Bio Karotten (Anhang E) hat ergeben, dass sich dieser Mehraufwand mit über 8 % Minderung auf den Deckungsbeitrag auswirkt. Deshalb wurde als Ertrag für die Ackerfläche mit Agroforst nur 90 % der CHF 5'000.- angenommen.

#### 4.7.1 Kosten

Bei den Kosten der Pflanzen wurde deren Umtriebszeit mit einbezogen und die Investition der Anschaffung auf eine jährliche Ausgabe umgerechnet, um die Werte besser vergleichen zu können. Hier eine Auflistung der angenommenen Materialkosten für das Anlegen von Biodiversitätsförderflächen (Schweizerische Vogelwarte, FiBL, 2016):

- Buntbrache Grundversion CHF 1'000.- ha<sup>-1</sup>
- Buntbrache Vollversion CHF 1'700.- ha<sup>-1</sup>
- Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge «Frühling» CHF 600.- ha<sup>-1</sup>
- Hochstamm-Feldobstbäume ca. CHF 80.- pro Stück
- Standortgerechte Einzelbäume (Forstpflanzen, 180cm) CHF 5.- pro Stück
- Steinhäufen, CHF 30.- bis 80.- m<sup>-3</sup>

Für folgende Gehölze wurden die Stückpreise von Glausers Bio-Baumschule in Noflen als Berechnungsgrundlage genommen:

- Apfelbeere (*Aronia*) 50 - 70 cm CHF 38.-
- Holunder Haschberg 50 - 70 cm CHF 38.-
- Kulturhaselnuss 50 - 90 cm CHF 42.-
- Maulbeere 120 - 180 cm CHF 77.-
- Sanddorn 50 - 90 cm CHF 32.-
- Speierling und Elsbeere CHF 110.-

- Wildrosen im 3 l Topf CHF 26.-

Eine schmalblättrige Ölweide (*Elaeagnus angustifolia*) gibt es für CHF 72.- bei Hauenstein in Rafz. Beim Online-Webshop Heckenpflanzendirekt.ch ist ein wurzelnackter Schwarzdorn für CHF 2.14 erhältlich.

Nach Maurer (2015a) kann Haselnuss bis 100 Jahre alt werden. Die Lebensdauer der restlichen Sträucher wurde für die Kostenberechnung auf 50 Jahre geschätzt.

Für Kräuter wurde Zitronenmelisse als Beispiel für die Berechnung verwendet. Eine Pflanze kostet bei der Wildstauden Gärtnerei Patrizia Willi CHF 5.90 ([www.wildstauden.ch](http://www.wildstauden.ch)). Nach Sativa kosten 10 g Samen CHF 21.17, wobei 0.5 g Saatgut für 4 m<sup>2</sup> reichen. Zitronenmelisse hat die Saatgutverfügbarkeitsstufe drei (Koller & Schmutz, 2019, S. 5). Es wird mit einer Kulturdauer von drei Jahren und einem jährlichen Aufwand von 2'000 Handarbeitsstunden pro ha gerechnet (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.39.3).

Bei Beeren wurde mit Aronia gerechnet. Pro Pflanze wird ein Drittel- bis ein Quadratmeter gerechnet (Sandrini, 2016). Hier wurde mit einem m<sup>2</sup> pro Pflanze kalkuliert. Eine Pflanze kostet bei Glasers Bio-Baumschule CHF 38.-. Der Aufbau dauert zwei Jahre und die Produktion anschliessend 12 Jahre (Sandrini & Liebisch, 2015, S. 22).

Als mehrjähriges Gemüse wurde Rhabarber genommen, weil dies laut Betriebsleiter gut verkauft werden kann. Bei der Bio-Baumschule Glaser kostet eine Pflanze CHF 26.-. Es wurde mit 100 Pflanzen gerechnet.

Für die Saat von Ringelblumen wird mit 7 kg ha<sup>-1</sup> Saatgut gerechnet (Zwischenfrüchte von HESA Saaten aus Himberg, ohne Datum). Bei Tagetes wird eine Aussaatstärke von 5 - 10 kg ha<sup>-1</sup> empfohlen (ProGemüse, 2013). Saatgutkosten werden für Tagetes mit umgerechnet CHF 162.- bis 260.- ha<sup>-1</sup> angegeben (Frankenberg & Paffrath, 2004). Es wurde bei beiden Pflanzen mit 7 kg ha<sup>-1</sup> und CHF 250.- ha<sup>-1</sup> gerechnet.

Für die Steinhäufen wird der Durchschnittswert von CHF 55.- angenommen. Da mehrere Steinhäufen geplant sind, wird nicht mit den maximal angegebenen Kosten von CHF 80.- gerechnet, weil bei einer grösseren Menge eine Vergünstigung angenommen wird.

Für die Pflanzung der Bäume werden jeweils Stützpfehl, Fixiermaterial und Stammschutz empfohlen. Häseli et al. (2016, S. 17) empfehlen Pfähle von 2.5 m Länge aus nicht imprägniertem, verwitterungsbeständigem Holz.

Das Bio-Saatgut für einen Blühstreifen bei Sativa kostet pro ha zwischen CHF 732.- (Bestäuber Grundversion) und CHF 1'580.- (Nützlinge Winterkultur). Diese Kosten fallen jährlich an, da die Flächen laut Sativa (Sativa, 2019, S. 13) jedes Jahr vor dem 15. Mai neu angesät werden müssen.

Eine Saatmischung für Buntbrachen ist bei Sativa nicht im Angebot. Bei UFA-Samen kosten diese Mischungen pro ha CHF 964.- (Buntbrache Grundversion) bis CHF 1'488.- (Buntbrache Vollversion) und bei Eric Schweizer aus Thun CHF 1'048.- (Buntbrache Grundversion) bis CHF 1'600.- (Buntbrache Vollversion). Agridea (2019, S. 37) rechnet bei einer Buntbrache vierjährig

im Bioanbau mit einem jährlichen Deckungsbeitrag von CHF 683.- pro ha. Dieser Wert wurde für die Berechnung übernommen.

Da Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge sowie Buntbrachen laut FiBL (2019, S. 11) Saatgutverfügbarkeitsstufe drei sind, ist der Bezug von Sorten aus Biovermehrung freigestellt (Bio Suisse, 2019a, S. 66).

#### 4.7.2 Arbeitsaufwand

Pro Arbeitsstunde wurde wie bei Joller (2018) CHF 30.- verrechnet. Die manuelle Pflanzung eines Baumes dauert etwa eine halbe Stunde (gemäss Aussage von M. Jäger, Agridea Bereich Pflanzenbau, Umwelt am 30.07.2019). Morhart et al. (2015, S. 34) nennen mit der Hilfe eines Erdbohrers eine Viertelstunde pro Baum. Gerechnet wurde mit einer halben Stunde Arbeit pro Baum. Sind die Apfelbäume im Vollertrag, rechnet Häseli (2016, S. 4) mit folgender Anzahl Arbeitsstunden pro Jahr:

- Bei 120 Bäumen  $\text{ha}^{-1}$  und einem Obstertrag von 22 t
  - Mit Mechanisierung 227 h
  - Ohne Mechanisierung 495 h
- Bei 70 Bäumen  $\text{ha}^{-1}$  und einem Obstertrag von 13 t
  - Mit Mechanisierung 196 h
  - Ohne Mechanisierung kein Wert angegeben

Bei Walnussbäumen nennt Maurer (2009, S. 4) für 99 Bäume einen manuellen Ernteaufwand von 282 h pro Jahr.

Bei dem geplanten Agroforstsystem beträgt die Dichte der Obst- und Nussbäume über beide Flächen ca. 44 Bäume pro ha. Da in dem Agroforst durch die Unterpflanzungen die Arbeiten etwas umständlicher sind, wurde mit dem Aufwand nach Häseli (2016, S. 4) für 70 Bäume  $\text{ha}^{-1}$  gerechnet. Die 196 h  $\text{ha}^{-1}$  mit Faktor 2.2 (= 495 h (ohne Mechanisierung) geteilt durch 227 h (mit Mechanisierung)) multipliziert ergibt den manuellen Aufwand von 431 h  $\text{ha}^{-1}$ .

Die Aufwände für die Produktion von Wertholz wurden der Einfachheit halber dazu gerechnet. Dies betrifft jedoch nicht die Begleitwuchsregulierung, welche auch beim Obstbau anfällt. Morhart et al. (2015, S. 34) rechnen mit vier Ästungen in den ersten zehn Jahren. Der Aufwand pro Baum beträgt 5 min für die erste, 10 min für die zweite und je 15 min für die dritte und vierte Ästung. Für die Ernte beträgt der Aufwand zwei Stunden pro Baum.

Die durchschnittliche Ernteleistung bei Holunder liegt bei ca. 50 - 60 kg in einer Stunde (Landwirtschaftskammer Österreich, 2005). Schwarzdorn kann mit einer Pflückleistung von 4.9 bis 12.6  $\text{kg h}^{-1}$  beerntet werden (Schlehen, 2016). Es wurde mit 50  $\text{kg h}^{-1}$  bei Holunderbeeren und 8  $\text{kg h}^{-1}$  bei Schwarzdornbeeren gerechnet.

Laut Sandrini & Liebisch (2015, S. 14) kann bei Aronia mit einer Ernteleistung von 7 kg pro Arbeitskraftstunde gerechnet werden. Der Stundenaufwand für 3'000 Setzlinge auf einer Hektare ist 660 h für Pflanzung und Aufbau. Für die jährliche Kulturführung wird mit 1'160 h gerechnet.

Für das Setzen von einer Rhabarberpflanze wurde mit 0.2 Akh gerechnet (geschätzt). Handler & Blumauer (2006, S. 45) rechnen bei Rhabarber mit einer Ernteleistung von 60 kg h<sup>-1</sup> und einer Standardarbeitszeit im Ertragsstadium von 732 Akh ha<sup>-1</sup>.

Der Betriebsleiter rechnet für das Vorbereiten und Aussähen von Kulturen wie Blumen und Kräuter fünf Stunden pro Hektare (Pflug 2 h, Egge 1.5 h, Saat 1 h, Walzen 0.5 h) (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 05.08.2019). Auf einer Fläche von 100 m<sup>2</sup> wäre dies nur 0.05 h, was für mehrere Arbeitsschritte unrealistisch ist. Für die Berechnung wurde deshalb 0.5 h für 100 m<sup>2</sup> und bei grösseren Flächen 10 h ha<sup>-1</sup> angenommen.

Für Ringelblumen geben Aeschlimann et al. (2015, S. 7.73.3) eine Pflückleistung von 1'500 bis 2'000 Akh ha<sup>-1</sup> an. Um einen Teil für die Insekten stehen zu lassen, wird nur die Hälfte geerntet und mit 1'000 Akh ha<sup>-1</sup> gerechnet. Für Tagetes werden dieselben Werte angenommen.

Für das Anlegen der Blühstreifen fallen Arbeiten wie Saatbettvorbereitung, Ansaat und Säuberungsschnitte aufgrund von Verunkrautung an (Eine blütenreiche Ökowieze anlegen, 2014). Beim Anlegen einer Buntbrache wird nach Pfiffner et al. (2018, S. 14) für 2'000 m<sup>2</sup> mit 6 h für das Vorbereiten des Saatbetts und mit 2.5 h für die Aussaat gerechnet. Für die Pflege ist mit ca. 30 - 50 Arbeitsstunden pro Hektare und Jahr zu rechnen (Eggenschwiler, et al., 2007).

#### 4.7.3 Beiträge

Der Eichhof hat zurzeit etwa 25 % Biodiversitätsförderflächen (BFF), grösstenteils extensive Wiese (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 11.07.2019). Die heutige BFF Fläche beim Girisberg in der Mitte gibt Direktzahlungen als Ackersaum. Unter dem BLW Kultur-Code 559 ist der Beitrag in der Talzone BFF 1 (BFF 2 gibt es nicht für Ackersaum) CHF 3'300.- ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Caillet-Bois, et al., 2019, S. 22). Zudem ergibt die Fläche CHF 1'000.- ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> Vernetzungsbeiträge (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019). Neu wird die BFF Fläche ganz in den Norden der Parzelle verschoben. Gleichzeitig werden alle Baumstreifen ebenfalls als BFF angegeben.

Die Qualitätsstufe II nach DZV kann erreicht werden, da bei allen Obstbäumen innerhalb einer Distanz von weniger als 50 m andere BFF Flächen enthalten sind (Jäger, 2016, S. 25). Für die Baumstreifen können Produktionssystembeiträge für Spezialkulturen in der biologischen Landwirtschaft bezogen werden. Für die Blühstreifen können Produktions-systembeiträge für übrige offene Ackerflächen bezogen werden, da dort Buntbrachen enthalten sind. Bei dem geplanten Agroforstsystem können drei Landschaftsqualitäts-massnahmen angemeldet werden:

- Einzigartige Hauptkulturen (1.2)
- Einzelbäume, Baumreihen und Alleen (einheimische Laubbäume) (3.2.1)
- Traditioneller Streuobstbau und Hochstammfeldobstgärten sowie Alleen mit Hochstammfeldobstbäumen (3.4.1)

Falls auf dem Eichhof schon andere Massnahmen angemeldet sind, kann ab vier Massnahmen ein Diversitätsbonus (6.1) von CHF 400.- bis 800.- pro Jahr bezogen werden. Diejenigen für die Pflanzung von Bäumen können für diesen Bonus nicht angerechnet werden.

Vom Kanton Bern gibt es aktuell keine finanzielle Unterstützung für hangstabilisierende Massnahmen in der Gefahrenzone beim Längacker (gemäss Aussage von F. Witschi, Tiefbauamt des Kantons Bern am 03.06.2019).

Für den Aufbau des Agroforstsystems kann zurzeit bei dem myclimate Projekt «Coop-Förderprogramm für Agroforstwirtschaft» (2019) Unterstützung beantragt werden, wenn mindestens 20 Bäume gesetzt werden. Damit möchten sie für die Landwirtschaftsbetriebe Anreiz schaffen, wieder Bäume auf Acker- und Weideland zu pflanzen. Im Fokus ist die Pflanzung von Wertholz- und Wildobstbäumen in Kombination mit Hochstamm-Obstbäumen. Ein Baum wird dabei mit CHF 75.- unterstützt.

Die Blühstreifenflächen werden nach Direktzahlungsverordnung (DZV) als Buntbrache oder als Blühstreifen angemeldet. Buntbrachen werden mit CHF 3'800.- ha<sup>-1</sup> vergütet, Blühstreifen mit CHF 2'500.- ha<sup>-1</sup> (BLW, 2018b). Eine Buntbrache kann für max. 8 Jahre am selben Ort sein und danach erst vier Jahren später wieder als Brache genutzt werden. In dieser Zeit kann der Streifen als Blühstreifen im Sinne der DZV oder als zusätzliche Ackerfläche verwendet werden. Um diese Rotation zu gewährleisten kann jeweils ein Drittel der geplanten Blühstreifenflächen für vier Jahre entsprechend genutzt werden. In der Berechnung wurde in den vier Jahren mit den Direktzahlungen für Blühstreifen gerechnet. Das ist eher vorsichtig kalkuliert, da mit einer Spezialkultur mehr erwirtschaftet werden kann.

Falls ein Blühstreifen mind. 2.5 m breit ist, was in diesem System nicht geplant ist, könnten zusätzlich Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB) als «1.1 Blühender Ackerbegleitstreifen in Dreschkulturen (LN)» (2017, S. 4) angerechnet werden.

#### 4.7.4 Ertrag

Die Erträge der Pflanzen wurden pro Jahr berechnet. Dafür wurden die Zeit des Aufbaus und jene des Vollertrags miteinbezogen.

Walnussbäume können eine Umtriebszeit für die Produktion von Wertholz von 50 bis 70 Jahren haben, dafür hat Speierling nur etwa 40 Jahre. Als Umtriebszeit für Wertholz wurde hier bei allen Bäumen mit 50 Jahren gerechnet. Es wurde 1 fm Stammholz pro Baum angenommen (Möndel, 2007). Davon wurden 5 % wegen Ausfällen abgezogen (Luick & Vonhoff, 2009, S. 5).

Als Holzpreise wurden die Durchschnittspreise vom Holzmarkt Ostschweiz beigezogen (Ostschweizer Wertholzsubmissionen: Gute Erlöse trotz hohem Angebot, 2019):

- Apfelbaum CHF 365.- pro m<sup>3</sup>
- Erle CHF 104.- pro m<sup>3</sup>
- Nussbaum CHF 705.- pro m<sup>3</sup>

Kaeser et al. (2010a, S. 8) rechnen für Walnussholz mit einem über 60 % höheren Produzentenpreis von CHF 1'168.- pro m<sup>3</sup>.

Nach Jäger (2016, S. 42) dauert es bei Obstbäumen etwa 15 Jahre bis sie im Vollertrag sind. In den ersten acht Standjahren gibt es kaum Ertrag und zwischen dem 9. bis 15. Standjahr noch keinen Vollertrag. Um dies in der Berechnung abzubilden, wurde in den ersten 11 Jahren mit keinem Ertrag und dafür ab dem zwölften Jahr mit Vollertrag gerechnet. Laut Häseli (2016) können im Vollertrag etwa 220 kg Äpfel pro Baum erwartet werden. Für den Verkauf von Tafeläpfeln ab Hof empfiehlt Bio Suisse (2019c) aktuell Preise von CHF 3.- bis 6.90. Kalkuliert wurde mit CHF 5.- pro kg und einem Vollertrag von 200 kg. Bei grossen Mengen von mehreren Tonnen kann evtl. nicht alles als Tafelobst über Direktverkauf abgesetzt werden. Es wurde deshalb zum Vergleich noch eine Variante mit dem Absatz als Mostobst gerechnet. Bio Suisse (2018) nennt hier für gewöhnliches Bio Mostobst CHF 33.- pro 100 kg mit einem Abzug von je CHF 1.- für Werbung und einem Beitrag für die Fachorganisation.

Ein Walnussbaum trägt nach acht bis zehn Jahren 15 bis 30 kg und im Vollertrag bis zu 40 kg Nüsse pro Jahr (Trockengewicht) (Körber, S. 17). Gerechnet wurde in den ersten 11 Jahren mit keinem Ertrag und dafür ab dem zwölften Jahr mit Vollertrag. Nach Bio Suisse (2019c) können getrocknete Baumnüsse pro kg ab Hof für CHF 5.- bis 12.- abgesetzt werden. Angenommen wurden CHF 8.- pro kg.

Nach Maurer (2015a) setzt bei Haselnuss der Vollertrag nach 10 Jahren ein. Mit veredelten Pflanzen sind schon nach dem zweiten Pflanzjahr Erträge gegeben. Mit 400 bis 600 Pflanzen pro Hektare können bis 4 Tonnen Ertrag (Nüsse in Schalen, getrocknet) gerechnet werden. Gauch (2012) rechnet mit einem Ertrag pro Pflanze von 6.5 kg und einem Produzentenpreis von CHF 4.- pro kg. Der Bio Onlineshop Mahler & Co verkauft 200 g geschälte, türkische Haselnüsse zu CHF 5.80 was einem Kilopreis von CHF 29.- entspricht. Das Nettogewicht der getrockneten Nusskerne beträgt etwa 31 bis 40 % des Ausgangsgewichts der frischen Nüsse in der Schale (Weiterverarbeitung, ohne Datum). Es wurde mit 3.3 kg getrockneten Nusskernen pro Pflanze und Jahr im Vollertrag und einem Verkaufspreis von CHF 29.- pro kg gerechnet.

Schwarzdorn erreicht den Vollertrag im Alter von 6 - 8 Jahren (*Prunus spinosa* - Schlehdorn, 2014). Es kann ein Ertrag von 2 bis 5.7 kg pro Baum erreicht werden (Schlehen, 2016). Für die Rechnung wurde 4 kg genommen.

Bei Sanddorn, Wildrose, Ölweide und Schwarzdorn wurden keine Verkaufspreise für die Beeren gefunden. Diese könnten weiter veredelt und als verarbeitetes Produkt verkauft werden:

- Sanddorn: Saft, Sirup, Gelee, Marmelade (Schweizer, 2009, S. 32)
- Wildrose: Gelee, Marmelade, Mark, Likör (Schweizer, 2009, S. 32)
- Schwarzdorn: Likör, Wein, Schnaps (Schweizer, 2009, S. 32)
- Ölweide: Marmelade, Gelee, Kompott oder Likör (Trautmann, 2018)

Ein Essig mit den Beeren zu aromatisieren könnte ebenfalls ausprobiert werden. Der Schweizer Bauernverband (2019) empfiehlt im Direktverkauf folgende Preise:

- Konfitüren, 500g, CHF 5.50 bis 6.50
- Gelees aus div. Früchten, 500g, CHF 6.- bis 8.-
- Sirup aus Saft von Beeren und Früchten, 5dl, CHF 7.50 bis 8.-
- Liköre (mit Kernobstbrand angesetzt), 5dl, CHF 20.- bis 28.-
- Essig (aromatisiert mit Gewürzen und Beeren), 5dl, CHF 5.- bis 5.50

Mit den Blüten von Ölweide, Schwarzdorn und Holunder kann Sirup hergestellt werden (Eppel-Hotz, 2011). Die Preise für Sirup aus Blüten und Blättern im Direktverkauf sind nach Schweizer Bauernverband (2019) CHF 5.- bis 6.- pro 5 dl.

Bei Holunder kann ab dem vierten Standjahr mit einer Ernte von 20 - 25 kg Beeren pro Baum gerechnet werden (Landwirtschaftskammer Österreich, 2005). Höhne (2011, S. 13) hat in einer Versuchsanlage in Deutschland im zweiten Jahr nach der Pflanzung im Mittel 8.9 kg Holunderbeeren je Baum geerntet. Im dritten Standjahr 15.5 kg, im Vierten 31.3 kg, im Fünften 34.5 kg und im sechsten Standjahr 37.2 kg pro Baum. Für die Berechnung wurden 25 kg ab dem vierten Jahr angenommen. Bei dem Blütenertrag wurde in einem FiBL Projekt 5.6 kg als Ziel pro Pflanze angegeben (Bioaktuell, 2015). Für Holunderbeeren werden pro kg CHF 3.50 bis 5.20 empfohlen (Schweizer Obstverband, 2019). Der Schweizer Bauernverband (2019) empfiehlt für reinen Holundersaft pasteurisiert und ohne Gebinde CHF 5.- für 5 dl. In der Berechnung wurden CHF 5.- pro kg Beeren angenommen.

Bei den Beeren wurde mit Aronia gerechnet. Eine Pflanze trägt bis zu 10 kg Früchte pro Strauch (Frick, 2011). Pro kg aus Handernte bekommt man vom Handel einen Preis von CHF 6.35 (Truninger, 2015). Werden sie noch getrocknet und direkt vermarktet, wird auch hier eine hohe Wertschöpfung erreicht. Das Kilo getrocknete Bio Aroniabeeren werden bei Aronia-Swiss für CHF 49.- angeboten. Beim Onlineshop Mahler & Co kosten 100 g Bio Aroniabeeren aus dem Aargau CHF 7.90. Der Schweizer Bauernverband (2019) empfiehlt für Direktverkauf von getrockneten Aroniabeeren einen Preis von CHF 7.50 pro 100 g. Gerechnet wurde mit einem Kilogrammpreis von CHF 49.-. Bei einem Wasseranteil von rund 85 % (Hoffmann, ohne Datum) und einem empfohlenen Trocknungsgrad von 13 - 18 % (Červenka, 2011) ergibt sich ein Trockengewicht von etwa einem Drittel des Frischegewichts.

Bei Zitronenmelisse kann laut Aeschlimann et al. (2015, S. 9.1.2) auf 10 Aren mit einem Ertrag von 420 kg Trockengut gerechnet werden, welcher sich zu CHF 10.25 pro Kilo verkaufen lässt. Im Direktverkauf lassen sich deutlich höhere Preise erzielen. Bei dem Onlineshop World of Tea kosten 100 g Zitronenmelisse Bio CHF 14.20 (world-of-tea.ch). Bio Suisse (2019b) empfiehlt für eine Kräutertee Mischung CHF 12.- bis 24.- pro 100 g ab Hof zu verkaufen. Es wurde mit einem Verkaufspreis von CHF 120.- pro kg kalkuliert.

Nach Rather (2018, S. 5) ist der Ertrag bei Rhabarber im zweiten Standjahr 100 dt ha<sup>-1</sup>, im dritten Standjahr 200 dt ha<sup>-1</sup> und ab dem vierten Jahr 350 dt ha<sup>-1</sup>. Bei einer Lebensdauer von 10 Jahren (LWG Gartenakademie, 2013) wurde nur mit den 7 Jahren Ertrag von 350 dt ha<sup>-1</sup>



gerechnet. Bio Rhabarber kann ab Hof für CHF 6.50 - 10.50 pro kg verkauft werden (Bio Suisse, 2019b). Für die Kalkulation wurden CHF 8.- pro kg angenommen.

Tagetes (*Tagetes erecta* L.) geben einen Ertrag von ca. 25 bis 35 dt Trockenmasse ha<sup>-1</sup> (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2009). Bei Ringelblume (*Calendula officinalis* L.) wird ein Blütenertrag von ca. 10 - 20 dt ha<sup>-1</sup> getrocknete Blütenköpfe angegeben (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2014). Um einen Teil für die Insekten stehen zu lassen wird mit je 500 kg ha<sup>-1</sup> gerechnet. Der Onlineshop Herb TM bietet 50 g getrocknete Tagetes (*Tagetes erecta* L.) Blüten für umgerechnet CHF 2.40. Ringelblumentee von Sonnentor kostet CHF 6.35 für 50 g. Für die Berechnung wurde mit CHF 5.- pro 100 g gerechnet.

Auf den 1'988 m<sup>2</sup> aktiver Blühstreifenfläche können auch essbare Blüten geerntet werden, jedoch nur so, dass die Biodiversitätsförderung gewährleistet bleibt. In den vom Bund bewilligten Saadmischungen für Buntbrachen (BLW, 2018c) sind u. a. die Blüten folgender Pflanzen essbar: Weisse Waldnelke (*Silene alba*), Acker-Waldnelke (*Silene noctiflora*), Wiesen-Margerite (*Leucanthemum vulgare*), Habermarch (*Tragopogon orientalis*), Wilde Malve (*Malva sylvestris*) oder Echtes Johanniskraut (*Hypericum perforatum*). In den Mischungen für Blühstreifen (BLW, 2018d) z. B. das Wiesen-Ferkelkraut (*Hypochaeris radicata*). Diverse kommen in beiden Mischungen vor, wie z. B. Färber-Hundskamille (*Anthemis tinctoria*), Kornblume (*Centaurea cyanus*), Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*), Klatschmohn (*Papaver rhoeas*), Wegwarte (*Cichorium intybus*). Essbare Blumen kann der Betrieb in 500 ml Schalen zu vier bis acht Franken absetzen. Die Erntezeit für eine Schale liegt zwischen einer und fünf Minuten (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 26.06.2019).

Bei erfolgreichem Humusaufbau können mit Humuszertifikaten zusätzliche Einnahmen generiert werden. Dazu sollten gleich zu Beginn Bodenproben mit anerkannten Firmen gemacht werden, um den ursprünglichen Humusgehalt als Referenzwert zu haben.

#### 4.7.5 Gegenüberstellung

Um den Ertragsverlust durch das Agroforstsystem zu berechnen, wird die Ackerfläche betrachtet, die durch das Agroforstsystem verloren geht. Beim Girisberg sind dies 21.4 %, was einem Ertragsverlust von CHF -1'728.75 entspricht. Beim Längacker ist der Verlust an Ackerfläche 45.6 % und die Ertragsdifferenz CHF -1'593.15 (Tabelle 7). Zusammengenommen gehen ca. 27 % der Ackerfläche verloren, was jährlichen Mindereinnahmen von etwa CHF 3'322.- entspricht.

Tabelle 7 - Einbussen durch verlorene Ackerfläche

Parzelle	Heute		Mit Agroforst		Differenz	
	Ackerfläche [m <sup>2</sup> ]	Ertrag [CHF]	Ackerfläche [m <sup>2</sup> ]	Ertrag [CHF]	Ackerfläche [m <sup>2</sup> ]	Ertrag [CHF]
Girisberg	18'939	9'469.50	17'202	7'740.75	-1'737	-1'728.75
Längacker	6'819	3'409.50	4'036	1'816.35	-2'783	-1'593.15

Durch die Umnützung der abgetrennten Flächen als Blüh- und Baumstreifen können aber mehr Direktzahlungen beantragt werden (Anhang F). Beim Girisberg können mit dem

geplanten Agroforstsystem jährlich rund CHF 5'650.23 mehr und beim Längacker rund CHF 3'492.69 Zahlungen erhalten werden. Zusammen sind dies pro Jahr knapp CHF 9'143.92 mehr Direktzahlungen als bisher.

Tabelle 8 - Vergleich der jährlichen Direktzahlungen

Parzelle	Heute [CHF]	Mit Agroforst [CHF]	Differenz [CHF]
Girisberg	6'859.95	12'510.18	5'650.23
Längacker	1'985.34	5'478.03	3'492.69

Der Verlust durch die verlorene Ackerfläche wird durch den Mehrertrag der Direktzahlungen getilgt. Hier fehlen noch die zusätzlichen Investitionen für die Erstellung und Wartung der Anlage. Die Aufwände für den Aufbau wurden in zwei Teile aufgeteilt. In einem ersten Schritt werden nur die Punkte aufgeführt, welche für den Erhalt der berechneten Direktzahlungen (Tabelle 8) mindestens nötig sind. Diese sind in Tabelle 9 abgebildet. Details zu den Berechnungen dazu sind in Anhang G bis Anhang I zu finden. Die Frequenz wurde teils kleiner als die Umtriebszeit gewählt, damit die Pflanzen schon in den Ertrag kommen, wenn die letzte Generation am Ende der Lebensdauer angekommen ist.

Im oberen Teil der Tabelle 9 sind die Kosten- und Arbeitsaufwände für das Anlegen des Systems mit den entsprechenden Kulturen und die jeweiligen Direktzahlungen aufgeführt. Darunter jene Aufwände für die Bewirtschaftung und die Ernteerträge. Für die minimale Installation mit allen Bäumen und Blühstreifen wird mit rund CHF 1'105.- gerechnet. Dies ergibt sich aus Arbeitskosten von CHF 2'533.47 und Materialkosten von CHF -1'428.92. Die Kosten für die Installation der Bäume sind negativ, weil zurzeit die Summe der Fördergelder und Beiträge die Kosten überwiegen.

Werden Zitronenmelisse und Aroniabeeren ebenfalls gepflanzt, welche je CHF 200.- Beiträge für Spezialkulturen einbringen, sind gesamthaft CHF 2'017.54 Material- und CHF 3'142.47 Arbeitskosten nötig. Der Anbau der Beeren lohnt sich nicht nur für die Direktzahlungen, sondern kann sich erst auszahlen, wenn die Beeren auch vermarktet werden.

Bei der Bewirtschaftung der Bäume kann zwischen der Produktion für Wertholz und jener für Obst unterschieden werden. Bei Wertholz kann nach ca. 50 Jahren ein Betrag von über CHF 50'000.- und mit Obst jährlich über CHF 100'000.- eingenommen werden. Die Aufwände sind entweder knapp 388 h über 50 Jahre oder über 1'200 h pro Jahr. Die beiden Nutzungen können kombiniert werden.

Bei einer Bewirtschaftung des Agroforstsystems nur ausgerichtet auf Wertholz entsteht über 50 Jahre so eine Annuität von CHF 11'053.10. Wird Wertholz und Mostobst kombiniert, ist die Annuität CHF -6'067.91 und bei Wertholz mit Tafelobst beträgt sie bis zu CHF 65'548.62. Eine ausschliessliche Produktion von Mostobst lohnt sich nicht, da der Produzentenpreis mit CHF 32.- für 100 kg Bio Mostäpfel sehr tief ist. Aroniabeeren ergeben über 50 Jahre eine Annuität von CHF 12'892.17, Zitronenmelisse eine solche von CHF 4'558.81 und Rhabarber eine über CHF 1'892.28.

Tabelle 9 - Aufwand und Ertrag für Mindestaufbau für berechnete Direktzahlungen

	Wertholz	Obst	Blüh- streifen	Kräuter (Zitronen- melisse)	Beeren (Aronia)
<b>Aufbau</b>					
Frequenz	alle 50 Jahre		alle 8 Jahre	alle drei Jahre	alle 12 Jahre
Kosten [CHF]	-1'747.-		318.08	26.46	3'420.-
Arbeitsaufwand [h]	76		8.45	0.5	19.8
Arbeitsaufwand [CHF]	2'280.-		253.47	15.-	594.-
Direktzahlungen [CHF]	9'339.39		2'089.80	200.-	200.-
<b>Bewirtschaftung</b>					
Frequenz	alle 50 Jahre	jährlich in Ertragsphase			
Arbeitsaufwand [h]	387.75	1'201.33	9.94	20	34.8
Arbeitsaufwand [CHF]	11'632.50	36'039.79	298.20	600.-	1'044.-
Materialaufwand [CHF]	0.-	0.-	318.08	428.30	0.-
Ertrag [CHF]	50'888.65	109'400.-	n. a.	5'040.-	14'700.-

Aufwände und Erträge für weitere Pflanzen, gemäss der Planung, sind in Tabelle 10 und Tabelle 11 dargestellt. Diese sind nicht direkt wirksam auf die Höhe der Direktzahlungen. Sie können jedoch ebenfalls beerntet werden und sind als Struktur und Lebensraum eine Bereicherung für die Fauna (FiBL, 2015; Schaub, 2017). Bei den Aufbaukosten wurde damit gerechnet, alle Pflanzen einzukaufen. Alle könnten auch selbst vermehrt werden, um Kosten zu sparen. Die Ringelblumen sind einjährig, versamen sich aber gut von selbst (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.73.3). Es würden also nicht jährlich die Saatgutkosten von CHF 53.54 anfallen, sondern nach dem ersten Jahr nur noch nach Bedarf.

Bei dem Aufwand für die Pflege, Ernte und Verarbeitung sowie für Erträge wurde für die Wildobststräucher wenig Information gefunden. Getrocknete Ringelblumen und Tagetes ergeben einen hohen finanziellen Ertrag mit wenig Aufbaukosten. Jedoch sind die Erntekosten höher als der Ertrag.

Tabelle 10 - Aufwand und Ertrag für Pflanzen ohne Direktzahlungen (Teil 1)

	Wildrose	Sanddorn	Haselnuss	Ölweide	Holunder
<b>Aufbau</b>					
Frequenz	n. a.	n. a.	alle 90 Jahre	n. a.	alle 47 Jahre
Kosten [CHF]	702.-	1'120.-	462.-	2'880.-	456.-
Arbeitsaufwand [h]	6.75	8.75	2.75	10	3
Arbeitsaufwand [CHF]	202.50	262.50	82.50	300.-	90.-
<b>Bewirtschaftung</b>					
Frequenz	n. a.	n. a.	jährlich	n. a.	jährlich
Aufwand [h]	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	6
Arbeitsaufwand [CHF]	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	180.-
Ertrag [CHF]	n. a.	n. a.	1'052.70	n. a.	1'500.-

Tabelle 11 - Aufwand und Ertrag für Pflanzen ohne Direktzahlungen (Teil 2)

	Schwarzdorn	Rhabarber	Ringelblumen	Tagetes
<b>Aufbau</b>				
Frequenz	alle 43 Jahre	alle 7 Jahre	jährlich	jährlich
Kosten [CHF]	70.62	780.-	53.54	53.54
Arbeitsaufwand [h]	8.25	7.5	2.14	2.14
Arbeitsaufwand [CHF]	247.50	225.-	64.25	64.25
<b>Bewirtschaftung</b>				
Frequenz	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich
Aufwand [h]	16.5	n. a.	428.3	428.3
Arbeitsaufwand [CHF]	495.-	n. a.	6'424.53	6'424.53
Ertrag [CHF]	n. a.	840.-	5'353.77	5'353.77

## 5 Diskussion

Ein Agroforstsystem zahlt sich ökonomisch langfristig aus, wie diverse Untersuchungen aufgezeigt haben (Dupraz, et al., 2005; Garrett, 2009; Kaeser A. , et al., 2010a, S. 5; Armengot, et al., 2016). Wenn die Baumstreifen mit weiteren, möglichst mehrjährigen Kulturen, genutzt werden, kann schon nach kurzer Zeit ein Ertrag erwirtschaftet werden. Es muss nicht mehrere Jahre gewartet werden, bis die Obstbäume in den Ertrag kommen. Grössere Erträge wie die Ernte der Bäume als Wertholz werden erst nach etwa 50 Jahren anfallen. Davon wird erst die nächste oder übernächste Generation profitieren können.

Agroforstsysteme haben auch ein hohes Potenzial einen Teil zur Problemlösung, in Bezug auf relevante Umweltprobleme der modernen Landwirtschaft, beizutragen. Dies schreiben auch Kay, Jäger & Herzog (2019). Sie denken aber, dass die bisherig erprobten, vorwiegend silvoarablen Systeme mit ihrem Fokus auf Konformität mit dem bestehenden Direktzahlungssystem noch nicht als Universallösung ausreichen.

Die Direktzahlungen lassen eine Etablierung von Agroforst generell zu. Das geplante System profitiert hier vor allem von Biodiversitätsbeiträgen. Diese können einen Beitrag zum Aufbau des Agroforstsystems leisten. Laut der Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern (ohne Datum) fördern Direktzahlungen die nachhaltige Landwirtschaft. Die Hochstammbäume und die Buntbrachen werden mit den Zahlungen sehr gefördert. Man kann deshalb davon ausgehen, dass der Bund den ökologischen Nutzen dieser Elemente wertschätzt. Das BLW schreibt (2019), dass mit spezifischen Direktzahlungsarten gemeinwirtschaftliche Leistungen der Landwirtschaft gefördert werden sollen (Artikel 104 der Bundesverfassung).

Ein Gewinn ist auch das Klima auf der Ackerfläche. Durch Windschutz, etwas Schatten, Strukturen, Blüten, Kräuter und Beeren ist die Arbeit auf dem Acker vermutlich etwas angenehmer. Dies trägt zur Zufriedenheit der Mitarbeiter auf dem Hof bei.

Es wurde generell vorsichtig gerechnet. Zum Beispiel wurde bei Zitronenmelisse mit einer Kulturdauer von drei Jahren (bis vier Jahre möglich) und für das erste Jahr wurde mit keinem Ertrag gerechnet obwohl laut Aeschlimann et al. (2015, S. 7.39.3) schon mit 2'000 bis 3'000 kg trockenen Kräutern gerechnet werden könne. Es wurde mit den maximal angegebenen Arbeitsstunden oder mehr gerechnet. Jedoch müssen Arbeitsschritte wie für Administration, Veredlung und Vermarktung der Produkte usw. ebenfalls von den errechneten Erträgen finanziert werden.

Die Preise für Pflanzen in den Kalkulationen sind Endkunden- und Stückpreise. Bei grösseren Stückzahlen bekommt man sicher bessere Konditionen. Zudem erhält der Betriebsleiter bei bestimmten Baumschulen Vergünstigungen.

Die Aroniabeere und Zitronenmelisse als Pflanzen zu kaufen ist teuer. Diese wurden mit eingerechnet, weil sie je CHF 200.- Landschaftsqualitätsbeiträge für einzigartige Hauptkulturen einbringen. Jedoch lohnt sich die Anschaffung nur, wenn die Pflanzen auch beerntet und vermarktet werden. Denkbar wäre es die Kräuter kostengünstig auszusähen und die Zahlungen allenfalls ein Jahr später zu erhalten.

Auch bei den restlichen Pflanzen wird empfohlen diese selbst zu vermehren, um Kosten zu sparen. Folgende Pflanzen lassen sich z. B. über Stecklinge vermehren: Aronia, Haselnuss, Ölweide, Sanddorn, Schwarzdorn, Wildrose, Zitronenmelisse. Rhabarber kann durch Teilen vermehrt werden.

Zu beachten ist, dass bei einem höheren Humusgehalt auch mehr Bodenlebewesen im Boden sind, welche ernährt werden wollen. Das heisst, es muss auch mehr Nahrung auf und in den Boden gebracht werden, z. B. mit Stroh oder Gründüngung (Berner, et al., 2013, S. 21).

Für die Berechnung der Direktzahlungen gibt es von Agridea das Tool «Beitragsrechner AP 14-17» kostenlos. Es ist ein hilfreiches Werkzeug, konnte aber in dieser Arbeit nicht verwendet werden, weil nur Teilflächen beurteilt wurden. Einige Werte in dem Tool ziehen erst, wenn der ganze Betrieb erfasst ist.

Berechnung über einen Zeitraum von über 50 Jahren mit demselben Gewinn wie heute ist nicht sehr realistisch. Es wird von einem vollkommenen Markt ausgegangen, was relativ fern von der Realität ist. Zum Beispiel steuerliche Regelungen werden zur Vereinfachung nicht beachtet. Da jede Veränderung z. B. des Geldwerts, der Steuern und Zinssätze auf beide Systeme Einfluss hat, ist es trotzdem ein hilfreicher Ansatz einen Vergleich der beiden Systeme über einen längeren Zeitraum zu ziehen.

Solch eine Berechnung ist zudem sehr schwierig bei einer Fläche mit einer grossen Vielfalt an Pflanzen. Es gibt sehr viele Einflussfaktoren, die nur schwer abgeschätzt werden können, wie Wettereinflüsse, Preisentwicklungen, Ernteaufträge, Marktentwicklung etc. Daraus folgt, dass etwaige Berechnungen eher ungenau und trotzdem sehr aufwändig sind. Deshalb sind langfristig beobachtbare Beispiele umso wichtiger, um den Nutzen solcher Systeme zu beurteilen (Gordon & Newman, 2018, S. 290).

Wenn mit Umtriebszeiten von über 50 Jahren gerechnet wird, sollte auch beachtet werden, dass in dieser Zeit mehrjährige Pflanzen teilweise auch ersetzt werden müssen. Da Pflanzen wie Minze oder Ringelblumen sich gut selbst ausbreiten, kann ein Ersetzen evtl. auch unterlassen werden, da freiwerdende Flächen aufgrund von absterbenden Pflanzen, von selbst wieder von anderen nutzbaren Pflanzen bedeckt werden.

Die resultierenden Baumdichten sind beim Girisberg 38.5 Bäume  $\text{ha}^{-1}$  und beim Längacker 74.5 Bäume  $\text{ha}^{-1}$ . Beim Längacker entspricht dies den Empfehlungen von Kaeser et al. (2010a, S. 3) von 50 bis 100 Bäume pro Hektare in Agroforstsystemen. Beim Girisberg mit breiteren Ackerstreifen von 24 m liegt die resultierende Dichte etwas tiefer. Es wäre interessant, die beiden Systeme mit den unterschiedlichen Dichten und Ackerbreiten nebeneinander aufzubauen und die Erfahrungen zu vergleichen.

### 5.1 Praktische und ökonomische Machbarkeit des gewählten Designs

Das Agroforstsystem scheint diverse Möglichkeiten zu bieten, einen Mehrertrag zu erwirtschaften. Durch die Diversifizierung entsteht eine zusätzliche Sicherheit. Die aktuelle Möglichkeit mit dem Coop-Förderprogramm für Agroforstwirtschaft einen Beitrag von über CHF

10'000.- für die Pflanzung der Bäume zu bekommen, ist ein guter Grund eine baldige Umsetzung des Konzepts in Betracht zu ziehen.

Zusätzliche finanzielle Unterstützung könnte von Stiftungen kommen. Nach der Schweizer Stiftungsplattform (2019) gibt es ca. 13'000 gemeinnützige Stiftungen in der Schweiz. Darunter gibt es einige, die sich in den Bereichen Umweltschutz, Ökologie und Landwirtschaft in der Schweiz engagieren, wie z. B. das Ithaka Institut ([www.ithaka-institut.org](http://www.ithaka-institut.org)), die JAF Foundation ([www.jaf-foundation.org](http://www.jaf-foundation.org)) oder die MAVA Fondation pour la Nature ([mava-foundation.org](http://mava-foundation.org)). Unterstützungsanträge an solche Stiftungen für den Aufbau eines Agroforstsystems könnten weitere finanzielle Mittel ergeben.

Der Betriebsleiter sieht die Chance, in den Baumreihen Anlässe zu veranstalten. Auch Krummenacher et al. (2008) erwähnen die Möglichkeiten von Tourismus, Erlebniswelt, Gastronomie und Edukation im Zusammenhang mit der ästhetischen Landschaftsaufwertung durch die Baumreihen.

Laut Jäger (gemäss Aussage am 11.06.2019) ist eine Naturschutzhecke auf dem Landwirtschaftsland uninteressant. Diese könnten, wenn der verholzte Anteil zu gross wird, zu Wald werden und dann nicht mehr entfernt werden dürfen. Um zu verhindern, dass die Baumstreifen, mit den vielen einheimischen Heckenpflanzen, als Hecke eingestuft wird, sollte das System klar als «Obstgarten als Hauptnutzen mit anderweitiger Unternutzung» deklariert werden. Dazu hilft es bei den Sträuchern tendenziell grossfruchtige Sorten zu wählen.

Sanktionen für negative Umwelteinflüsse (externalisierte Kosten) oder Zahlungen für positive Umwelteinflüsse würden die tatsächlichen Preise eher widerspiegeln und die Agroforstwirtschaft zu einem finanziell rentableren System machen (Kay, et al., 2019). Aufgrund bisher unerreichter Umweltziele in der Landwirtschaft ist es denkbar, dass künftig solche Massnahmen ergriffen werden könnten.

Die Bodenbearbeitung ist ein grosses Thema beim biologischen Anbau (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019). Die Baumstreifen sollten, wenn sie einmal etabliert sind mit sehr wenig oder keiner Bodenbearbeitung auskommen, was den Arbeitsaufwand reduziert.

Es wurde bei Buntbrachen mit der maximalen Zeitdauer von acht Jahren gerechnet. Laut UFA-Samen (2019, S. 48) kann es schwierig sein, die Fläche so lange als Buntbrache zu erhalten, weil der Anteil der Gräser erfahrungsgemäss im Laufe der Jahre ansteigt. In der vierjährigen Pause zwischen Buntbrachen wurde der Streifen als Ackerland eingeplant. Es könnte auch ein BFF-Blühstreifen angelegt werden. Das ist jedoch recht aufwendig im Vergleich zu den CHF 2'500.- ha<sup>-1</sup> an Biodiversitätsbeiträgen (Caillet-Bois, et al., 2019, S. 22). Mehrere Jahre BFF-Blühstreifen nacheinander ist laut UFA-Samen (2019, S. 47) nicht empfehlenswert wegen Unkrautdruck.

Der Eulenhof in Möhlin hat gemäss E. Hilpert (Eulenhof Möhlin Inhaber, Aussage am 28.07.2019) folgende Erfahrungen gemacht mit Wildobst zwischen den Hochstamm Obstbäumen:

- Probleme mit Läusebefall bei der Ernte von Holunderblüten
- Befall der Essigfliege in den Holunderbeeren
- Hoher Aufwand bei der Ernte von Hagenbutten und Schwarzdorn
- Wildpflaumen (*Prunus cerasifera*) können bei den Anteilen der Solidarischen Landwirtschaft helfen, die Zeit nach den Kirschen zu überbrücken
- Die meisten Schwarzdorn- und Wildpflaumensträucher wurden mit Zwetschgen veredelt, da deren Ernte bedeutend rationeller erledigt werden kann und die Früchte viel begehrter sind
- Sehr gute Zwetschgenernte 2018 bei den Pflanzen, welche vier Jahren vorher veredelt wurden
- Kornelkirschen werden für die Anteile der Solidarischen Landwirtschaft geerntet
- Sanddorn wurde bisher nur wenig für den Eigenbedarf geerntet, weil der Aufwand zu gross ist im Vergleich zum Ertrag. Mit Einfrieren ganzer Äste und nachfolgendem Abschlagen der Früchte könnte eine rationelle Ernte erfolgen. Dafür bräuchte es eine Einrichtung zur Reinigung des Abgeschlagenen. Der Eulenhof habe jedoch zu wenig Pflanzen, um so etwas wirtschaftlich gestalten zu können.

Aus diesen Erfahrungen können für den Eichhof folgende Schlüsse gezogen werden:

- Beim Holunder sollte der Schädlingsdruck gut beobachtet werden
- Eine Veredlung von Schwarzdorn mit Zwetschgen scheint sich zu lohnen
- Um Sanddorn rationell zu ernten benötigt es eine Möglichkeit ganze Äste einzufrieren und eine Reinigungsanlage für das anschliessend abgeschlagene Erntegut

## 5.2 Mehrjährige Handlungsempfehlung für den Eichhof

Aufgrund der aktuell möglichen Fördergelder für die Pflanzung von Bäumen auf Ackerland, wird empfohlen, die Baumstreifen dieses oder nächstes Jahr anzulegen. Die jährliche Unterstützung durch Direktzahlungen trägt dazu bei, die finanziellen Verluste durch die verlorene Ackerfläche und den erhöhten Arbeitsaufwand zu decken. Ebenfalls sollten die Blühstreifen gleich mit den Baumstreifen angelegt werden. Diese sind ein Beitrag zur Erreichung von BFF2 bei den Baumstreifen, werden selbst mit Direktzahlungen belohnt und tragen zur Förderung der Nützlinge bei. Die Unternutzung in den Baumstreifen kann unabhängig vom Setzen der Bäume geplant werden. So lässt sich dieser Schritt bei Zeitnot auch zu einem späteren Zeitpunkt machen.

Die Bäume sollten für die Wertholzproduktion erzogen werden. Dies steht einer Fruchtnutzung nicht im Wege, benötigt wenig Aufwand und gibt nach 50 Jahren einen guten Ertrag. Eine Fruchtnutzung lohnt sich, je mehr Obst als Tafelobst verkauft werden kann. Die Produktion von Mostobst allein lohnt sich nicht, wenn die Mostäpfel nicht selbst veredelt



werden. Mindestens 31 % der Äpfel müssten als Tafelobst direktvermarktet werden, damit sich der Aufwand auszahlt.

Beeren, Kräuter und mehrjährige Gemüse in den Baumreihen können sich ökonomisch lohnen. Aroniabeeren, Zitronenmelisse und Rhabarber haben über 50 Jahre jeweils positive Annuitäten ergeben. Eine Bewirtschaftung der Ringelblumen und Tagetes macht dagegen finanziell keinen Sinn, da die Erntekosten höher sind als der Ertrag. Aus ökologischen Gründen wird jedoch die Aussaat trotzdem empfohlen.

Wenn neue Kulturen in den Betrieb integriert werden, heisst das womöglich auch neue Arbeitsschritte, neue Ernte-, Verarbeitung- und Absatzmethoden. Deshalb wäre es sinnvoll, für jedes neue Produkt jeweils ein eigenes Anbau-, Ernte-, Aufbereitungs- und Lagerungskonzept zu erstellen.

Daraus ergeben sich folgende nächste Schritte:

1. Detailkonzept für das Anlegen von Baum- und Blühstreifen, allenfalls noch ohne Unternutzung in den Baumreihen. Darin werden auch die Baumarten und -sorten definiert und die Konzepte für deren Nutzung erstellt.
2. Klärung der Finanzierung, inkl. Beantragung der Fördergelder
3. Anlegen Baum- und Blühstreifen, inkl. Pflanzung der Bäume
4. Falls in Schritt 1. noch nicht gemacht, Detailkonzept für die Unternutzung in den Baumreihen erstellen
5. Aufbau der Unternutzung in den Baumstreifen

Laut dem Betriebsleiter könnten noch weitere Flächen auf dem Hof mit Agroforst genutzt werden. Zum Beispiel wären der Guschi-Hügel unterhalb dem Längacker oder eine Fläche zwischen der Kantonsstrasse und den Bahngleisen zusätzliche Möglichkeiten. Wenn sich die geplanten Agroforstflächen bewähren, könnte das Konzept demzufolge auf weitere Flächen ausgedehnt werden.

Fixe Fahrspuren auf den Ackerflächen sind eine Möglichkeit den momentan verdichteten Böden entgegen zu wirken. Der Eichhof hat mit 1.8 m breiten fixen Fahrspuren in Ost-West-Richtung auf dem Girisberg negative Erfahrungen gemacht. Schon nach anderthalb Jahren bildeten sich Stufen, welche die Bearbeitung erschwerten (gemäss Aussage von S. Brunner, Betriebsleiter Eichhof am 25.06.2019). Bei ebenen Flächen oder in Nord-Süd-Richtung könnten solche Fahrspuren erneut getestet werden (Abbildung 26).



Abbildung 26 - Dauerbegrünte, fixe Fahrspuren neben Hochstamm-Obstbäumen (Hänni, ohne Datum)

### 5.3 Beantwortung der Forschungsfragen

Die in der Arbeit gestellten Forschungsfragen werden hier beantwortet.

#### **Welche Möglichkeiten einer Umstellung auf Agroforst bieten sich dem Betrieb Eichhof und wie lassen sich diese ökologisch bewerten?**

Der Eichhof hat mit seiner bereits hohen Diversifikation, einer vielseitigen Vermarktung und Innovationsbegeisterung gute Voraussetzungen für die Etablierung eines Agroforstsystems. Ebenso sind Klima und Boden dafür geeignet. Aktuelle Fördermassnahmen für Bäume halten das finanzielle Risiko im Rahmen. Je nach Arten, Anzahl und Nutzung der Bäume kann der Arbeitsaufwand für die Pflege der Anlage etwas gesteuert werden.

Ein Agroforstsystem erhöht die Biodiversität und bringt so mehr Stabilität in das Ökosystem. Durch mehr Struktur und Vielfalt über und im Boden entsteht zusätzlicher Lebensraum und Nahrung für die Fauna. Ebenfalls trägt eine Blütenvielfalt in den Blühstreifen oder in den Baumreihen zur Förderung von Nützlingen bei. Dadurch kann der Aufwand für Pflanzenschutz geringer werden. Es kann auch ein Indiz für die ökologische Wirksamkeit des Systems sein, wenn nach Etablierung der Anlage weniger Schädlingsdruck besteht. Humusaufbau kann durch regelmässige Bodenproben überprüft werden.

#### **Welchen Einfluss hat eine Teilumstellung des Eichhofs auf Agroforst bezüglich ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte?**

Durch Direktzahlungen und Fördergelder kann sich das Agroforstsystem ökonomisch schon kurzfristig rentieren. Direktzahlungen können sich ändern. Die bestehenden Umweltziele und die positiven Einflüsse von Bäumen darauf, sprechen nicht dafür, dass diese Beiträge in naher Zukunft wegfallen. Auch falls dies einmal geschehen würde, könnte bis dahin mit den Fruchterträgen eine weitere Einkommensquelle eröffnet werden. Durch eine weitere Diversifikation wird der Hof zusätzliche ökonomische Sicherheit erhalten. Zu beachten ist,

dass je nach Kultur evtl. noch wenig Wissen und Erfahrungen vorhanden sind und ein Aufbau davon ebenfalls eine Investition sein kann, die getätigt werden muss.

Die zusätzlichen Strukturen durch Bäume und Sträucher sowie die Blühstreifen sind ein willkommener Lebensraum für viele Tiere. Das Agroforstsystem kann die Stickstoff- und Phosphorausträge reduzieren. Es kann zudem zu Humusaufbau beitragen, Erosion reduzieren, als Kohlenstoffsенke wirken und Ammoniak aus der Luft filtern. Das System trägt so zur Reduktion der Defizite anhand der Defizitkarten vor Ort bei. Das Mikroklima kann durch Wind- und Sonnenschutz positiv beeinflusst werden. Folglich besteht auch ein Schutz vor Verdunstung.

#### 5.4 Weitere Forschung

Zum Vergleich könnten weitere Berechnungen z. B. mit breiteren Baumstreifen auf dem Girisberg gemacht werden. Die Wurzelräume der geplanten Pflanzen wurden in dieser Arbeit nicht betrachtet. Eine optimale Kombination der Pflanzen, welche gewährleistet, dass sich diese gut im Boden ausbreiten können, wäre interessant.

Für die Bepflanzung des Baumstreifen sind weitere Studien nötig. Bisher wurde meist nur mit einer Baumart geforscht (Dupraz & Newman, 2018, S. 141). Erst unlängst wurden verschiedene Bäume gemischt, was mehr Biodiversität ergibt. Zum Beispiel wurde 2008 in einer Versuchsanlage in Deutschland Pappel mit Espe und Weide aufgebaut (Lamerre, et al., 2015). Zu mehrjährigen Gemüsen und essbaren Blüten könnte eine Marktanalyse gemacht werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- admin.ch. (2015). *Blühstreifen reduzieren Schädlinge*. Abgerufen am 11. 07. 2019 von Agroscope:  
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/agroscope-online-magazin-jahresbericht/2015/2015-2/bluehstreifen-reduzieren-schaedlinge.html>
- admin.ch. (20. 02. 2017). *Blühstreifen für Nützlinge lohnen sich*. Abgerufen am 11. 07. 2019 von Agroscope:  
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/medieninformationen/medienmitteilungen.msg-id-67468.html>
- admin.ch. (28. 11. 2017). *Übergangsbeitrag*. Abgerufen am 12. 07. 2019 von Bundesamt für Landwirtschaft BLW:  
<https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/uebergangsbeitrag.html>
- admin.ch. (05. 12. 2018). *Einzelkulturbeiträge*. Abgerufen am 12. 07. 2019 von Bundesamt für Landwirtschaft BLW:  
<https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/einzelkulturbeitraege.html>
- admin.ch. (ohne Datum). *Karten der Schweiz*. Abgerufen am 05. 09. 2018 von Karten der Schweiz: <https://map.geo.admin.ch>
- admin.ch. (ohne Datum). *Nützlingsblühstreifen*. Abgerufen am 11. 07. 2019 von Agroscope:  
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umweltressourcen/biodiversitaet-landschaft/oekologischer-ausgleich/nuetzlingsbluehstreifen.html>
- admin.ch. (ohne Datum). *Pawpaw (Indianerbanane)*. Abgerufen am 14. 07. 2019 von Agroscope: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/ueberuns/standorte-kontakte/breitenhof/wildsorten/pawpaw.html>
- Aeschlimann, T., Baroffio, C., Carron, C.-A., Gammeter, M., & Vonnez, J.-F. (2015). *Datenblätter Heil- und Gewürzkräuter*. Lindau: Agridea.
- AGRIDEA. (2019). *Deckungsbeiträge Ausgabe 2019 - Hackfrüchte, übrige Kulturen, Futterbau*. Agridea.
- Agroscope. (2015). Biodiversität in der Landwirtschaft : Monitoringprogramm ALL-EMA gestartet. *Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement*, 113, 212-213. doi:10.5169/seals-513898
- Agroscope. (2016). *Agroforstwirtschaft: Ideen für Studienarbeiten*. Agroscope.
- Agroscope. (2017). *Neuer Humusbilanz-Rechner von Agroscope*. Zürich: Agroscope.

- agroscope.admin.ch. (ohne Datum). *Boden nutzen, schützen und verbessern*. Abgerufen am 01. 07. 2019 von Agroscope: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/dossiers/boden.html>
- agroscope.admin.ch. (ohne Datum). *Monitoringprogramm „Arten und Lebensräume Landwirtschaft“ - ALL-EMA*. Abgerufen am 01. 07. 2019 von Agroscope: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/monitoring-analytik/all-ema.html>
- Alam, M., Olivier, A., Paquette, A., & al, e. (2014). A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforest Systems*, 88, 679–691. doi:10.1007/s10457-014-9681-x
- Albisser, G. (2018). Lebenszyklus-Wirtschaftlichkeit - eine Möglichkeit zur ökonomischen Beurteilung von Agroforstsystemen. *Tagung Agroforst*. Lindau: Agridea.
- Altieri, M. (2009). Green desserts: Monocultures and their impacts on biodiversity. In M. Emanuelli, J. Jonsén, & S. Monsalve Suárez, *red sugar, green deserts* (S. 67-76). Halmstad: FIAN International, FIAN Sweden, HIC-AL, and SAL.
- Ambus, P. (1993). Control of denitrification enzyme activity in a streamside soil. *FEMS Microbiology Letters*, 102, 225-234. doi:10.1111/j.1574-6968.1993.tb05814.x
- Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern. (2017). *Massnahmenblätter für Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB) ab 2015*. Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern.
- Anliker, T., Bachmann, D., Cattori, D., & et al. (2018). *ProfiCost Gemüse - Vollkostenrechnung und Deckungsbeiträge für den Anbau von Gemüse*. Koppigen: SZG / CCM / CSO.
- Armengot, L., Barbieri, P., Andres, C., Milz, J., & Schneider, M. (2016). Cacao agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. *Agronomy for Sustainable Development*, 70(36). doi:10.1007/s13593-016-0406-6
- BAFU (Hrsg.). (2017). *Boden in der Schweiz - Zustand und Entwicklung. Stand 2017*. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- BAFU. (2007). *Bodenschutz Schweiz – Ein Leitbild*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU. (2014a). *Anpassung an den Klimawandel - Aktionsplan 2014 – 2019 - Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014*. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- BAFU. (2014b). *Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU. (2017). *Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU, BLW. (2008). *Umweltziele Landwirtschaft*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bundesamt für Landwirtschaft BLW.

- BAFU, BLW. (2016). *Umweltziele Landwirtschaft - Statusbericht 2016*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- baldur-garten.ch. (ohne Datum). *Winterharte Kaki*. Abgerufen am 14. 07. 2019 von Baldur-Garten: <https://www.baldur-garten.ch/produkt/Obstbaeume/3302/Obst/Obstbaeume/Winterharte+Kaki/detail.html>
- Balny, P., Domallain, D., & de Galbert, M. (2015). *Promotion des systèmes agroforestiers. Propositions pour un plan d'actions en faveur de l'arbre et de la haie associés aux productions agricoles*. Paris: Ministère de l'agriculture.
- baumschule-friedersdorf.de. (ohne Datum). *Anbau von Sanddorn - Eine Kurzinformation*. Abgerufen am 13. 07. 2019 von Friedersdorfer Baumschulen: <https://www.baumschule-friedersdorf.de/sanddorn-anbau.html>
- be.ch. (ohne Datum). *Beitragsarten*. Abgerufen am 11. 07. 2019 von Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern: [https://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/direktzahlungen/allgemeine\\_direktzahlungen.html](https://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/direktzahlungen/allgemeine_direktzahlungen.html)
- be.ch. (ohne Datum). *Direktzahlungen fördern die nachhaltige Landwirtschaft*. Abgerufen am 27. 07. 2019 von Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern: <https://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/direktzahlungen.html>
- be.ch. (ohne Datum). *Waldfunktionen*. Abgerufen am 19. 07. 2019 von Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern: [https://www.vol.be.ch/vol/de/index/wald/wald/berner\\_wald/waldfunktionen.html](https://www.vol.be.ch/vol/de/index/wald/wald/berner_wald/waldfunktionen.html)
- Bender, B., Chalmin, A., Reeg, T., Konold, W., Mastel, K., & Spiecker, H. (2009). *Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern - Leitfaden für die Praxis*. Freiburg: Universität Freiburg.
- Benz, R., & Jucker, P. (2015). *Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge*. Lausanne: Agridea.
- Benz, R., Jucker, P., Koller, N., Kuchen, S., & et al. (2015). *Hecken – richtig pflanzen und pflegen*. Lausanne: AGRIDEA.
- Benz, R., Kuchen, S., Jucker, P., Schiess-Bühler, C., & Schoop, J. (2015). *Unsere einheimischen Heckenpflanzen*. Lausanne: Agridea.
- Berner, A., Böhm, H., Brandhuber, R., & et al. (2013). *Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit*. Frick: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- Best, L. (1990). Sustaining wildlife in agroecosystems. *Leopold Centre for Sustainable Agriculture Newsletter*, 2, 4-7.

- Beuschel, R., Piepho, H.-P., Joergensen, R., & Wachendorf, C. (2019). Similar spatial patterns of soil quality indicators in three poplar-based silvo-arable alley cropping systems in Germany. *Biology and Fertility of Soils*, 55, 1-14. doi:10.1007/s00374-018-1324-3
- bff-spb.ch. (08. 02. 2018). *Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge*. Abgerufen am 11. 07. 2019 von Biodiversitätsförderung in der Schweizer Landwirtschaft: <http://www.bff-spb.ch/de/biodiversitaetsfoerderflaechen/acker/bluehstreifen-fuer-bestaeuher-und-andere-nuetzlinge/>
- Bio Suisse. (2018). *Richtpreise Biomostobst Ernte 2018*. Bio Suisse.
- Bio Suisse. (2019a). *Bio Suisse - Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten*. Basel: Bio Suisse.
- Bio Suisse. (2019b). *Preisempfehlungen für den Verkauf ab Hof: Ausgabe 2019, Juni - September*. Basel: Bio Suisse. Von [https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Markt/Direktvermarktung/Preisempfehlungen\\_Direktvermarktung\\_2019\\_Gemuese\\_Kartoffeln\\_01.pdf](https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Markt/Direktvermarktung/Preisempfehlungen_Direktvermarktung_2019_Gemuese_Kartoffeln_01.pdf) abgerufen
- Bio Suisse. (2019c). *Richtpreise für den Verkauf ab Hof: AUSGABE 2018/19*. Bio Suisse.
- Bioaktuell. (2015). Holunderanbau - Auf dem Weg zur Professionalisierung. *Magazin Bioaktuell*, 9, 12-13.
- bioaktuell.ch. (17. 02. 2014). *Eine blütenreiche Ökowiese anlegen*. Abgerufen am 21. 07. 2019 von <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/nachhaltigkeit/biodiversitaet/oekowiesen/eine-bluetenreiche-oekowiese-anlegen.html>
- bioaktuell.ch. (20. 05. 2019). *Biokräuteranbau als Chance in der Direktvermarktung*. Abgerufen am 05. 06. 2019 von <https://www.bioaktuell.ch/aktuell/meldung/biokraeuteranbau-als-chance-in-der-direktvermarktung-5-2019.html>
- biobaumschule.ch. (ohne Datum). *Holunder 'Haschberg'*. Abgerufen am 15. 07. 2019 von Glausers Bio Baumschule: <https://shop.biobaumschule.ch/holunder-haschberg.html>
- Blume, H.-P., Brümmer, G., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretz, R., . . . Wilke, B.-M. (2010). *Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde* (16. Auflage Ausg.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- BLW. (2015a). *Ressourceneffizienzbeiträge nach Artikel 76 Landwirtschaftsgesetz (LwG) - Anforderungen für die Einreichung von Vorschlägen*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2015b). *Vollzugshilfe Vernetzung nach DZV*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2018a). *Flächenkatalog / Beitragsberechtigung der Flächen 2019 - Vollzugshilfe Merkblatt Nr. 6*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.

- BLW. (2018b). *Überblick: Direktzahlungen an Schweizer Ganzjahresbetriebe*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2018c). *Buntbrache und Rotationsbrache Zusammensetzung der bewilligten Saatmischungen 2019*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2018d). *Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge Zusammensetzung der bewilligten Saatmischungen 2019*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2018e). *Vernehmlassung zur Agrarpolitik ab 2022 (AP22+) - Erläuternder Bericht*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2018f). *Agrarbericht 2018*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (2018g). *Weisungen und Erläuterungen 2019 zur Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- BLW. (10. 07. 2019). *Direktzahlungen*. Abgerufen am 27. 07. 2019 von Bundesamt für Landwirtschaft BLW:  
<https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen.html>
- Böhm, C. (2018). Agroforstwirtschaft: Äusserst vielversprechend! Alte Systeme fit für die Zukunft. *bioland - Fachmagazin für den ökologischen Landbau*, 14-16.
- Böhm, C., Kanzler, M., & Freese, D. (2014). Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforest Systems*, 88, 579-591. doi:10.1007/s10457-014-9700-y
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg. (2017). Bäume in der Land(wirt)schaft - von der Theorie in die Praxis. 5. *Forum Agroforstsysteme*. Cottbus: Christian Böhm.
- Brandle, J., Wardle, T., & Bratton, G. (1992). Opportunities to increase tree planting in shelterbelts and the potential impacts on carbon storage and conservation. In R. Sampson, & D. Hair, *Forest and Global Change Volume One: Opportunities for Increasing Forest Cover* (S. 157-176). Washington, DC: American Forests.
- Braun, B., & Konold, W. (1998). *Kopfweiden : Kulturgeschichte und Bedeutung der Kopfweiden in Südwestdeutschland*. Ubstadt-Weiher: Verlag Regionalkultur.
- Bundesamt für Energie. (ohne Datum). *Windatlas Schweiz: Jahresmittel der modellierten Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 50 m Höhe über Grund*. Abgerufen am 03. 06. 2019 von Schweizerische Eidgenossenschaft:  
[https://api3.geo.admin.ch/rest/services/bafu/MapServer/ch.bfe.windenergie-geschwindigkeit\\_h50/1034\\_845/extendedHtmlPopup?lang=de](https://api3.geo.admin.ch/rest/services/bafu/MapServer/ch.bfe.windenergie-geschwindigkeit_h50/1034_845/extendedHtmlPopup?lang=de)
- Bundesrat. (2017). *Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln - Bericht des Bundesrates*. Bern: Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft.



- Bünemann, E., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R., De Deyn, G., & et al. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125. doi:10.1016/j.soilbio.2018.01.030
- Byrne, K., & Kiely, G. (2008). *Evaluation of Models (PaSim, RothC, CENTURY and DNDC) for Simulation of Grassland Carbon Cycling at Plot, Field and Regional Scale*. Cork: Environmental Protection Agency.
- Caillet-Bois, D., Weiss, B., Benz, R., & Stäheli, B. (2019). *Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Wegleitung*. Lindau: Agridea.
- Campanhola, C., & Pandey, S. (2019). *Sustainable Food and Agriculture - An Integrated Approach*. London: FAO.
- Capriel, P. (2010). *Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern*. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Cardinael, R., Chevallier, T., Cambou, A., Béral, C., Barthès, B., Dupraz, C., . . . Chenu, C. (2017). Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236, 243-255. doi:10.1016/j.agee.2016.12.011
- Červenka, L. (2011). Moisture adsorption characteristics of black currant (*Ribes Nigrum* L.), black elderberry (*Sambucus Nigra* L.) and Chokeberry (*Aronia melanocarpa*, [MINCHX.] ELL.) samples at different temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 34(5), 1419-1434. doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00507.x
- Collignon, P., & Bureau, B. (2018). *Mehrjähriges Gemüse - Einmal pflanzen - dauernd ernten*. (S. Hesemann, Übers.) Stuttgart: Ulmer.
- Crawford, M. (1995). *Nitrogen-fixing Plants for Temperate Climates*. Dartington: Agroforestry Research Trust.
- Crawford, M. (2012). *Creating a Forest Garden - Working with Nature to Grow Edible Crops*. Totnes: green books.
- DeHaan, L., Cox, T., Van Tassel, D., & Glover, J. (2007). Perennial grains. In S. Scherrand, & J. McNeely, *Farming with nature: The science and practice of eco-agriculture* (S. 61-82). Washington DC: Island Press.
- Der Grosse Rat des Kantons Bern. (2019). *Gesetz betreffend die Einführung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (EG ZGB)*. Der Grosse Rat des Kantons Bern.
- Der Schweizerische Bundesrat. (2008). *Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen*. Bern: Der Schweizerische Bundesrat.
- Der Schweizerische Bundesrat. (2013). *Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen*. Bern: Der Schweizerische Bundesrat.

- Dexter, A., Richard, G., Arrouays, D., Czyż, E., Jolivet, C., & Duval, O. (2008). Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma*, 144(3-4), 620-627. doi:10.1016/j.geoderma.2008.01.022
- Dudley, N., & Alexander, S. (2017). *Global Land Outlook - First Edition*. Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).
- Dupraz, C. (1994). Les associations d'arbres et de cultures intercalaires annuelles sous climat tempéré. *L'agrolignicultur*, 72-83. doi:10.4267/2042/26619
- Dupraz, C., & Newman, S. (2018). Temperate agroforestry: the European way. In A. M. Gordon, S. M. Newman, & B. R. Coleman, *Temperate Agroforestry Systems* (S. 98-152). Oxfordshire: Cab International.
- Dupraz, C., Burgess, P., Gavaland, A., & et al. (2005). *SAFE Final Report - Synthesis of the SAFE project (August 2001 - January 2005)*. Montpellier: INRA.
- Eggenschwiler, L., Jacot, K., Häni, F., Ramseier, H., Vonlanthen, I., & et al. (2007). *Brachen richtig anlegen, pflegen und aufheben*. Agridea.
- eggert-baumschulen.de. (02. 02. 2014). *Prunus spinosa - Schlehdorn*. Abgerufen am 30. 07. 2019 von Eggert Baumschulen: <http://www.eggert-baumschulen.de/products/de/Laubgehoeelze/deutsch-botanisch/S/Prunus-spinosa.html>
- Eppel-Hotz, A. (2011). Essbare Pflanzen – was Sie sich nie zu probieren trauten. *Deutscher Gartenbau*, 6, 56-62.
- Erfurt, K. (2019). So funktioniert Agroforst im Ackerbau. *BauernZeitung - Nachrichten aus der Schweizer Landwirtschaft*, 108(9), 3.
- Erismann, J., Sutton, M., Galloway, J., Klimont, Z., & Winiwarter, W. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 10(1), 636-639. doi:10.1038/ngeo325
- eurafagroforestry.eu. (ohne Datum). *European Agroforestry Federation*. Abgerufen am 16. 06. 2019 von European Agroforestry Federation: <http://www.eurafagroforestry.eu>
- FAO. (2011). *Energy-Smart Food for People and Climate*. Rome: FAO.
- FAO. (2015). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Rome: FAO and ITPS.
- FiBL. (2015). *Sorten für den biologischen Obstbau auf Hochstämmen*. Frick: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- FiBL. (2019). *Sortenliste 2019 | Ausgabe Schweiz | Nr. 1237 - Futterbau und übrige Ackerkulturen*. FiBL.
- Fitze, U. (2011). Erosion: Risiken kennen – und vorsorgen. *Magazin «umwelt» 4/2011 - Bodenwelten*, 14-16.

- Fliessbach, A., Bünemann-König, E., & Mäder, P. (2019). *Referenzwerte für Humus in Schweizer Ackerböden. Humus im Vollzug*. Frick: Unpublished.
- Frankenberg, A., & Paffrath, A. (2004). *Nematoden im Ökologischen Gemüsebau*. Bonn: Landwirtschaftskammer NRW.
- Frick, C. (2011). Die Aroniabeere als gesunde Alternative. *LANDfreund*, 03, 42, 43.
- Fritz, M., & Hartmann, A. (2015). Perennial crops as renewable resource – a good choice concerning climatic risks? *Procedia Environmental Sciences*, 29, 43-44. doi: 10.1016/j.proenv.2015.07.147
- FRUCTUS. (2015). *FRUCTUS Sortenliste, Kirschen*. Wädenswil: FRUCTUS.
- Garrett, H. (2009). *North American Agroforestry - An Integrated Science and Practice* (2nd Ausg.). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Gattlen, N., Klaus, G., & Litsios, G. (2017). *Biodiversität in der Schweiz : Zustand und Entwicklung*. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Gauch, A. (2012). *Biologischer Haselnuss- und Edelkastanienanbau in der Schweiz, als ökonomisch und ökologisch nachhaltige Alternativkulturen*. Niederwil.
- geo.admin.ch. (ohne Datum). *Karten der Schweiz*. Abgerufen am 26. 04. 2019 von Schweizerische Eidgenossenschaft: <https://map.geo.admin.ch>
- geo.admin.ch. (ohne Datum). *Karten der Schweiz*. Abgerufen am 01. 12. 2018 von Karten der Schweiz: <https://map.geo.admin.ch>
- Gibbs, S., Koblents, H., Coleman, B., Gordon, A., Thevathasan, N., & Williams, P. (2015). Avian Diversity in a Temperate Tree-based Intercropping System from Inception to Now. *Unpublished*.
- Gliessman, S. (2006). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Second Edition*. CRC Press.
- Glover, J., Cox, C., & Reganold, J. (2007). Future Farming: A Return to Roots? *Scientific American*, 83, 82-89.
- Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. (2011). Is There a Need for a More Sustainable Agriculture? *Plant Sciences*, 30, 6-23. doi:10.1080/07352689.2011.553515
- Gordon, A. M., & Newman, S. M. (2018). Temperate Agroforestry: Key Elements, Current Limits and Opportunities for the Future. In A. M. Gordon, S. M. Newman, & B. R. Coleman, *Temperate agroforestry systems* (S. 274-298). Oxfordshire: Cab International.
- Gordon, A. M., Newman, S. M., & Coleman, B. R. (2018). *Temperate Agroforestry Systems* (2nd Ausg.). Oxfordshire: Cab International.

- Govere, S., Madziwa, B., & Mahlatini, P. (2011). The Nutrient Content of Organic Liquid Fertilizers in Zimbabwe. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 1(1), 196-202.
- Grosser, D. (1991). *Einheimische Nutzhölzer: Vorkommen, Baum- und Stammform, Holzbeschreibung, Eigenschaften, Verwendung; (Loseblattsammlung)*. Bonn: Centrale Marketinggesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft.
- Grunewald, K., & Bastian, O. (2013). *Ökosystemdienstleistungen: Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Heidelberg: Springer Spektrum.
- Gubler, H. (2013). Wiederentdeckung des Nussbaumes und seiner Früchte. *Zürcher Wald*, 2, 23-25.
- Haerlin, B., & Beck, A. (2013). *Wege aus der Hungerkrise - Die Erkenntnisse und Folgen des Weltagrarberichts: Vorschläge für eine Landwirtschaft von morgen*. Berlin: Zukunftsstiftung Landwirtschaft.
- Hamon, X., Dupraz, C., & Fabien, L. (2009). *L'Agroforesterie, Outil de Séquestration du Carbone en Agriculture. Rapport d'expertise pour le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*. Agrofoot, INRA.
- Handler, F., & Blumauer, E. (2006). *Arbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft - Ergänzung der Standardarbeitszeiten für die Betriebszweige Obst-, Wein- und Gemüsebau, Wildtiere, Lamas und Kaninchen sowie Kleinwald*. Wieselburg: HBLFA Francisco Josephinum.
- Hänni, B. (ohne Datum). *Anbausystem*. Abgerufen am 26. 06. 2019 von Hänni Noflen Biologischer Gemüsebau: <https://bio-stadthofladen.ch/anbausystem.shtml>
- Häseli, A. (2016). *Modellrechnungen Biohochstammobst*. Frick: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- Häseli, A., Weibel, F., Brunner, H., König, P., & Benninger, P. (2016). *Biologischer Obstbau auf Hochstammbäumen*. FiBL, Bio Suisse, SVS/BirdLife & Hochstamm Suisse.
- haselnussanbau-verein.de. (ohne Datum). *Weiterverarbeitung*. Abgerufen am 30. 07. 2019 von Verein Bayerischer Haselnusspflanzer e.V.: <http://www.haselnussanbau-verein.de/weiterverarbeitung.html>
- heckenpflanzen.ch. (ohne Datum). *Diospyros kaki 'Vaniglia' / Vanille-Kaki*. Abgerufen am 14. 07. 2019 von Schweizer Versand-Baumschulen: <https://www.heckenpflanzen.ch/fruchtgehoeelze/spezielle-fruchtgehoeelze/diospyros-kaki-vaniglia-vanille-kaki.php>
- Heinrich-Böll-Stiftung, IASS. (2015). *Bodenatlas - Daten und Fakten über Acker, Land und Erde*. Heinrich-Böll-Stiftung, Institute for Advanced Sustainability Studies.
- hesa.co.at. (ohne Datum). *Zwischenfrüchte von HESA Saaten aus Himberg*. Abgerufen am 01. 08. 2019 von HESA Saatengrosshandlung:

<https://www.hesa.co.at/de/saatgut/landwirtschaft/einzelsaaten/zwischenfr%C3%BCchte/>

Hills, L. (2003). *Comfrey: Past, Present and Future*. India: Ignoa Publishers.

Hilpert, E., & Rees, S. (2018). *Agroforst / Baumgarten auf dem Eulenhof - Erfahrungsbericht aus der Praxis*. Lindau: Agridea.

Hoffman, D., Gerik, T., & Richardson, C. (1995). Use of contour strip cropping as a best management practice to reduce atrazine contamination of surface water. *Proceedings of the Second International Conference IAWQ Specialized Conference on Diffuse Pollution*, (S. 595-596). Prag.

Hoffmann, A. (ohne Datum). *Aroniabeeren*. Abgerufen am 31. 07. 2019 von Entsafter und Saftpressen im Test: <https://saftpresse-test.org/aroniabeeren/>

Höhne, F. (2011). *Aktuelle Holunder-Versuchsergebnisse aus Gülzow*. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.

holzmarkt-ostschweiz.com. (19. 03. 2019). *Ostschweizer Wertholzsubmissionen: Gute Erlöse trotz hohem Angebot*. Abgerufen am 03. 08. 2019 von Holzmarkt Ostschweiz: <https://www.holzmarkt-ostschweiz.com/index.php/wertholz/287-ostschweizer-wertholzsubmissionen-gute-erloese-trotz-hohem-angebot-2>

Holzmueller, E., & Jose, S. (2012). Biomass production for biofuels using agroforestry: potential for the north central region of the United States. *Agroforestry Systems*, 85, 305-314.

hortipendium.de. (11. 02. 2016). *Schlehen*. Abgerufen am 30. 07. 2019 von Hortipendium - Das grüne Lexikon: <http://www.hortipendium.de/Schlehen>

Hubeng, J. (1836). *Auf Erfahrungen begründete Anweisung zur schnellen Holzerziehung*. Hartleben.

humusbilanz.ch. (ohne Datum). *Überblick über Humusbilanzierungs-Methoden*. Abgerufen am 03. 06. 2019 von Agroscope Humusbilanz: <https://www.humusbilanz.ch/About>

Idel, A. (2010). *Die Kuh ist kein Klima-Killer!* Marburg: Metropolis.

Jacke, D., & Toensmeier, E. (2005). *Edible Forest Gardens - Design & Practice* (Bd. 2). White River Junction: Chelsea Green.

Jäger, M. (2016). *Agroforstsysteme - Hochstamm-, Wildobst und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren*. Lindau: Agridea.

Jäger, M. (2018a). *Agroforst in der Schweiz - wo stehen wir heute? Tagung Agroforst*. Lindau: Agridea.

Jäger, M. (2018b). *Szenarien für die zukünftige Entwicklung agroforstlicher Nutzungsformen in der Schweiz. Tagung Agroforst*. Lindau: Agridea.

- Jäger, M. (2019a). Agroforst diversifiziert Flächen. *BauernZeitung - Nachrichten aus der Schweizer Landwirtschaft*, 108(9), 3.
- Jäger, M. (2019b). *Agroforst Netzwerk Schweiz 2014 - 2018 Schlussbericht*. Lindau: Agridea.
- Jäger, M. (2019c). *Newsletter Agroforst März 2019*. Agridea.
- Jäger, M. (ohne Datum). *Agroforst - Das Nebeneinander von Kulturen und Bäumen auf Acker- und Grünland*. Abgerufen am 23. 06. 2016 von Bioaktuell: <http://www.bioaktuell.ch/de/pflanzenbau/nachhaltigkeit/agroforst.html>
- Jäger, M., & Herzog, F. (2017). *Agroforestry Innovation leaflet 37 - Agroforestry with standard fruit trees in Switzerland*. Lindau: AGFORWARD.
- Jeavons, J. (1995). *How to Grow More Vegetables than you ever thought possible on less land than you can imagine*. Berkeley: Ten Speed Press.
- Johannes, A., Weisskopf, P., & Boivin, P. (2018). Organische Substanz und strukturelle Qualität des Oberbodens. *VBBio Bulletin BioSA Nr. 18*, 9-15.
- Johnson, D., & Curtis, P. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140, 227-238. doi:10.1016/S0378-1127(00)00282-6
- Joller, P. (2018). Das Potential von Wertholzproduktion mit Obstbäumen. *Tagung Agroforst*. Lindau: Agridea.
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76, 1-10.
- Jose, S., Gold, M., & Garret, H. (2018). Temperate Agroforestry in the United States: Current Trends and Future Directions. In A. M. Gordon, S. M. Newman, & B. R. Coleman, *Temperate Agroforestry Systems* (S. 50-71). Oxfordshire: Cab International.
- Kaesler, A., Palma, J., Sereke, F., & Herzog, F. (2010b). *Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft - ART-Bericht 736*. Zürich: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.
- Kaesler, A., Sereke, F., Dux, D., & Herzog, F. (2010a). *Innovative Baumgärten, Produktivität und Wirtschaftlichkeit - ART-Bericht Nr 725 Moderne Agroforstwirtschaft in der Schweiz*. Zürich: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.
- Kaesler, A., Sereke, F., Dux, D., & Herzog, F. (2011). Agroforstwirtschaft in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 2(3), 128-133.
- Kanton Bern. (16. 04. 2019). *Auszug aus dem Kataster der öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen (ÖREB-Kataster)*. Abgerufen am 26. 04. 2019 von ÖREB-Kataster: <https://www.oereb2.apps.be.ch/OerbverSVC.svc/extract/reduced/pdf/CH383646353453?lang=de>

- Kanton Bern. (ohne Datum). *Geoportal des Kantons Bern*. Abgerufen am 26. 04. 2019 von Kanton Bern: <https://www.map.apps.be.ch>
- Kay, S. (2019). *Erste Auswertungen der AF Parzellen*. Zürich: unpublished.
- Kay, S., Crous-Duran, J., García de Jalón, S., & al, e. (2018). *Spatial similarities between European agroforestry systems and ecosystem services at the landscape scale*. *Agroforest Syst* 92:1075–1089. doi:10.1007/s10457-017-0132-3
- Kay, S., Graves, A., Palma, J. H., Moreno, G., & al, e. (2019). Agroforestry is paying off – Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. *Ecosystem Services*, 36. doi:10.1016/j.ecoser.2019.100896
- Kay, S., Jäger, M., & Herzog, F. (2019). *Ressourcenschutz durch Landwirtschaft – wie können Agroforstsysteme nützen? (submitted)*. Zürich.
- Kay, S., Rega, C., Moreno, G., den Herder, M., & et al. (2019). Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*, 83, 581–593. doi:10.1016/j.landusepol.2019.02.025
- Keller, V., Gerber, A., Schmid, H., Volet, B., & Zbinden, N. (2010). *Rote Liste Brutvögel - Gefährdete Arten der Schweiz*. Bern, Sempach: Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweizerische Vogelwarte.
- Kerschbaumer, S. (ohne Datum). *Die Tagetes – nicht nur hübsch sondern auch essbar*. Abgerufen am 01. 08. 2019 von Gartenjournal: <https://www.gartenjournal.net/tagetes-essbar>
- Koller, M., & Schmutz, R. (2019). *Sortenliste 2019 | Ausgabe Schweiz | Nr. 1170 - Kräuter*. FiBL, Bio Suisse.
- Körper, K. (ohne Datum). Gärtnerische Aspekte zur Walnuss. *LWF Wissen 60 - Beiträge zur Walnuss*, 60, 16-25.
- Kort, J. (1988). Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 22, 165-190.
- Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., & Tóth, E. (2007). *Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm*. Žilina.
- Krummenacher, J., Maier, B., Huber, F., & Weibel, F. (2008). Ökonomisches und ökologisches Potenzial der Agroforstwirtschaft. *AGRARForschung*, 15(3), 132-137.
- Ladner Callipari, J. (2018). Agrarpolitik 2022+ und Agroforst. *Tagung Agroforst*. Lindau: Agridea.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304, 1623-1627. doi:10.1126/science.1097396
- Lamerre, J., Langhof, M., Sevke-Masur, K., & et al. (2016). *Schlussbericht zum Vorhaben Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen. Teilprojekt 3: Standort*

- Niedersachsen; Strukturvielfalt und Biodiversität*. Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- Lamerre, J., Schwarz, K.-U., Langhof, M., von Wühlisch, G., & Greef, J.-M. (2015). Productivity of poplar short rotation coppice in an alley-cropping agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 89(5), 933–942. doi:10.1007/s10457-015-9825-7
- Landwirtschaftskammer Österreich. (2005). *Grundlagen zum Holunderanbau*. Wien: Landwirtschaftskammer Österreich.
- Lang, P., Jeschke, M., Wommelsdorf, T., Backes, T., Lv, C., Zhang, X., & Thomas, F. (2015). Wood harvest by pollarding exerts long-term effects on Populuseuphratic stands in riparian forests at the Tarim River, NW China. *Forest Ecology and Management*, 353, 87-96. doi:10.1016/j.foreco.2015.05.011
- Lauber, K., Wagner, G., & Gyga, A. (2012). *Flora Helvetica*. Bern: Haupt.
- Lebleu, F. (16. 04. 2019). *Entwicklung einer ertragssicheren Bioaprikosenproduktion*. Abgerufen am 27. 07. 2019 von Bioaktuell: <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/obstbau/aprikosen-de.html>
- Lecq, S., Loisele, A., Brischoux, F., Mullin, S., & X., B. (2017). *Importance of ground refuges for the biodiversity in agricultural hedgerows*. *Ecological Indicators* 72:615–626. doi:10.1016/j.ecolind.2016.08.032
- LfL. (2017). *Hecken, Feldgehölze und Feldraine in unserer Landschaft*. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL.
- Li, C., He, X., Zhu, S., & et al. (2009). Crop Diversity for Yield Increase. *PLoS ONE*, 4(11), e8049. doi:10.1371/journal.pone.0008049
- Li, L., Li, S.-M., Sun, J.-H., & et al. (2007). Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus deficient soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(27), 11192-11196. doi:10.1073/pnas.0704591104
- Lorenz, K., & Lal, R. (2014). Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 443-454. doi:10.1007/s13593-014-0212-y
- Lorna, A., Dawson, E., Duff, E., Duff, C., & Campbell, C. (2001). Depth distribution of cherry (*Prunus avium* L.) tree roots as influenced by grass root competition. *Plant and Soil*, 231, 11-19. doi:10.1023/A:1010383506446
- Lott, K. (1993). *Der historische Obstbau in Deutschland zwischen 1850 und 1910*. Berlin.
- Luick, R., & Vonhoff, W. (2009). Wertholzpflanzungen – das Thema Agroforstsysteme in moderner Inszenierung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 41(2), 47-52.
- LWG Gartenakademie. (2013). *Rhabarber - Merkblatt 2176*. Veitshöchheim: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.



- Machatschek, M. (2002a). Futterlaub- und Futter-reisigbewirtschaftung (2. Teil). *Der Alm und Bergbauer*, 4, 28-33.
- Machatschek, M. (2002b). Futterlaub- und Futterreisig- bewirtschaftung (2. Teil). *Der Alm- und Bergbauer*, 5, 15-20.
- Mandelbaum, R., Allan, D., & Wackett, L. (1995). Isolation and Characterization of a Pseudomonas sp. That Mineralizes the s-Triazine Herbicide Atrazine. *Applied and Environmental Microbiology*, 61, 1451-1457.
- Mandelbaum, R., Wackett, L., & Deborah, L. (1993). Rapid Hydrolysis of Atrazine to Hydroxyatrazine by Soil Bacteria. *Environmental Science and Technology*, 27, 1943-1944. doi:10.1021/es00046a028
- Manevski, K., Jakobsen, M., Kongsted, A., & al, e. (2019). *Effect of poplar trees on nitrogen and water balance in outdoor pigproduction—A case study in Denmark*. Science of the Total Environment 646:1448–1458. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.07.376
- Mantzanas, K. (2017). *Agroforestry Innovation leaflet 33 - Walnut and cherry trees with cereals in Greece*. Thessaloniki: AGFORWARD.
- Mantzanas, K., Tsatsiadis, E., & Batianis, E. (2005). Traditional silvoarable systems in Greece: The case of Askio Municipality. In K. Mantzanas, & V. Papanastasis, *Silvoarable systems in Greece: Technical and policy considerations*. Thessaloniki: Aristotle University.
- Maurer, J. (2009). *Nussbaumkulturen als Betriebszweig?* Inforama Oeschberg.
- Maurer, J. (2010). *Aprikosenanbau, eine Risikokultur?!* Inforama.
- Maurer, J. (2015a). *Der Haselnussanbau als Dauerkultur?* INFORAMA.
- Maurer, J. (2015b). *Von Zwetschgen, Pflaumen und Mirabellen*. Inforama.
- Mbow, C., Neely, C., & Dobie, P. (2015). How can an integrated landscape approach contribute to the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs) and advance climate-smart objectives? In P. Minang, M. Van Noordwijk, O. Freeman, C. Mbow, J. De Leeuw, & D. Catacutan, *Climate-Smart Landscapes: Multifunctionality in Practice* (S. 103-117). Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Mbow, C., Van Noordwijk, M., Prabhu, R., & Simons, T. (2014). Knowledge gaps and research needs concerning agroforestry's contribution to Sustainable Development Goals in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6(1), 162-170. doi:10.1016/j.cosust.2013.11.030
- McIntyre, B., Herren, H., Wakhungu, J., & Watson, R. (2009). *Agriculture at Crossroads - Global Report*. Washington: IAASTD International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development.
- Mclvor, I., Youjun, H., Daoping, L., Eyles, G., & Pu, Z. (2014). *Agroforestry: Conservation Trees and Erosion Prevention*. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems 1:208–221. doi:10.1016/B978-0-444-52512-3.00247-3

- Mead, R., & Willey, R. (1980). The Concept of a "Land Equivalent Ratio" and Advantages in Yields from Intercropping. *Experimental Agriculture*, 16, 217-228. doi:10.1017/S0014479700010978
- Mensink, G., Schienkiewitz, A., & Lange, C. (2017). Gemüsekonsum bei Erwachsenen in Deutschland. *Journal of Health Monitoring*, 2, 52-58. doi:10.17886/RKI-GBE-2017-029
- MeteoSchweiz. (2010). *Windstärkentabelle*. Zürich: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.
- MeteoSchweiz. (2014). *Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht*. MeteoSchweiz.
- MeteoSchweiz. (2019). *Klimabulletin Jahr 2018*. Zürich: MeteoSchweiz. Von [https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/2018\\_ANN\\_d.pdf](https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/2018_ANN_d.pdf) abgerufen
- Michel, G.-A., Nair, V., & Nair, P. (2007). Silvopasture for reducing phosphorus loss from subtropical sandy soils. *Plant Soil*, 297, 267-276. doi:10.1007/s11104-007-9352-z
- Mommer, L., Ruijven, J., De Caluwe, H., & et al. (2010). Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: A test of vertical niche differentiation among grassland species. *Journal of Ecology*, 98(5), 1117-1127. doi:10.1111/j.1365-2745.2010.01702.x
- Möndel, A. (2007). Bäume wachsen nicht in den Himmel. *dlz Agrarmagazin*, 10, 20-23.
- Montagnini, F., & Metzler, R. (2017). The Contribution of Agroforestry to Sustainable Development Goal 2: End Hunger, Achieve Food Security and Improved Nutrition, and Promote Sustainable Agriculture. In F. Montagnini, *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty* (S. 11-45). Springer. doi:10.1007/978-3-319-69371-2\_2
- Morhart, C., Sheppard, J., Douglas, G., Lunny, R., Spiecker, H., & Nahm, M. (2015). *Wertholz-Produktion in Agroforst-Systemen - ein Leitfaden für die Praxis*. Freiburg. doi:10.13140/RG.2.1.3119.4081
- Mosquera Losada, M., Feirreiro-Dominguez, N., Romero-Franco, R., & Rigueiro-Rodriguez, A. (2017). *Agroforestry Innovation leaflet 29 - Intercropping medicinal plants under cherry timber trees*. Lugo: AGFORWARD.
- Mosquera-Losada, M., Fernandez-Lorenzo, J., Rigueiro-Rodriguez, A., & Ferreiro-Dominguez, N. (2017). *Agroforestry Innovation leaflet 43 - Mulberry (Morus spp.) for livestock feeding*. Lugo: AGFORWARD.
- Mulia, R., & Dupraz, C. (2006). Unusual Fine Root Distributions of Two Deciduous Tree Species in Southern France: What Consequences for Modelling of Tree Root Dynamics? *Plant and Soil*, 281(1-2), 71-85. doi:10.1007/s11104-005-3770-6
- Müller, D. (2018). Editorial. *VBBio-Bulletin-BioSA Nr. 18*, 2.
- Müller, U. (2016). Zwetschgenanbau, wo stehen wir heute? *Thurgauer Bauer*, 19.

- Murphy, B. W. (2015). *Impact of soil organic matter on soil properties—a review with emphasis on Australian soils*. *Soil Research* 53:605–635. doi:10.1071/SR14246
- myclimate. (2019). *Coop-Förderprogramm für Agroforstwirtschaft*. Zurich: myclimate.
- Myczko, Ł., Rosin, Z., Skórka, P., & et al. (2013). Effects of management intensity and orchard features on birdcommunities in winter. *Ecological Research*, 28, 503-512. doi:10.1007/s11284-013-1039-8
- nabu.de. (ohne Datum). *Robuste Schönheiten - Heimische Wildrosen für den Naturgarten*. Abgerufen am 15. 07. 2019 von NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V.: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/pflanzen/wildpflanzen/23026.html>
- Nair, P. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3(2), 97-128. doi:10.1007/BF00122638
- Nair, P. (1993). *An introduction to agroforestry*. Dordrecht: Kluwer.
- nccs.admin.ch. (20. 11. 2018). *CH2018-Webatlas*. Abgerufen am 27. 04. 2019 von National Centre for Climate Services NCCS: <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/materialien-und-daten/daten/ch2018-webatlas.html>
- nccs.admin.ch. (2018). *Klimaszenarien für die Schweiz*. Abgerufen am 27. 04. 2019 von National Centre for Climate Services NCCS: <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien.html>
- Newman, S., Pilbeam, D., & Briggs, S. (2018). Agroforestry in the UK. In A. M. Gordon, S. M. Newman, & B. R. Coleman, *Temperate Agroforestry Systems* (S. 72-97). Oxfordshire: Cab International.
- nussbaeume.ch. (ohne Datum). Abgerufen am 18. 07. 2019 von Nuss-Baumschule Gubler GmbH: <https://nussbaeume.ch>
- Oberholzer, H.-R. (2011). Humusbilanz: Ihre Möglichkeiten und Grenzen. *BDU-Herbsttagung 2011 - Fruchtbarer Boden und genügend Wasser: Essentiell für die Produktion*. Olten: Agridea.
- Oberholzer, H.-R. (2015). Humusbilanzierung - Wissenschaftlicher Hintergrund der Humusbilanzen. Erklärung der verschiedenen Methoden. *Workshop Pflanzenbau-Humusbilanzen FiBL*. Agroscope.
- Oberholzer, H.-R., Freiermuth Knuchel, R., Weisskopf, P., & Gaillard, G. (2012). A novel method for soil quality in life cycle assessment using several soil indicators. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 639–649. doi:10.1007/s13593-011-0072-7

- Oelke, M., Elke, M., Konold, W., Mastel, K., & Spiecker, H. (2013). *Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen. Ein Forschungsbericht für die Praxis*. Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität.
- Palma, J., Graves, A., Bunce, R., Burgess, P., & et al. (2007). Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119, 320–334. doi:10.1016/j.agee.2006.07.021
- Pardon, P., Mertens, J., Reubens, B., & et al. (2019). Juglans regia (walnut) in temperate arable agroforestry systems: Effects on soil characteristics, arthropod diversity and crop yield. *Renewable Agriculture and Food Systems*. doi:10.1017/S1742170519000176
- Patterson, P., Adirzal, Hulet, R., & al, e. (2008). *The Potential for Plants to Trap Emissions from Farms with Laying Hens: 2. Ammonia and Dust*. The Journal of Applied Poultry Research, Volume 17, Issue 3. doi:10.3382/japr.2007-00104
- Pestemer, W., Radulescu, V., Walker, A., & Ghinea, L. (1984). Residualwirkung von Chlortriazin-Herbiziden im Boden an drei rumänischen Standorten. I. Prognose der Persistenz von Simazin und Atrazin im Boden. doi:10.1111/j.1365-3180.1984.tb00598.x
- Pfiffner, L., Jamar, L., Cahenzli, F., Korsgaard, M., Swiergiel, W., & Sigsgaard, L. (2018). *Mehrjährige Blühstreifen – ein Instrument zur Förderung der natürlichen Schädlingsregulierung in Obstanlagen*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Julius Kühn-Institut, Versuchszentrum Laimburg.
- Picasso, V., Brummer, E., Liebman, M., Dixon, P., & Wilsey, B. (2008). Crop Species Diversity Affects Productivity and Weed Suppression in Perennial Polycultures under Two Management Strategies. *Crop Science*, 48, 331-342. doi:10.2135/cropsci2007.04.0225
- Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., & et al. (2004). Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. *BioScience*, 54(10), 909–918. doi:10.1641/0006-3568(2004)054[0909:WRAAEI]2.0.CO;2
- Post, W., & Kwon, K. (2008). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6(3), 317-327. doi:10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x
- Post, W., Izaurralde, R., Mann, L., & Bliss, N. (2001). Monitoring and Verifying Changes of Organic Carbon in Soil. *Climatic Change*, 51(1), 73-99. doi:10.1023/A:1017514802028
- postfinance.ch. (21. 06. 2019). *Währungsrechner*. Abgerufen am 21. 06. 2019 von PostFinance: <https://www.postfinance.ch/de/privat/support/tools-rechner/waehrungsrechner.html>
- ProGemüse. (2013). *Tagetesanbau zur Bekämpfung von pflanzenparasitären Nematoden*. ProGemüse.
- Raemy, M. (2017). *Evaluationsbericht zum Direktzahlungsprogramm der Landschaftsqualitätsbeiträge*. Bundesamt für Landwirtschaft BLW.

- Rahmann, G. (2004). Gehölzfutter – eine neue Quelle für die ökologische Tierernährung. *Landbauforschung*, 272, 29-42.
- Rangasamy, K., Athiappana, M., Devarajan, N., Samykannu, G., & et al. (2018). Pesticide degrading natural multidrug resistance bacterial flora. *Microbial Pathogenesis*, 114, 304-310. doi:10.1016/j.micpath.2017.12.013
- Rather, K. (2018). *Merkblatt zur Ermittlung des Stickstoff (N)-Düngebedarfs für Gemüse, Spargel und Kräuter (§ 4 DüV)*. Heidelberg: Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg (LVG).
- Reeg, T., Bemann, A., Konold, W., Murach, D., & Spiecker, H. (2009). *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Weinheim: John Wiley & Sons.
- Reid, R., & Moore, R. (2018). Agroforestry systems in temperate Australia. In A. M. Gordon, S. M. Newman, & B. R. Coleman, *Temperate Agroforestry Systems* (S. 195-223). Oxfordshire: Cab International.
- Resh, S., Binkley, D., & Parro, J. (2002). Greater Soil Carbon Sequestration under Nitrogen-fixing Trees Compared with Eucalyptus Species. *Ecosystems*, 5, 217–231. doi:10.1007/s10021-001-0067-3
- Rigueiro-Rodríguez, A., Fernández-Núñez, E., González-Hernández, P., McAdam, J., & Mosquera-Losada, M. (2009). Agroforestry Systems in Europe: Productive, Ecological and Social Perspectives. In A. Rigueiro-Rodríguez, J. McAdam, & M. Mosquera-Losada, *Agroforestry in Europe - Current Status and Future Prospects*. Springer.
- Ruhm, W., Englisch, M., Starlinger, F., Geburek, T., Perny, B., & Neumann, M. (2016). Mischbaumart Esche, Bergahorn und Vogelkirsche (Edellaubhölzer). *BFW Praxisinformation: Mischwälder – weniger Risiko, höhere Wertschöpfung*, 41, 19-23.
- Rustenholz, P., & Husistein, A. (1999). Edelkastanien – Fruchtbaum auch nördlich. *Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau*, 6, 144-147.
- Rusterholz, P., & Zbinden, W. (1992). Kulturgut Nussbaum. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, 7, 172-181.
- Saby, N., Bellamy, P., Morvan, X., & et al. (2008). Will European soil-monitoring networks be able to detect changes in topsoil organic carbon content? *Global Change Biology*, 14(10), 2432-2442. doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01658.x
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. (2007). *Programm BEFU – Teil Ökologischer Landbau. Verfahrensbeschreibung und PC-Anleitung zu Methoden*. Dresden: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Sánchez, I., & McCollin, D. (2015). A comparison of microclimate and environmental modification produced by hedgerows and dehesa in the Mediterranean region: A study in the Guadarrama region, Spain. *Landscape and Urban Planning* 143:230–237. doi:10.1016/j.landurbplan.2015.07.002

- Sandrini, F. (2016). Innovationsträgerin in der Schweizer Landwirtschaft - Aronia. *UFA-Revue*, 3, 28-29.
- Sandrini, F., & Liebisch, F. (2015). *Kulturblatt Aronia*. Arenenberg: Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg.
- Sativa. (2019). *Landwirtschaftliches Saatgut Angebotsliste 2019*. Sativa Rheinau AG.
- sbv-usp.ch. (2019). *Hausgemachtes - Preisempfehlung für den Direktverkauf*. Abgerufen am 02. 08. 2019 von Schweizer Bauernverband: <https://www.sbv-usp.ch/de/preise/direktverkauf/hausgemachtes/>
- Schaub, D. (2017). Die Wichtigkeit der Heckenpflege. *Volksstimme*.
- Scheub, U., & Schwarzer, S. (2017). *Die Humusrevolution*. München: Oekom Verlag.
- Schmid, H. (2013). *Merkblatt Sitzstangen für Greifvögel*. Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz & Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Schöb, C. (31. 07. 2018). *Mischkulturen gegen Monotonie*. Abgerufen am 21. 01. 2019 von ETH Zürich: <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2018/07/mischkulturen-gegen-monotonie.html>
- Schoumansa, O., Chardona, W., Bechmann, M., & al, e. (2014). Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. *Science of the Total Environment*, 468-469, 1255-1266. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.08.061
- Schweizer Obstverband. (2019). *Richtpreisbulletin Nr. 2/2019 Sommerfrüchte – Beeren/Steinobst*. Zug: Schweizer Obstverband.
- Schweizer, C. (2009). Obstgarten. *Schweizer Garten*, 9, 32-37.
- Schweizerische Vogelwarte, FiBL. (2016). *Materialkosten für das Anlegen von Biodiversitätsförderflächen*. Schweizerische Vogelwarte, FiBL.
- Seitz, B. (2018). Humusentwicklung in Agroforstsystemen. *Tagung Agroforst*. Lindau: Agridea.
- Seitz, B., Carrard, E., Burgos, S., Tatti, D., Herzog, F., Jäger, M., & Sereke, F. (2017). Erhöhte Humusvorräte in einem siebenjährigen Agroforstsystem in der Zentralschweiz. *Agrarforschung Schweiz* 8 (7-8), 318–323.
- Seobi, T., Anderson, S., Udawatta, R., & Gantzer, C. (2005). Influence of Grass and Agroforestry Buffer Strips on Soil Hydraulic Properties for an Albaqualf. *Soil Science Society of America*, 69, 893–901. doi:10.2136/sssaj2004.0280
- Sereke, F., Dobricki, M., Wilkes, J., Kaeser, A., Graves, A., Szerencsits, E., & Herzog, F. (2016). Swiss farmers don't adopt agroforestry because they fear for their reputation. *Agroforest Systems*, 90, 385–394. doi:10.1007/s10457-015-9861-3
- Shigo, A. (1991). *Baumschnitt*. Braunschweig: Thalacker.

- Sidler, S. (2016). *Untersuchungen zur Wurzelverteilung in einem Schweizer Agroforstsystem*. Wien: Universität Wien.
- Simpson, M., & Simpson, A. (2017). NMR of Soil Organic Matter. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition)*, 170-174. doi:10.1016/B978-0-12-409547-2.12169-9
- Smith, J., Pearce, B., & Wolfe, M. (2013). Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(01), 1-13. doi:10.1017/S1742170511000585
- Snapp, S., Blackie, M., Gilbert, R., & et al. (2010). Biodiversity can support a greener revolution in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(48), 20840-5. doi:10.1073/pnas.1007199107
- StiftungSchweiz.ch. (2019). *Die Schweizer Stiftungsplattform*. Abgerufen am 19. 07. 2019 von <https://stiftungschweiz.ch>
- Struthers, J., Jayachandran, K., & Moorman, T. (1998). Biodegradation of atrazine by *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 64, 3368-3375.
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. (2009). *Anbautelegramm Aufrechte Sammetblume (Tagetes erecta L.)*. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. (2014). *Anbautelegramm Ringelblume (Calendula officinalis L.)*. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677. doi:10.1038/nature01014
- Trautmann, A. (03. 10. 2018). *Die Ölweide: Die vielseitige Verwandte vom Sanddorn*. Abgerufen am 02. 08. 2019 von Botanik Guide: <https://botanikguide.de/die-oelweide-die-vielseitige-verwandte-vom-sanddorn/>
- Truninger, K. (2015). Aronia: Die gepflanzte Fläche dürfte den Bedarf decken. *Bioaktuell*, 1, 20,21. Von [https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Pflanzenbau/Obstbau/bioaktuell\\_115\\_aronia.pdf](https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Pflanzenbau/Obstbau/bioaktuell_115_aronia.pdf) abgerufen
- tu-braunschweig.de. (15. 11. 2015). *W-Fragen-Methode*. Abgerufen am 20. 06. 2019 von Technische Universität Braunschweig: <https://methodos.ik.ing.tu-bs.de/methode/WFragenMethode.html>
- Udawatta, R., Kremer, R., Garrett, H., & Anderson, S. (2009). Soil enzyme activities and physical properties in a watershed managed under agroforestry and row-crop systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 131, 98-104. doi:10.1016/j.agee.2008.06.001
- UFA-Samen. (2019). *Feldsamenkatalog 2019*. fenaco Genossenschaft.

- un.org. (ohne Datum). *About the Sustainable Development Goals*. Abgerufen am 19. 07. 2019 von United Nations: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Verheij, E. (2003). *Agroforestry - Agrodok-series No. 16*. Wageningen: Agromisa.
- von Grünigen, S., Kienast, F., Ott, W., & Cerny, N. (2013). *Ökosysteme und ihre Leistungen erfassen und räumlich darstellen*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Wahl, M. (2012). *Bio-Kirschen können Nachfrage bei weitem nicht decken*. Landschaftlicher Informationsdienst LID.
- Waldron, A., Garrity, D., Malhi, Y., Girardin, C., Miller, D., & Seddon, N. (2017). Agroforestry Can Enhance Food Security While Meeting Other Sustainable Development Goals. *Tropical Conservation Science*, 10, 1-6. doi:10.1177/1940082917720667
- Walg, O. (2012). Dünger oder Brennholz? *Landwirtschaftliches Wochenblatt, LW 51-52*, 30-35.
- Weidmann, B. (01. 06. 2018). Neu am Strickhof: Aprikosen. *Zürcher Bauer*.
- Weisskopf, P. (12. 02. 2019a). Abklärung mit dem Leiter Gruppe Bodenfruchtbarkeit/Bodenschutz Agroscope. (L. Suter, Interviewer)
- Weisskopf, P. (2019b). Humusbilanz: Sind Ihre Ackerböden im PLUS oder im MINUS? *Brennpunkt Boden 2019*.
- Weisskopf, P., Oberholzer, H., Zihlmann, U., & Zimmermann, M. (2018). *Agrarbericht 2018 - Humus in der Landwirtschaft*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- Westaway, S., & Smith, J. (2017). *Agroforestry Innovation leaflet 35 - Trees and crops: making the most of the space*. Hamstead Marshall: AGFORWARD.
- Willey, R. (1990). Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management*, 17(1-3), 215-231. doi:10.1016/0378-3774(90)90069-B
- Williams, P., & Gordon, A. (1995). Microclimate and soil moisture effects of three intercrops on the tree rows of a newly-planted intercropped plantation. *Agroforestry Systems*, 29, 285-302.
- Winterling, A., Borchert, H., & Wiesing, K. (2018). *Agroforstsysteme zur Energieholzgewinnung im Ökolandbau – Neue Forschungsergebnisse aus Bayern*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz.
- Wojtkowski, P. (2006). *Introduction to Agroecology: Principles and Practices*. CRC Press.
- Wolza, K. J., Branham, B., & DeLucia, E. H. (2018). *Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alleycropping with mixed fruit and nut trees*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. doi:10.1016/j.agee.2018.02.024



- Wood, S., Rosen, C., Billings, H., & et al. (2001). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agroecosystems*. Washington: World Resources Institute (WRI) and International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Woods, J., Williams, A., Hughes, J., Black, M., & Murphy, R. (2010). Energy and the food system. *Philosophical Transactions B - The Royal Society Publishing*, 365, 2991–3006. doi:10.1098/rstb.2010.0172
- Wotherspoon, A., Thevathasan, N., Gordon, A., & Voroney, R. (2014). Carbon sequestration potential of five tree species in a 25-year-old temperate treebased intercropping system in Southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, 88, 631-643. doi:10.1007/s10457-014-9719-0
- Yapo, T. (17. 05. 2019). *How Implementing Agroforestry in Plantations Can Help Côte d'Ivoire Achieve its Sustainable Development Goals*. Abgerufen am 19. 07. 2019 von UN-REDD Programme: <https://www.un-redd.org/single-post/2019/05/17/How-Implementing-Agroforestry-in-Plantations-Can-Help-C%C3%B4te-d'Ivoire-Achieve-its-Sustainable-Development-Goals>
- Yeomans, P. (1954). *The Keyline Plan*. Sydney: Waite & Bull.
- Zhang, C., Postma, J., York, L., & Lynch, J. (2014). Root foraging elicits niche complementarity-dependent yield advantage in the ancient 'three sisters' (maize/bean/squash) polyculture. *Annals of Botany*, 114, 1719-1733. doi:10.1093/aob/mcu191
- Zhang, F., & Li, L. (2003). Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil*, 248(1), 305-312. doi:10.1023/A:1022352229863
- Zhang, Y., Li, Y., Jiang, L., Tianb, C., Lib, J., & Xiaoa, Z. (2011 ). Potential of Perennial Crop on Environmental Sustainability of Agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1141-1147. doi:10.1016/j.proenv.2011.09.182
- Zhu Y., C. (2000). Genetic Diversity and Disease Control in Rice. *Nature*, 406, 718-722.
- Zimmermann, M. (2018). *Agrarbericht 2018 - Boden als Grundlage der Landwirtschaft*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- Zomer, R., Trabucco, A., Coe, R., & Place, F. (2009). *Trees on Farm: Analysis of Global Extent and Geographical Patterns of Agroforestry*. ICRAF Working Paper no. 89. Nairobi: World Agroforestry Centre.

## Abbildungsverzeichnis

Titelbild - Agroforst-Planung für den Eichhof .....	1
Abbildung 1 - Anbauempfehlung aus Deutschland von Ende 19. - Anfangs 20. Jh. mit Fruchtbäumen, Beerensträuchern, Gemüse- und Ackerkulturen (Lott, 1993) .....	13
Abbildung 2 - Entwicklung von einem Agroforstsystem mit grossen Bäumen (Bender, et al., 2009, S. 19) .....	21
Abbildung 3 - Windfluss durch eine einfache Reihe Eukalyptus Bäume (Reid & Moore, 2018, S. 202) .....	22
Abbildung 4 - Räumliche Muster für zwei Kulturen (Wojtkowski, 2006, S. 24) .....	23
Abbildung 5 - Anordnungen für Streifenmuster mit zwei Kulturen (Wojtkowski, 2006, S. 27) .....	23
Abbildung 6 - Verwendung von Nitrat durch Baumwurzeln (grüne Linien) und Nitratauswaschung (rote Linien) (Rigueiro-Rodríguez, et al., 2009, S. 52) .....	25
Abbildung 7 - Baum als Nährstoffpumpe (Verheij, 2003, S. 15) .....	28
Abbildung 8 - Hypothetische Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Agroforstsystem (Krummenacher, et al., 2008, S. 136) .....	31
Abbildung 9 - Winddichte Hecke verursacht Luftverwirbelungen (Verheij, 2003, S. 41).....	31
Abbildung 10 - Hecke die etwas Wind durchlässt, ohne Verwirbelung, die der Kultur schadet (Verheij, 2003, S. 41).....	31
Abbildung 11 - Humus Bilanzierungsprinzip (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2007) .....	36
Abbildung 12 - Abgereiftes Getreide mit Gehölzstreifen (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, 2017).....	38
Abbildung 13 - Beinwell ( <i>Symphytum</i> sp.) unter einem Pflaumenbaum (Crawford, 2012, S. 118) .....	53
Abbildung 14 - Lage Brunner Eichhof (oranger Kreis) und der betroffenen Parzellen (rot markiert) ob Aarberg BE (Karten der Schweiz, ohne Datum).....	55
Abbildung 15 - Luftbild der Ackerflächen, links Girisberg, rechts Längacker (Karten der Schweiz, ohne Datum) .....	56
Abbildung 16 - Wildtier Vernetzung (Orange: Vernetzungssystem Wildtiere, grün: Wildtierkorridore überregional) (geo.admin.ch, ohne Datum).....	57
Abbildung 17 - Gefahrenzone in Grundstück Nr. 174 (Längacker) (Kanton Bern, 2019) .....	57
Abbildung 18 - Anzahl Sommertage in Bern in den beiden Klimaszenarien RCP8.5 und RCP2.6 des CH2018-Webatlas (nccs.admin.ch, 2018) .....	59
Abbildung 19 - Anzahl Eistage in Bern in den beiden Klimaszenarien RCP8.5 und RCP2.6 des CH2018-Webatlas (nccs.admin.ch, 2018).....	60
Abbildung 20 - Modellierter Windrose mit der Windgeschwindigkeitsverteilung pro Windrichtungssektor 50 m über Grund der betroffenen Parzellen (Bundesamt für Energie, ohne Datum).....	60
Abbildung 21 - Agroforstsystem auf dem Girisberg (dunkelgrün = Walnussbäume, rot = Obstbäume, hellgrün = stickstoffbindende Sträucher) .....	63
Abbildung 22 - Agroforstsystem auf dem Längacker (dunkelgrün = Walnussbäume, rot = Obstbäume, hellgrün = diverse Sträucher, grün = Schwarzerlen).....	64

Abbildung 23 - Schnitt Baumstreifen von vorne.....	65
Abbildung 24 - Schnitt Baumstreifen Längacker Nord von der Seite .....	65
Abbildung 25 - Rote Gublernuss (Nuss-Baumschule Gubler GmbH, ohne Datum).....	70
Abbildung 26 - Dauerbegrünte, fixe Fahrspuren neben Hochstamm-Obstbäumen (Hänni, ohne Datum) .....	90
Abbildung 27 - Bodenanalyse gesamter Betrieb vom 17.03.2015 .....	II
Abbildung 28 - Resultate der Bodenanalyse vom Girisberg oben vom 17.03.2015.....	III
Abbildung 29 - Resultate der Bodenanalyse vom Girisberg unten vom 17.03.2015 .....	IV
Abbildung 30 - Resultate der Bodenanalyse vom Längacker vom 17.03.2015 .....	V
Abbildung 31 - Profilblatt der Spatenprobe vom 25.03.2019 auf dem Girisberg oben .....	VI
Abbildung 32 - Profilblatt der Spatenprobe vom 25.03.2019 auf dem Girisberg unten .....	VII
Abbildung 33 - Profilblatt der Spatenprobe vom 25.03.2019 vom Längacker .....	VIII
Abbildung 34 - Defizitkarte Erosions-Gefährdung (Kay, Jäger, & Herzog, 2019).....	IX
Abbildung 35 - Defizitkarte kritische Nitratbelastung (Kay, Jäger, & Herzog, 2019).....	IX
Abbildung 36 - Defizitkarte erhöhte Ammoniakkonzentration (Kay, Jäger, & Herzog, 2019) ..	X
Abbildung 37 - Poster zur Bachelorarbeit.....	XLIV

Alle Abbildungen ohne Quellenangabe sind vom Autor.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Gesamtbetriebliche Übersicht ausgewählter Nährstoffe der Nährstoffbilanz (Zahlen aus der Suisse-Bilanz des Hofes vom 20.03.2019).....	48
Tabelle 2 - Parameter für die Standortanalyse.....	48
Tabelle 3 - Allgemeine Informationen zu den betroffenen Parzellen .....	55
Tabelle 4 - Informationen zu den Massen der drei Parzellen.....	56
Tabelle 5 - Jahreswerte von 2018 an ausgewählten MeteoSchweiz-Messstationen im Vergleich zur Norm (langjähriger Durchschnitt 1981 - 2010) (MeteoSchweiz, 2019) .....	59
Tabelle 6 - Aktuelle Ton- und Humus-Werte (aus Bodenanalysen in Anhang A).....	72
Tabelle 7 - Einbussen durch verlorene Ackerfläche.....	81
Tabelle 8 - Vergleich der jährlichen Direktzahlungen.....	82
Tabelle 9 - Aufwand und Ertrag für Mindestaufbau für berechnete Direktzahlungen .....	83
Tabelle 10 - Aufwand und Ertrag für Pflanzen ohne Direktzahlungen (Teil 1).....	84
Tabelle 11 - Aufwand und Ertrag für Pflanzen ohne Direktzahlungen (Teil 2).....	84
Tabelle 12 - Berechnung des Deckungsbeitrags für Karotten .....	XV
Tabelle 13 - Berechnungen der Direktzahlungen .....	XVI
Tabelle 14 - Materialkosten für minimale Version der Anlage zur Erfüllung der berechneten Direktzahlungen.....	XVII
Tabelle 15 - Materialkosten für die restlichen Pflanzen.....	XVII
Tabelle 16 - Arbeitsaufwand für die minimale Installation .....	XVIII
Tabelle 17 - Arbeitsaufwand für die Installation der restlichen Pflanzen .....	XVIII
Tabelle 18 - Arbeitsaufwand für den Unterhalt des Agroforstsystems.....	XVIII
Tabelle 19 - Erträge des Agroforstsystems .....	XIX
Tabelle 20 - Annuitäten Grundannahmen .....	XX
Tabelle 21 - Annuitäten der Bäume.....	XXI
Tabelle 22 - Annuität von Zitronenmelisse.....	XXII
Tabelle 23 - Annuität von Aronia .....	XXIII
Tabelle 24 - Annuität von Rhabarber.....	XXIV
Tabelle 25 - Bäume für Agroforstsysteme .....	XXV
Tabelle 26 - Sträucher für Agroforstsystem.....	XXXI
Tabelle 27 - Mehrjährige Gemüse .....	XXXV
Tabelle 28 - Diverse Pflanzen für in Baumreihe.....	XXXVIII

## Anhang

Anhang A	Bodenanalysen.....	II
Anhang B	Spatenproben.....	VI
Anhang C	Defizitkarten.....	IX
Anhang D	Direktzahlungen .....	XI
Anhang E	Berechnung Deckungsbeitrag Karotten .....	XV
Anhang F	Berechnung Direktzahlungen.....	XVI
Anhang G	Berechnung Aufbaukosten.....	XVII
Anhang H	Berechnung Arbeitsaufwand .....	XVIII
Anhang I	Berechnung Ertrag .....	XIX
Anhang J	Berechnung Annuitäten .....	XX
Anhang K	Bäume Auswahl.....	XXV
Anhang L	Sträucher Auswahl .....	XXXI
Anhang M	Gemüse Auswahl.....	XXXV
Anhang N	Diverse Pflanzen Auswahl .....	XXXVIII
Anhang O	Plagiatserklärung.....	XLIII

## Anhang A Bodenanalysen

Die Resultate der letzten Bodenanalysen von 2015 sind in Abbildung 27 bis Abbildung 30 aufgeführt.

**LABORINS**  
Analytik & Beratung für den Pflanzenbau

**Bericht Bodenprobe Zusammenfassung**  
Betrieb: Brunner Stefan, Eichhof 24, Spins, 3270 Aarberg

Auftragsnummer: 32420  
Auftragsdatum: 17.03.2015  
Berichtsdatum: 14.04.2015

Probe-nummer	Parzelle	Fläche Aren	Bodenart	pH	Messwerte		Korrekturfaktor Boden												berechneter Faktor Kulturgruppe				
							AAE10-Methode				H2O10-Methode				CO2-/CC-Methode								
							Salz	Nmin	P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	P	K	Mg	
197304	Grafenmos 1 & 2	200	sh sL	7.5			0.0	1.2	1.2	C	0.4	1.2	1.3	C							0.27	1.20	1.27
197305	Grafenmoos 3	90	sh sL	6.1			1.2	1.3	1.2	B					1.3	1.5					1.20	1.30	1.20
197306	Grafenmoos 4	100	sh sL	7.4			0.0	1.0	1.2	C					0.0	0.8					0.00	1.00	1.20
197307	Grafenmoos 5	100	sh sL	7.3			0.0	1.2	1.2	B					0.0	1.1					0.00	1.20	1.20
197308	Grafenmoos 6	100	sh sL	7.5			0.0	1.0	1.2	C	0.2	0.9	1.4	B							0.13	0.93	1.33
197309	Grafenmoos 7	100	sh sL	7.5			0.0	1.0	1.2	C	0.3	1.0	1.4	B							0.20	1.00	1.33
197310	Bahnacker links	90	sh L	7.5			0.0	1.0	1.2	C					0.0	0.9					0.00	1.00	1.20
197311	Bahnacker rechts	100	sh L	7.8			0.0	1.0	1.0	C					0.0	1.0					0.00	1.00	1.00
197312	Bahnacker links	100	sh L	7.6			0.0	1.0	1.2	C	0.7	0.8	1.3	C							0.47	0.87	1.27
197313	Bannholz rechts	100	h L	7.9			1.0	0.8	0.0	E					1.1	0.8					1.00	0.80	0.00
197314	Auslaufacker	50	sh sL	6.9			0.0	0.6	1.0	C	0.0	0.6	1.4	B							0.00	0.60	1.27
197315	Giriberg unten	0	sh sL	7.6			0.0	1.2	1.0	C	0.3	1.3	1.4	B							0.20	1.27	1.27
197316	Giriberg oben	0	sh sHS	7.2			0.0	1.0	1.0	C	0.5	1.1	1.4	B							0.33	1.07	1.27
197317	Lengacker	0	sh L	6.9			0.8	1.0	1.0	C	0.9	1.2	1.3	B							0.87	1.13	1.20

Abbildung 27 - Bodenanalyse gesamter Betrieb vom 17.03.2015

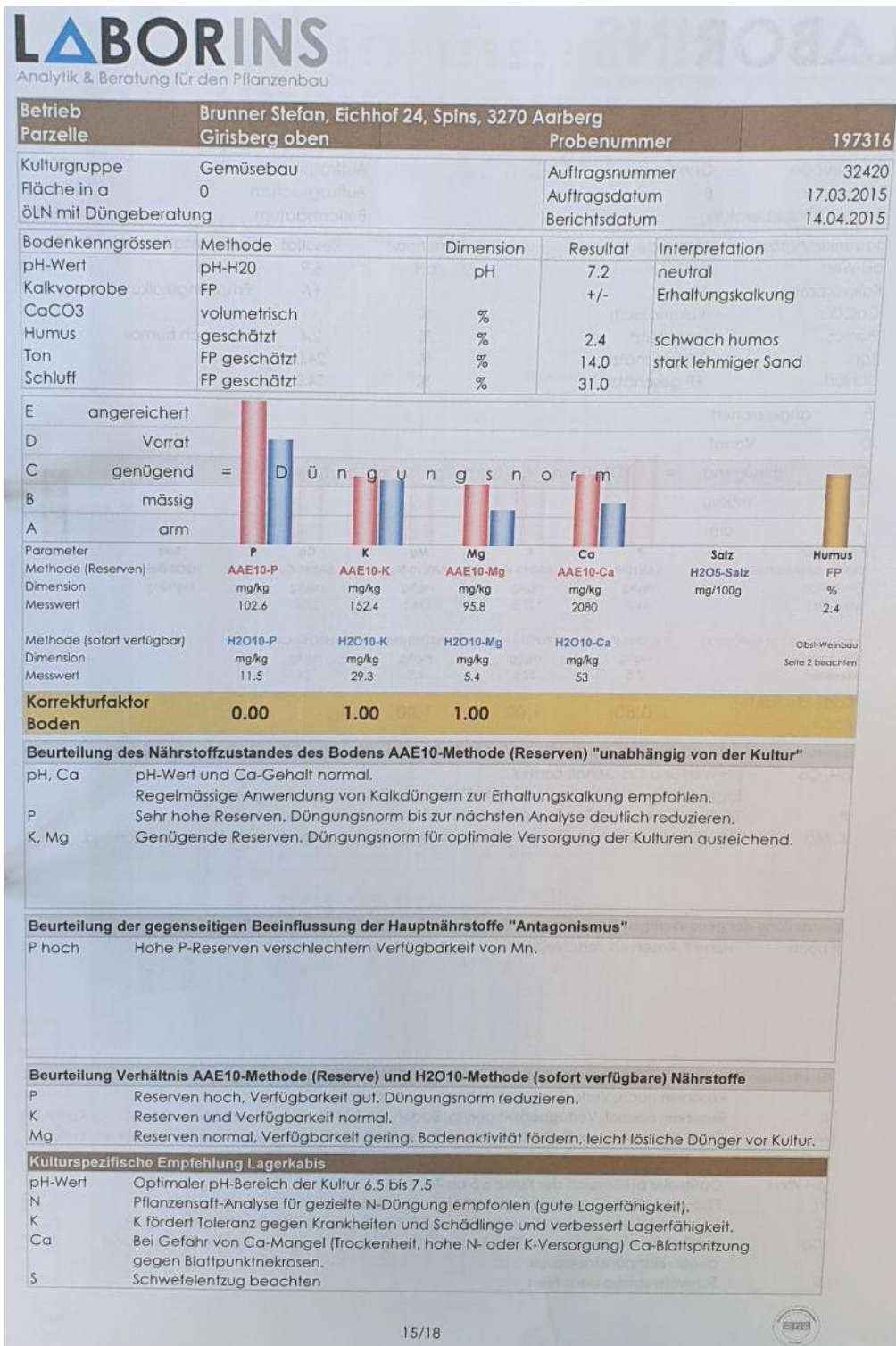


Abbildung 28 - Resultate der Bodenanalyse vom Girisberg oben vom 17.03.2015

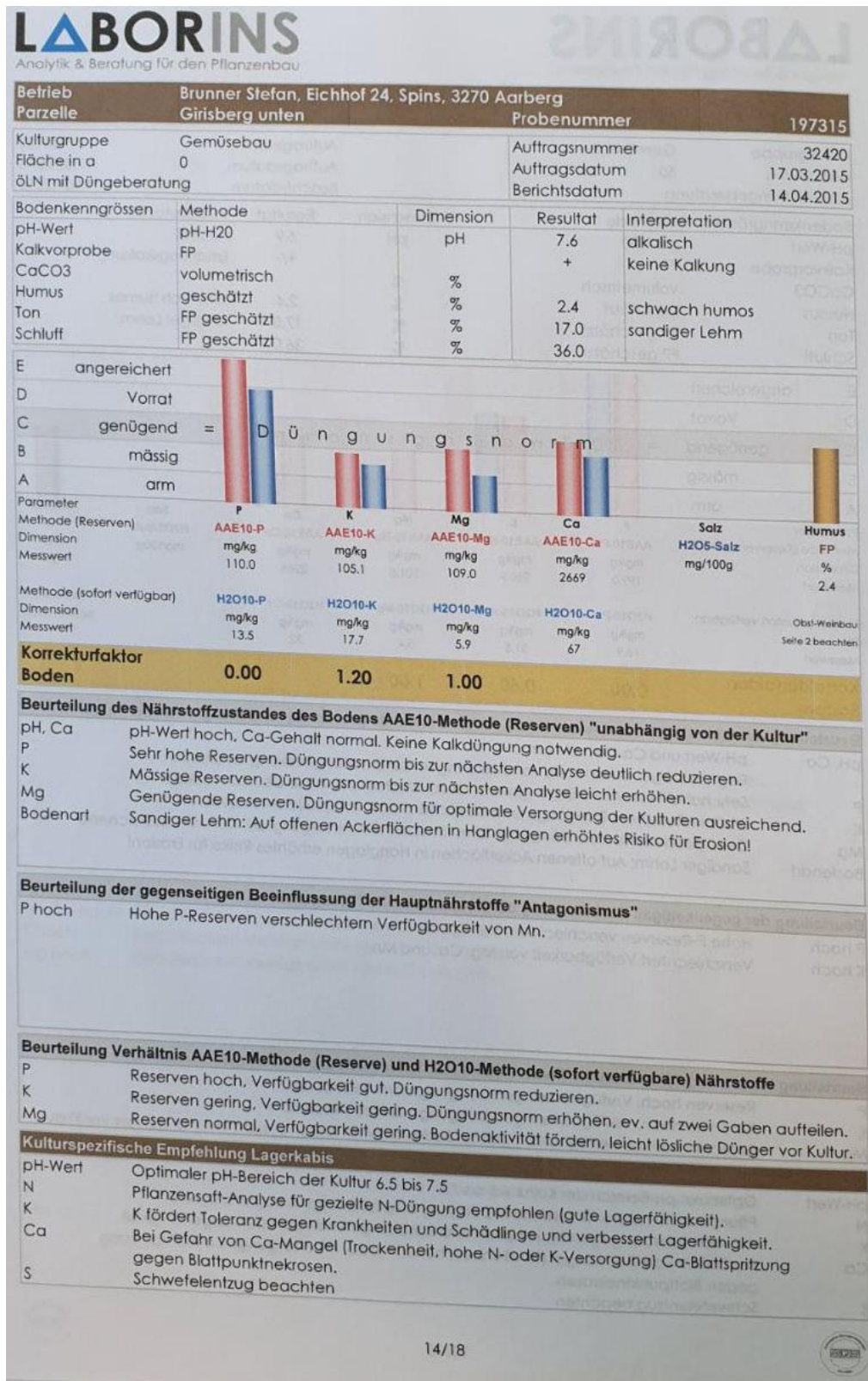


Abbildung 29 - Resultate der Bodenanalyse vom Girisberg unten vom 17.03.2015



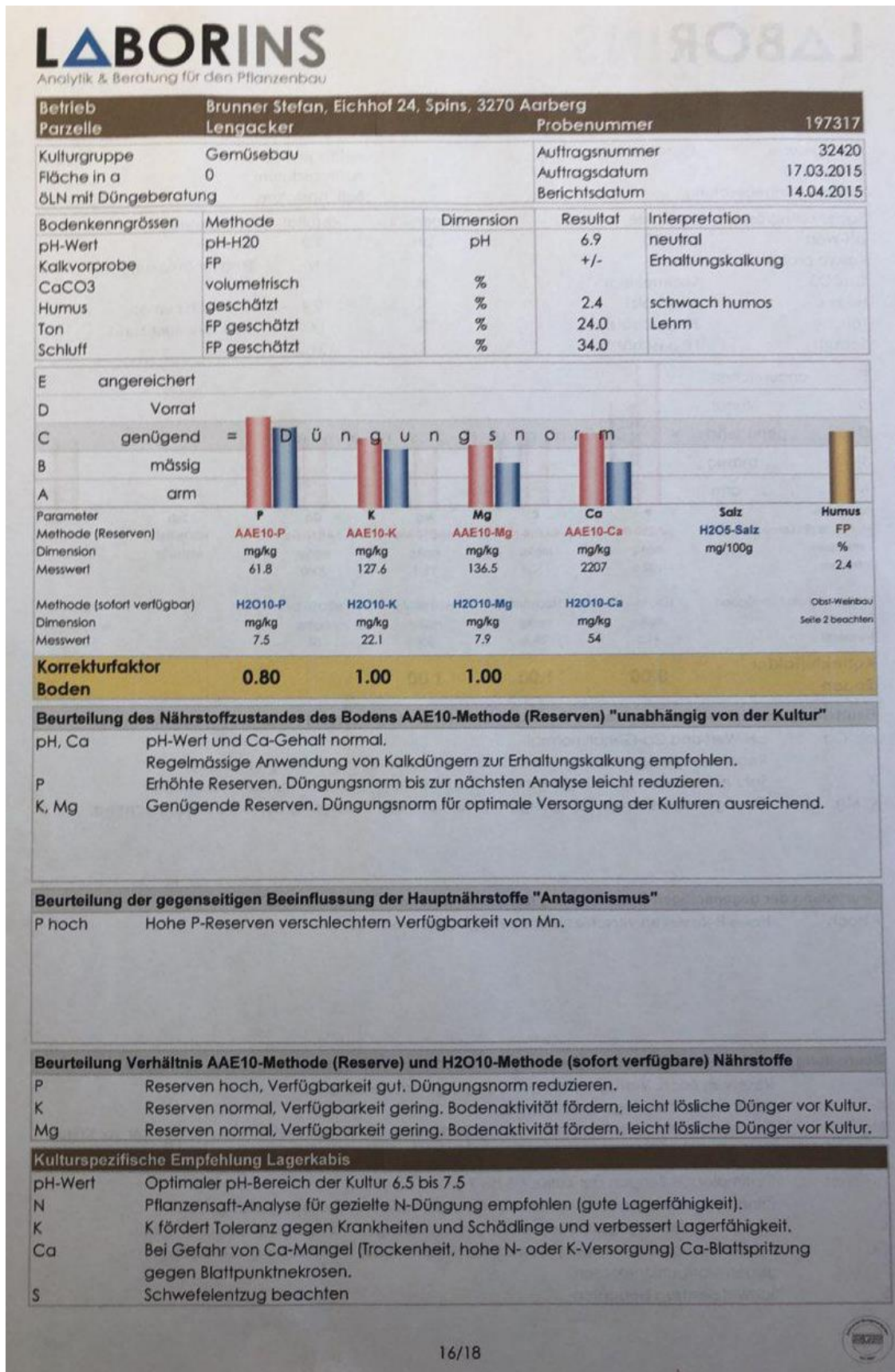


Abbildung 30 - Resultate der Bodenanalyse vom Längacker vom 17.03.2015

### Anhang B Spatenproben

Die Profilblätter der Spatenproben vom 25.03.2019 sind in Abbildung 31 bis Abbildung 33 dargestellt.

Situation		Topographie / Geologie		Titel Daten										
Wetter trocken, windig, +15°C 2tes Jahr Kunstwiese, Nat. Rasen und wenig roter Klee		Ausrichtung Nordwest leicht abfallend Grundmoräne		Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologe	Datum	Profil-bezeichnung					
				1	2	3	4	5	6	7				
				8	Polit. Gem. Aarberg SE, 3270					10				
				9	Kanton Aarberg SE, 3270					11				
				Ort Flurname Spiez Girsberg oben										
				12	Blatt-Nr. 1:25'000	1146	Koordinaten	13	2588 813	1211 508	14			
				Kartierungscode							15			
Bemerkungen		Bodenbezeichnung												
Abstand von Acker-rand 10m von Norden und 20m von Weg im Westen okunig organische Partikel → Holz dunkel okleine Schichten erkennbar recht durchwurzelt bis 30cm		Braunerde			Bodentyp	16	B	1352	17					
		sandiger Lohm			Untertyp	18								
					Skelettgehalt	19	0	20						
					Feinerdekörnung	21	22							
					Wasserhaushaltsgruppe / Pflanzennutzbare Gründigkeit	cm	74		23					
					Neigung	25	1	%	Geländeform	a	26			
Profilskizze														
27	28	29/30	31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizont		Profilskizze		Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen
Nr.	Tiefe	Bezeichnung												
	0													
	10	Ax	Sp2		15-20	0-50	30-60	0	0	0	0	6.5	7.5 YR 3/6	
	30		Sp3.5					0	0	0	6.5			
	40	44												
	50													
	60													
	70													
	80													
	90													
	100													
	120													
	140													
	160													
	180													
Profiltiefe												57		
												44		
Standort						Bewertung / Eignung								
Hohe ü. M.	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangs-material	Landschafts-element	Nutzungs-gebiet	Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-Klasse				
58	59	60	61	62/63	64	65	60 b	73	74	75	76			
472	NW	A3	KW	MG	EE	3								
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen														
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		Meliorationen empfohlene		Düngereinsatz fest / flüssig				
z		66		67		68		69		70				
form		gem.	gesch.	gem.	gesch.	gem.	gesch.	schaff		Stufe	Punkte			
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111			
a	b													

Abbildung 31 - Profilblatt der Spatenprobe vom 25.03.2019 auf dem Girsberg oben

Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich, © 2005

Situation		Topographie / Geologie		Titel Daten										
Wetter trocken, windig, NSE Vor 10 Tagen mit Geohobel über Winter hatte es Einkrudstände vom Krautstiel drauf		Ausrichtung Nord-west leicht abfallend Sandstein, Mergel, Moräne		Datenschlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologe	Datum		Profilbezeichnung				
				1	2	3	4	5		6 7				
				Ca 2		Xsystem	A.R.	25.03.2019						
				8 Polit.Gem.		9 Kanton		10		11				
				12 Blatt-Nr. 1:25'000		Lk		13 Koordinaten		14				
				Kartierungscode		15								
Bemerkungen		Bodenbezeichnung												
Abfallrand von Acker rand 10m nordsüd-östlich und 10m vom Weg im Osten sehr wenig durchwurzelt ein 3 grosse Stücke zerfallen bei Fallanläufen dort unten kein Düft oben erdig		Braunerde				Bodentyp	16	B	1352		17			
		Sandiger Lehm				Untertyp	E2-E0, L4, HD					18		
						Skelettgehalt	19	0			20			
						Feinerdekörnung	21	5			22			
						Wasserhaushaltsgruppe / Pflanzennutzbare Grundigkeit	cm	740				23		
						Neigung	25	1	%	Geländeform	a		26	
Profilskizze														
27	28	29/30	31/32		33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizont		Profilskizze	Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen	
Nr.	Tiefe													
	0													
	10	Apk		SP3S	15-20	20-50	33-65	0	0	0		7.5 YR 5/6		
	20										7			
	30	Bx		SP3.5				0	0	0		7.5 YR 6/4		
	40										5			
	50													
	60													
	70													
	80													
	90													
	100													
	120													
	140													
	160													
	180													
Profiltiefe														
57														
40														
Standort						Bewertung / Eignung								
Höhe ü. M.	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landschaftselement	Nutzungsgebiet	Stufe	Bodenpunktzahl	Eignung	Eignungsklasse				
58	59	60	61	62/63	64	65	60 b	73	74	75	76			
466	NW	B3	AK	SS, ME, MO	EE	3								
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen														
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen		Düngereinsatz						
3		2		W		festgestellte		empfohlene		fest flüssig				
66		67		68		69		70		71 72				
form		gem.	gesch.	gem.	gesch.	gem.	gesch.	schatt		Stufe	Punkte			
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111			
a	b													

Abbildung 32 - Profilblatt der Spatenprobe vom 25.03.2019 auf dem Girisberg unten

Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich, © 2005

Situation		Topographie / Geologie		Titeldaten										
Wetter trocken, Windig, ~15°C		Ausrichtung Nordwest Leicht abfallend		Daten-schlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologe	Datum		Profil-bezeichnung				
Kunstpflanze + Klee		Grundmoräne, Sandstein, Mergel		1	2	3	4	5		6	7			
				G1		X	AJK	25.03.2019						
				8 Polit.Gem. Aarberg BE, 3270						10 Gem. Nr.				
				9 Kanton						11 Ort				
										Flurname Spins Girisberg Längacker				
				12 Blatt-Nr. 1:25'000 LK 1146		Koordinaten		13	2588	814	1211	574		
										15 Kartierungscode				
Bemerkungen		Bodenbezeichnung												
30m Abstand Ackerland oben und 30m von Weg im Osten sehr wenig dunkel musselt praktisch ganz gestrichen bei Fällentassen		Braunerde		Bodentyp		16	B	1352		17				
		Sandiger Lehm		Untertyp		E2-Ep, L4, HD		18						
				Skelettgehalt		19	0	20						
				Feinerdekörmung		21	5	22						
				Wasserhaushaltsgruppe / Pflanzennutzbare Gründigkeit		cm		>40	23		b			
				Neigung		25	1	%	Geländeform		a			
Profilskizze														
Horizont		Profilskizze	Gefüge	31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Nr.	Tiefe													
	0													
	12	Ap x		Sp 3		15-20	20-50	20-25	0	0	0	5,5	7,5YR	7/6
	20	B x		Sp 3.5					0	0	0			
	40											7	7,5YR	7/6
Profiltiefe														
57														
40														
Standort						Bewertung / Eignung								
Höhe u. M. m	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangs-material	Landschafts-element	Nutzungs-gebiet	Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-Klasse				
58	59	60	61	62/63	64	65	60 b	73	74	75	76			
466	NW	A3	KW	SS, ME, Ad	EE	3								
Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen														
Krumenzustand		Limitierungen		Nutzungsbeschränkung		Meliorationen festgestellte		Meliorationen empfohlene		Düngereinsatz fest		Düngereinsatz flüssig		
3		2		W		69		70		71		72		
		66		67		68				71		72		
										4		4		
form		gem.	gesch.	gem.	gesch.	gem.	gesch.	schatt			Stufe	Punkte		
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109		110	111		
a	b													

Abbildung 33 - Profilblatt der Spatenprobe vom 25.03.2019 vom Längacker

## Anhang C Defizitkarten

Der Indikator für die Erosions-Gefährdung in Abbildung 34 beträgt  $> 4 \text{ t Bodenverlust ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (Kay, Jäger, & Herzog, 2019).

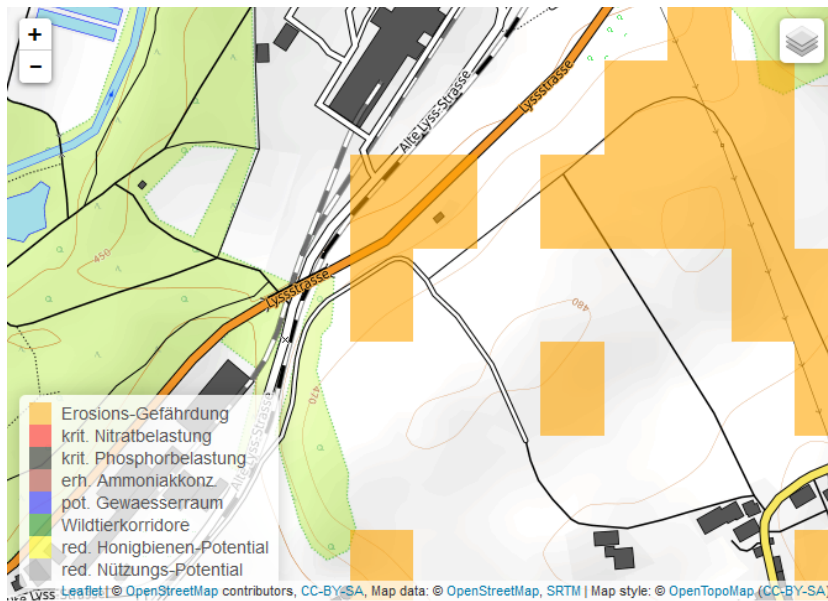


Abbildung 34 - Defizitkarte Erosions-Gefährdung (Kay, Jäger, & Herzog, 2019)

Die Grenze für die Nitratbelastung in Abbildung 35 ist  $> 40 \text{ mg N l}^{-1}$  (Kay, Jäger, & Herzog, 2019).

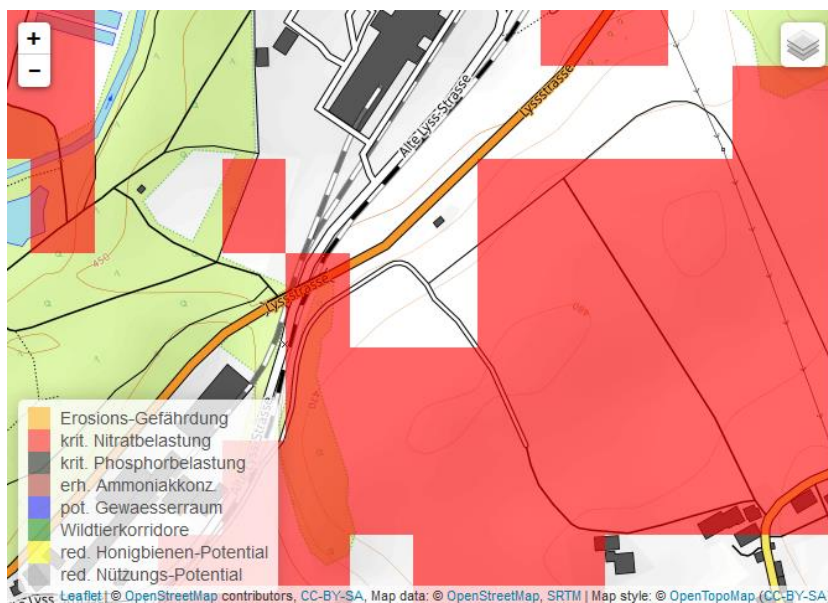


Abbildung 35 - Defizitkarte kritische Nitratbelastung (Kay, Jäger, & Herzog, 2019)

Der Schwellwert für die erhöhte Ammoniakkonzentration in der Luft wurde in Abbildung 36 mit  $> 3 \mu\text{g m}^{-3}$  (Grenzwerte in besonderen Biotop für Pflanzen  $2\text{-}4 \mu\text{g m}^{-3}$ ; Moose  $1 \mu\text{g m}^{-3}$ ) angenommen (Kay, Jäger, & Herzog, 2019).

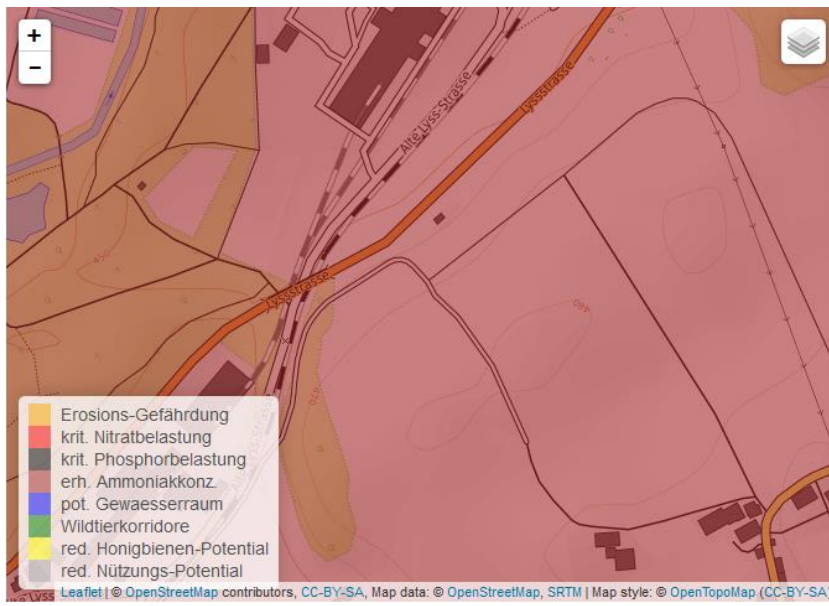


Abbildung 36 - Defizitkarte erhöhte Ammoniakkonzentration (Kay, Jäger, & Herzog, 2019)

## Anhang D Direktzahlungen

Nachfolgend eine Liste aller Beitragsarten mit den jeweils für ein Agroforstsystem potenziell hilfreichen Details:

- **Kulturlandschaftsbeiträge**  
Die Beiträge zur Erhaltung der Kulturlandschaft gibt es für Flächen in der Hügel- oder Bergzone (BLW, 2018b, S. 5).
- **Versorgungssicherheitsbeiträge**  
Zur Erhaltung der Versorgungssicherheit können Versorgungssicherheitsbeiträge erhalten werden. Als Basisbeitrag gibt es für Landwirtschaftliche Nutzflächen CHF 900.- ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und für BFF Dauergrünflächen CHF 450.- ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (BLW, 2018b, S. 8). Für Ackerflächen und Baumstreifen werden CHF 400.- ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> als Beitrag für offene Ackerflächen und Dauerkulturen bezahlt (BLW, 2018b, S. 9). Für Blühstreifen und Brachen können keine Beiträge ausgerichtet werden (BLW, 2018a, S. 6).
- **Biodiversitätsbeiträge**  
Nach Caillet-Bois et al. (2019, S. 22) werden jährlich folgende Direktzahlungen geleistet, die für diese Arbeit relevant sind:
  - Buntbrachen (BLW Kultur-Code 556 (7A))  
CHF 3'800.- ha<sup>-1</sup> plus CHF 1'000.- ha<sup>-1</sup> Vernetzungsbeitrag
  - Rotationsbrachen (BLW Kultur-Code 557 (7B))  
CHF 3'300.- ha<sup>-1</sup> plus CHF 1'000.- ha<sup>-1</sup> Vernetzungsbeitrag
  - Saum auf Ackerfläche (BLW Kultur-Code 559)  
CHF 3'300.- ha<sup>-1</sup> plus CHF 1'000.- ha<sup>-1</sup> Vernetzungsbeitrag
  - Blühstreifen (BLW Kultur-Code 572)  
CHF 2'500.- ha<sup>-1</sup> ohne Vernetzungsbeitrag
  - Hochstamm-Feldobstbäume (ohne Nussbäume) (BLW Kultur-Code 921, 923 (8))  
CHF 45.- pro Baum (Q2) plus CHF 5.- pro Baum Vernetzungsbeitrag
  - Nussbäume (BLW Kultur-Code 922 (8))  
CHF 30.- pro Baum (Q2) plus CHF 5.- pro Baum Vernetzungsbeitrag

Beiträge für Vernetzungsprojekte werden in kantonalen Richtlinien, welche von BLW und BAFU geprüft werden, geregelt. Sie sind zu 90 % vom Bund und zu 10 % durch Kantone, Gemeinden oder Dritte finanziert (BLW, 2015b, S. 10). In den Baumreihen können für die Vernetzung z. B. folgende Massnahmen umgesetzt werden (BLW, 2015, S. 14-15):

- Anbringen von artspezifischen Nistkästen an Hochstammbäumen oder standortgerechten Einzelbäumen. Artspezifische Nisthilfen für Fledermäuse, Gartenrotschwanz, Wendehals oder Wiedehopf sollen den aufgeführten Arten ermöglichen stabile Populationen aufzubauen. Die Nistkästen müssen jährlich vor dem 31. Januar gereinigt werden. (Massnahme 15)

- Selektive Pflege von Hecken, wie z. B. das Fördern von Dornensträuchern, soll der Dorngrasmücke und dem Neuntöter zugutekommen (Massnahme 17)
- Das Schaffen von Strukturen in Hecken, z. B. mit der Anlage von Ast- und Steinhaufen innerhalb der Hecke ( $\emptyset > 1 \text{ m}^2$ ) unterstützt Heckenbraunelle und Wiesel (Massnahme 18)

Nach Jäger (2019c, S. 5) können ab dem 01.01.2019 in Hochstamm-Obstgärten mit Qualität bereits ab der Pflanzung die vollen Beitragssätze bezogen werden. Die Regel, dass Q2 Beiträge erst ab einem Kronendurchmesser von 3 m vergütet werden, ist weggefallen.

- **Landschaftsqualitätsbeiträge**

Mit diesen Beiträgen werden Projekte der Kantone zur Erhaltung, Förderung und Weiterentwicklung vielfältiger Kulturlandschaften gefördert (BLW, 2018b, S. 19). Folgende Beiträge können für ein Agroforstsystem interessant sein (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, 2017):

- 1.1 Blühender Ackerbegleitstreifen in Dreschkulturen (LN) (2017, S. 4)  
CHF 20.- pro Are und Jahr
  - Mindestbreite 2.5m
- 1.2 Einzigartige Hauptkulturen (LN) (2017, S. 5)  
CHF 200.- pro Kultur und Jahr
  - Gewürz- und Medizinalpflanzen (553, 706)
  - Beeren (551, 70501 - 70508)
  - Buntbrache, Rotationsbrache, Saum auf Ackerfläche (556, 557, 559)
  - Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge (572)
  - Mindestfläche 1 Are pro Kulturgruppe (zusammenhängend)
  - Jede Kulturgruppe kann nur einmal angemeldet werden  
(Beispiel: 1 Are Vielfältiges Freilandgemüse, 2 Aren Cassis (Beeren), 3 Aren Brombeeren (Beeren) und 50 Aren Chinaschilf = 3 Kulturgruppen (a, b & d) = 600.-)
- 3.2.1 Einzelbäume, Baumreihen und Alleen (LN) (2017, S. 24)  
CHF 30.- pro Baum und Jahr
  - Einheimische Laubbaumarten
  - Stammhöhe mindestens 1.2 m, die Bäume weisen oberhalb der Stammhöhe mindestens drei verholzte Seitentriebe auf
  - Anrechenbare Bäume sind: Eichen, Ulmen, Linden, Ahorne und andere einheimische Laubbäume
- 3.2.3 Pflanzung einheimischer Laubbäume als Einzelbäume, Baumreihen und Alleen (2017, S. 26)  
CHF 160.- pro Baum, einmalige Zahlung
  - Investitionsbeiträge werden für maximal 20 Bäume (Massnahme 3.2.3 und 3.4.2 zusammen) pro Betrieb und Umsetzungsperiode des Landschaftsqualitätsprojektes ausbezahlt.
  - Neu- und Ersatzpflanzungen sind Beitragsberechtigt



- Einheimische Laubbaumarten ohne Hochstammfeldobstbäume (z. B. Eiche, Ulme, Linde, Ahorn)
    - Stammhöhe mindestens 1.2 m
  - 3.4.1 Traditioneller Streuobstbau und Hochstammfeldobstgärten sowie Alleen mit Hochstammfeldobstbäumen (LN) (2017, S. 30)  
CHF 10.- pro Baum und Jahr
    - Bäume sind angemeldet als Code 921 (Hochstammfeldobstbäume BFF), 922 (Nussbäume BFF) oder 923 (Kastanienbäume in gepflegten Selven)
    - Ab dem zehnten Baum pro Betrieb mindestens drei verschiedene Obstsorten oder -arten
    - Pro Are ein Baum anrechenbar, maximal 100 Bäume pro ha
  - 3.4.2 Pflanzung traditioneller Streuobstbau und Hochstammfeldobstgärten sowie Alleen mit Hochstammfeldobstbäumen (2017, S. 31)  
CHF 160.- pro Baum, einmalige Zahlung
    - Investitionsbeiträge werden für maximal 20 Bäume (Massnahme 3.2.3 und 3.4.2 zusammen) pro Betrieb und Umsetzungsperiode des Landschaftsqualitätsprojektes ausbezahlt
    - Neu- und Ersatzpflanzungen sind Beitragsberechtigigt
    - Ab dem zehnten Baum pro Betrieb mindestens drei verschiedene Obstsorten oder -arten
    - Pro Are 1 Baum anrechenbar
  - 6.1 Diversitätsbonus  
CHF 400.- pro Betrieb und Jahr, ab vier anrechenbaren Massnahmen pro Jahr  
CHF 600.- pro Betrieb und Jahr, ab sechs anrechenbaren Massnahmen pro Jahr  
CHF 800.- pro Betrieb und Jahr, ab acht anrechenbaren Massnahmen pro Jahr
    - Mindestens vier unterschiedliche Landschaftsqualitätsmassnahmen müssen auf dem Betrieb angemeldet und die jeweiligen Anforderungen erfüllt sein
    - Investitionsmassnahmen wie die Pflanzung von Bäumen werden nicht angerechnet
- **Produktionssystembeiträge**  
Für biologische Landwirtschaft als Produktionssystem gibt es jährlich u. a. folgende Beiträge:
  - CHF 1'600.- ha<sup>-1</sup> für Spezialkulturen (BLW, 2018b, S. 20)  
Als Spezialkulturen gelten u. a. Obstanlagen, Beeren, Gemüse ausser Heil- und Gewürzpflanzen (Art. 15 Abs. 1) (Der Schweizerische Bundesrat, 2013, S. 3903).
  - CHF 1'200.- ha<sup>-1</sup> für übrige offene Ackerflächen (BLW, 2018b, S. 20)  
Als offene Ackerflächen gelten Flächen mit einjährigen Acker-, Gemüse- und Beerenkulturen, einjährigen Gewürz- und Medizinalpflanzen, sowie Buntbrachen, Rotationsbrachen und Säume auf Ackerland (Art. 18 Abs. 2) (Der Schweizerische Bundesrat, 2008, S. 3813).

Für teils Kulturen kann noch ein Beitrag für extensive Produktion über CHF 400.- ha<sup>-1</sup> bezogen werden. Betroffen sind die folgenden Kulturen:

- Alle Getreidearten
- Raps
- Sonnenblumen
- Eiweisserbsen, Ackerbohnen und Lupinen sowie Mischungen der drei Leguminosen mit Getreide zur Verfütterung

- **Ressourceneffizienzbeiträge**

Seit 2014 werden Techniken mit ausgewiesener Wirkung zur Verbesserung der nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen und der Effizienz beim Einsatz von Produktionsmitteln befördert (BLW, 2015a, S. 3).

- CHF 200.- ha<sup>-1</sup> Zusatzbeitrag für den Verzicht auf Herbizid als Beitrag für eine schonende Bodenbearbeitung. Dieser Beitrag wird nur bis 2021 entrichtet und wird deshalb in dieser Arbeit nicht mehr beachtet.
- Obstbau
  - CHF 200.- ha<sup>-1</sup> für einen Teilverzicht auf Herbizide
  - CHF 600.- ha<sup>-1</sup> für einen vollständigen Verzicht auf Herbizide
  - CHF 200.- ha<sup>-1</sup> für einen reduzierten Fungizideinsatz

- **Übergangsbeitrag**

Der Übergangsbeitrag wurde eingeführt um den Wechsel zur Agrarpolitik 2014 - 2017 sozialverträglich auszugestalten. Die Betriebe hatten so Zeit, auf die Änderungen zu reagieren und ihre Betriebe allenfalls anzupassen. Der Übergangsbeitrag ist jährlich gesunken, soll aber gesamthaft während ca. 8 Jahren ausgerichtet werden (Übergangsbeitrag, 2017).

- **Einzelkulturbeiträge**

Laut Art. 54 des Landwirtschaftsgesetz (LwG) werden für Ölsaaten, Körnerleguminosen, Faserpflanzen, Zuckerrüben und Saatgut von Kartoffeln, Mais und Futtergräsern und Futterleguminosen Einzelkulturbeiträge ausgerichtet. Dabei handelt es sich um eine Marktstützungsmassnahme (Einzelkulturbeiträge, 2018).

Einige Beispiele:

- CHF 700.- ha<sup>-1</sup> für Raps, Sonnenblumen, Ölkürbisse, Öllein und Mohn
- CHF 700.- ha<sup>-1</sup> für Saatgut von Kartoffeln und Mais
- CHF 1'000.- ha<sup>-1</sup> für Saatgut von Futtergräsern und Futterleguminosen
- CHF 200.- ha<sup>-1</sup> für Soja

## Anhang E Berechnung Deckungsbeitrag Karotten

Tabelle 12 zeigt die Berechnung des Deckungsbeitrags für Bio Karotten ohne und mit Agroforstsystem.

Tabelle 12 - Berechnung des Deckungsbeitrags für Karotten

<b>Karotten Bio</b>							
Kulturdaten							
Fläche	1 ha						
Saat	31. Mai						
Ernteabschluss	05. Nov						
Zuschlag Mehrarbeit wegen Baumreihen	10 %					ohne Agroforst	mit Agroforst
				[CHF]	[CHF]		
<b>1. Leistung</b>							
Ertrag	Menge Netto [kg]	Preis [CHF]	Ertrag [CHF]			43'000.00	43'000.00
Karotten Direkt	6'500	3.00	19'500.00				
Karotten Handel	23'500	1.00	23'500.00				
Beiträge	Anteil [%]					2'247.50	2'247.50
Bio Spezialkulturen	77.5	1600	1'240.00				
Basisbeitrag	77.5	900	697.50				
Beitrag für offene Ackerfl. und Dauerkult	77.5	400	310.00				
<b>Total Leistung</b>						<b>45'247.50</b>	<b>45'247.50</b>
<b>2. Direktkosten</b>							
Saat / Pflanzung						1'620.00	1'620.00
Düngung						2'244.00	2'244.00
Pflanzenschutz						102.00	102.00
Bewässern						600.00	600.00
Gebinde						1'118.00	1'118.00
Infrastruktur / Diverse						1'676.00	1'676.00
<b>Total vergleichbare Direktkosten</b>						<b>7'360.00</b>	<b>7'360.00</b>
<b>3. Strukturkosten</b>							
Bodenbearbeitung						1'189.00	1'307.90
Saat / Pflanzung						429.00	471.90
Düngung						0.00	0.00
Pflanzenschutz						125.00	137.50
Bewässern						1'070.00	1'177.00
Pflege						7'610.00	8'371.00
Ernte						3'212.00	3'533.20
Aufbereitung / Lieferung						356.00	356.00
Infrastruktur / Diverse						3'710.00	3'710.00
Wegzeiten / Restarbeitszeiten						1'417.00	1'417.00
Weitere Strukturkosten						2'245.00	2'245.00
<b>Total Strukturkosten</b>						<b>21'363.00</b>	<b>22'726.50</b>
<b>Total Leistung</b>						<b>45'247.50</b>	<b>45'247.50</b>
<b>Total Produktionskosten</b>						<b>28'723.00</b>	<b>30'086.50</b>
<b>Gewinn</b>						<b>16'524.50</b>	<b>15'161.00</b>

## Anhang F Berechnung Direktzahlungen

Die Berechnungen der Direktzahlungen für die beiden Parzellen heute und mit dem Agroforstsystem sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13 - Berechnungen der Direktzahlungen

In Klammern die Artikel nach Direktzahlungsverordnung (DZV)	Ertrag pro Baum oder Kultur pro ha [CHF]	Girsberg						Längacker					
		Heute		Version 1		Heute		Version 1					
		Fläche [m2]	Ertrag [CHF]	Fläche [m2]	Anzahl Bäume	Ertrag [CHF]	Fläche [m2]	Ertrag [CHF]	Fläche [m2]	Anzahl Bäume	Ertrag [CHF]		
<b>Summen</b>	<b>920.00</b>	<b>21'650.00</b>	<b>21'027</b>	<b>6'859.95</b>	<b>21'027</b>	<b>247</b>	<b>12'510.18</b>	<b>6'846</b>	<b>1'985.34</b>	<b>6'846</b>	<b>144</b>	<b>5'478.03</b>	
<b>Ackerfläche</b>	0	2'900.00	18'939	5'492.31	17'202	0	4'988.48	6'846	1'985.34	4'036	0	1'170.54	
Versorgungssicherheitsbeiträge					***					***			
Basisbeitrag Landwirtschaftliche Nutzfläche (Art. 50-51)		900.00		1'704.51			1'548.15		616.14			363.27	
Beitrag für offene Ackerflächen und Dauerkulturen (Art. 53)		400.00		757.56			688.07		273.84			161.45	
Produktionssystembeiträge													
Spezialkulturen in der biologische Landwirtschaft (Art. 66-67)		1'600.00		3'030.24			2'752.27		1'095.36			645.81	
<b>BFF</b>	0	6'550.00	2'988	1'367.64	0	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	
Versorgungssicherheitsbeiträge													
BFF Dauergrünflächen (Art. 50-51)		450.00		93.96			0.00		0.00			0.00	
Beitrag für offene Ackerflächen und Dauerkulturen (Art. 53)		400.00		83.52			0.00		0.00			0.00	
Biodiversitätsbeiträge													
Saum auf Ackerfläche, Kultur-Code BLW 559													
Beitrag Talzone Q1 (Art. 55)		3'300.00		689.04			0.00		0.00			0.00	
Vernetzungsbeitrag Saum auf Ackerfläche (Art. 61-62)		1'000.00		208.80			0.00		0.00			0.00	
Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB)													
Einzigartige Hauptkulturen für Saum auf Ackerfläche (1.2)		200.00		41.76			0.00		0.00			0.00	
Produktionssystembeitrag													
Übrige offene Ackerfläche für Saum auf Ackerfläche (Art. 66-67)		1'200.00		250.56			0.00		0.00			0.00	
<b>Baumstreifen</b>	520.00	3'700.00	0	0.00	2'458	245	5'959.46	0	0.00	2'189	144	3'779.93	
Versorgungssicherheitsbeiträge													
Basisbeitrag Landwirtschaftliche Nutzfläche (Art. 50-51)		900.00		0.00			221.22		0.00			197.01	
Beitrag für offene Ackerflächen und Dauerkulturen (Art. 53)		400.00		0.00			98.32		0.00			87.56	
Biodiversitätsbeiträge													
Hochstamm-Feldobstbäume (ohne Nussbäume)													
(BLW Kultur-Code 921, 923 (8)) Q2	45.00			0.00		67	3'015.00		0.00		36	1'620.00	
Nussbäume (BLW Kultur-Code 922 (8)) Q2	30.00			0.00		14	420.00		0.00		6	180.00	
Vernetzungsbeitrag Hochstamm-Feldobstbäume und Nussbäume (Art. 61-62)	5.00			0.00		81	405.00		0.00		42	210.00	
Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB)													
Einzigartige Hauptkulturen für Gewürz (1.2)	200.00			0.00	*	1	200.00		0.00	*	0	0.00	
Einzigartige Hauptkulturen für Beeren (1.2)	200.00			0.00	*	1	200.00		0.00	*	0	0.00	
Einzelbäume, Baumreihen und Alleen (einheimische Laubbäume) (3.2.1)	30.00			0.00		0	0.00		0.00		18	540.00	
Traditioneller Streuobstbau und Hochstammfeldobstgärten sowie Alleen mit Hochstammfeldobstbäumen (3.4.1)	10.00			0.00	**	81	810.00		0.00	**	42	420.00	
Produktionssystembeitrag													
Spezialkulturen in der biologische Landwirtschaft (Art. 66-67)		1'600.00		0.00			393.28		0.00			350.24	
Ressourceneffizienzbeiträge													
Vollständiger Verzicht auf Herbizide im Obstbau (Art. 77-82)	600.00			0.00			147.48		0.00			131.34	
Reduzierter Fungizideinsatz im Obstbau (Art. 77-82)	200.00			0.00			49.16		0.00			43.78	
<b>Blühstreifen</b>	400.00	8'500.00	0	0.00	1'367	2	1'562.23	0	0.00	621	0	527.57	
Biodiversitätsbeiträge													
Buntbrachen (BLW Kultur-Code 556 (7A)) (Art. 55)		3'800.00		0.00			519.59		0.00			235.85	
Vernetzungsbeitrag Buntbrache (Art. 61-62)		1'000.00		0.00			136.73		0.00			62.07	
Blühstreifen (BLW Kultur-Code 572)		2'500.00		0.00			341.83		0.00			155.17	
Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB)													
Einzigartige Hauptkulturen für Buntbrache (1.2)	200.00			0.00	*	1	200.00		0.00		0	0.00	
Einzigartige Hauptkulturen für Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge (1.2)	200.00			0.00	*	1	200.00		0.00		0	0.00	
Produktionssystembeitrag													
Übrige offene Ackerflächen in der biologische Landwirtschaft (Art. 66-67)		1'200.00		0.00			164.08		0.00			74.48	

\* nur eine Anmeldung pro Kulturgruppe möglich. 1 Are zusammenhängend pro Kultur.

\*\* pro Are 1 Baum anrechenbar

\*\*\* in der vierjährigen Pause zwischen den 8 Jahren Buntbrachen wurde der Streifen als Ackerland eingepflanzt. Es wurde ein Drittel der Blühstreifen Fläche zu der Ackerfläche angerechnet.

## Anhang G Berechnung Aufbaukosten

Tabelle 14 listet die Kosten auf, welche anfallen, um das Minimum des Agroforstsystems zu installieren, damit die Bedingungen für alle berechneten Direktzahlungen erfüllt werden. Die restlichen Pflanzen sind in Tabelle 15 aufgeführt.

Tabelle 14 - Materialkosten für minimale Version der Anlage zur Erfüllung der berechneten Direktzahlungen

Girisberg und Längacker	Anzahl Objekte	Kosten pro Objekt [CHF]	Fläche [ha]	Kosten pro ha [CHF]	Kosten [CHF]	Umlaufzeit [Jahre]	Jährliche Kosten pro Umlaufzeit [CHF]
Total (Zitronenmelisse als Pflanzen)					4'823.08		1'210.85
<b>Total (Zitronenmelisse als Saatgut)</b>					<b>2'017.54</b>		<b>509.46</b>
<b>Baumstreifen</b>					1'699.46		
Bäume							
Hochstamm-Feldobstbäume	123	80.00			9'840.00	50	196.80
Standortgerechte Einzelbäume	18	5.00			90.00	50	1.80
Sträucher							
Aronia	90	38.00	0.01		3'420.00	14	244.29
Kräuter							
Zitronenmelisse Pflanzen	480	5.90	0.01		2'832.00	4	708.00
Zitronenmelisse Saatgut (Preis für 10 g)	1.25	21.17	0.01		26.46	4	6.62
Material							
Stützpfahl 2.5 m	141	10.00			1'410.00	50	28.20
Stammschutz 1 m	141	2.50			352.50	50	7.05
Bindematerial	141	0.50			70.50	50	1.41
Strukturen							
Sitzwarte (Ast, Asthaufen, Pfahl)	5	20.00			100.00	5	20.00
Asthaufen	3	0.00			0.00	5	0.00
Steinhaufen	3	55.00			165.00	50	3.30
Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB)							
Pflanzung einheimischer Laubbäume als Einzelbäume,							
* Baumreihen und Alleen (3.2.3)	18	-160.00					
Pflanzung traditioneller Streuobstbau und Hochstammfeldobstgärten							
* sowie Alleen mit Hochstammfeldobstbäumen (3.4.2)	123	-160.00			-3'200.00		
Fördergelder							
** Coop-Förderprogramm für Agroforstwirtschaft	141	-75.00			-10'575.00		
<b>Blühstreifen</b>					318.08		
Material							
Saatmischung			0.20	1'600.00	318.08	8	39.76

- \* Maximal 20 Bäume (Massnahme 3.2.3 und 3.4.2 zusammen)
- \*\* Baum wird dabei mit CHF 75.– unterstützt (min. 20 Bäume pro Betrieb)

Tabelle 15 - Materialkosten für die restlichen Pflanzen

Girisberg und Längacker	Anzahl Objekte	Kosten pro Objekt [CHF]	Fläche [ha]	Kosten pro ha [CHF]	Kosten [CHF]	Umlaufzeit [Jahre]	Jährliche Kosten pro Umlaufzeit [CHF]
<b>Total</b>					<b>8'397.70</b>		<b>489.95</b>
<b>Baumstreifen</b>					8'397.70		
Sträucher							
Wildrose (3 l Topf)	27	26.00			702.00	50	14.04
Sanddorn (50 - 90 cm)	35	32.00			1'120.00	50	22.40
Haselnuss (Kultursorte 50 - 90 cm)	11	42.00			462.00	100	4.62
Ölweide	40	72.00			2'880.00	50	57.60
Holunder (Haschberg 50 - 70 cm)	12	38.00			456.00	20	22.80
Schwarzdorn	33	2.14			70.62	50	1.41
Gemüse							
Rhabarber (5 l Topf)	100	26	0.01		2'600.00	10	260.00
Blumen							
Ringelblumen			0.21	250.00	53.54	1	53.54
Tagetes			0.21	250	53.54	1	53.54

## Anhang H Berechnung Arbeitsaufwand

Tabelle 16 zeigt den Arbeitsaufwand, der anfällt, um das Minimum des Agroforstsystems zu installieren, damit die Bedingungen für alle berechneten Direktzahlungen erfüllt werden.

Tabelle 16 - Arbeitsaufwand für die minimale Installation

Girisberg und Längacker	Anzahl Objekte	Aufwand pro Objekt [h]	Fläche [ha]	Aufwand pro ha [h]	Aufwand [h]	Kosten [CHF]	wann fallen die Arbeiten an
<b>Total</b>					<b>127.05</b>	<b>3'811.42</b>	
<b>Allgemeines</b>					22.30	668.95	
Gelände mit Massband manuell ausmessen			2.79	8.00	22.30	668.95	einmalig
<b>Baumstreifen</b>					96.30	2'889.00	
<b>Bäume</b>							
Pflanzung aller Bäume	141	0.50			70.50	2'115.00	alle 40 Jahre
<b>Sträucher</b>							
Aronia	90	0.22	0.01		19.80	594.00	alle 14 Jahre
<b>Kräuter</b>							
Zitronenmelisse Pflanzen	480	0.05	0.01		24.00	720.00	alle 4 Jahre
Zitronenmelisse Saatgut	1.25		0.01	5.00	0.50	15.00	alle 4 Jahre
<b>Strukturen</b>							
Sitzwarte (Ast, Asthaufen, Pfahl)	5	0.50			2.50	75.00	etwa alle 5 Jahre
Asthaufen	3	0.50			1.50	45.00	etwa alle 5 Jahre
Steinhaufen	3	0.50			1.50	45.00	etwa alle 5 Jahre
<b>Blühstreifen</b>						8.45	253.47
<b>Buntbrache</b>							
Saatbett vorbereiten			0.20	30.00	5.96	178.92	alle 4 Jahre
Aussaart			0.20	12.50	2.49	74.55	alle 4 Jahre

Der Aufwand für das implementieren restlichen Pflanzen sind in Tabelle 17 aufgeführt.

Tabelle 17 - Arbeitsaufwand für die Installation der restlichen Pflanzen

Girisberg und Längacker	Anzahl Objekte	Aufwand pro Objekt [h]	Fläche [ha]	Aufwand pro ha [h]	Aufwand [h]	Kosten [CHF]	wann fallen die Arbeiten an
<b>Total</b>					<b>63.78</b>	<b>1'913.49</b>	
<b>Baumstreifen</b>							
<b>Sträucher</b>							
Wildrose (3 l Topf)	27	0.25			6.75	202.50	etwa alle 50 Jahre
Sanddorn (50 - 90 cm)	35	0.25			8.75	262.50	etwa alle 50 Jahre
Haselnuss (Kultursorte 50 - 90 cm)	11	0.25			2.75	82.50	etwa alle 100 Jahre
Ölweide	40	0.25			10.00	300.00	etwa alle 50 Jahre
Holunder (Haschberg 50 - 70 cm)	12	0.25			3.00	90.00	etwa alle 20 Jahre
Schwarzdorn	33	0.25			8.25	247.50	etwa alle 50 Jahre
<b>Gemüse</b>							
Rhabarber (5 l Topf)	100	0.20	0.01		20.00	600.00	alle 10 Jahre
<b>Blumen</b>							
Ringelblumen			0.21	10	2.14	64.25	jährlich
Tagetes			0.21	10	2.14	64.25	jährlich

In Tabelle 18 ist der Arbeitsaufwand für Unterhalt inkl. Ernte berechnet.

Tabelle 18 - Arbeitsaufwand für den Unterhalt des Agroforstsystems

Girisberg und Längacker	Anzahl Objekte	Aufwand pro Objekt [h]	Fläche [ha]	Aufwand pro ha [h]	Aufwand [h]	Kosten [CHF]	wann fallen die Arbeiten an
<b>Total</b>					<b>2'062.12</b>	<b>61'863.55</b>	
<b>Baumstreifen</b>					2'052.18	61'565.35	
<b>Bäume</b>							
<b>Obstbau</b>							
Hochstamm-Feldobstbäume (inkl. Walnuss) bei Vollertrag	123		2.79	431.00	1'201.33	36'039.79	ab dem 12. Jahr
Wertholz (Obst-, Nussbäume und Erlen)							
1. Ästung	141	0.08			11.75	352.50	im dritten Jahr
2. Ästung	141	0.17			23.50	705.00	im sechsten Jahr
3. Ästung	141	0.25			35.25	1'057.50	im achten Jahr
4. Ästung	141	0.25			35.25	1'057.50	im zehnten Jahr
Ernte	141	2.00			282.00	8'460.00	nach 50 Jahren
<b>Sträucher</b>							
Aronia	90	0.39	0.01		34.80	1'044.00	ab dem dritten Jahr nach Neupflanzung
Wildrose (3 l Topf)	27				n. a.		
Sanddorn (50 - 90 cm)	35				n. a.		
Haselnuss (Kultursorte 50 - 90 cm)	11				n. a.		
Ölweide	40				n. a.		
Holunder (Haschberg 50 - 70 cm)	12	0.50			6.00	180.00	ab dem dritten Jahr nach Neupflanzung
Schwarzdorn	33	0.50			16.50	495.00	
<b>Gemüse</b>							
Rhabarber			0.01	732.00	7.32	219.60	
<b>Kräuter</b>							
Zitronenmelisse	480		0.01	2'000.00	20.00	600.00	
<b>Blumen</b>							
Ringelblumen			0.21	1'000.00	214.15	6'424.53	
Tagetes			0.21	1'000.00	214.15	6'424.53	
<b>Blühstreifen</b>						9.94	298.20
<b>Buntbrache</b>							
Pflege			0.20	50.00	9.94	298.20	jährlich

## Anhang I Berechnung Ertrag

Die Erträge des Agroforstsystems sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19 - Erträge des Agroforstsystems

Girisberg und Längacker	Ertrag pro Pflanze [kg]	Anzahl Objekte	Ernte-ertrag pro ha [kg]	Fläche [ha]	Ernte-ertrag [kg]	Ertrag pro kg [CHF]	Ertrag [CHF]	Umlaufzeit [Jahre]	Anzahl Jahre in Vollertrag	Jährlicher Ertrag pro Umlaufzeit [CHF]
<b>Total</b>							191'973.35			<b>117'754.75</b>
<b>Baumstreifen</b>										
Bäume Früchte										
Apfel als Tafelobst	200	103			20'600	5.00	103'000.00	50	39	80'340.00
Apfel als Mostobst	200	103			20'600	0.32	6'592.00	50	39	5'141.76
Walnuss	40	20			800	8.00	6'400.00	50	39	4'992.00
Bäume Wertholz										
Apfel [fm]	0.95	103	98			365.00	35'715.25	50	1	714.31
Walnuss [fm]	0.95	20	19			705.00	13'395.00	50	1	267.90
Erle [fm]	0.95	18	17			104.00	1'778.40	50	1	35.57
Sträucher										
Wildrose	n. a.	27				n. a.	n. a.	15	n. a.	n. a.
Sanddorn	n. a.	35				n. a.	n. a.	50	n. a.	n. a.
Haselnuss	3.3	11			36	29.00	1'052.70	100	90	947.43
Ölweide	n. a.	40				n. a.	n. a.	50	n. a.	n. a.
Holunder	25	12			300	5.00	1'500.00	50	47	1'410.00
Schwarzdorn	4	33			132	n. a.	n. a.	50	43	n. a.
Beeren										
Aronia	3	90		0.01	300	49.00	14'700.00	14	12	12'600.00
Kräuter										
Zitronenmelisse			4'200	0.01	42	120.00	5'040.00	4	3	3'780.00
Gemüse										
Rhabarber (5 l Topf)			35'000	0.010	350	8.00	2'800.00	10	7	1'960.00
Blumen										
Ringelblumen			500	0.21	107.075	50.00	5'353.77	1	1	5'353.77
Tagetes			500	0.21	107.075	50.00	5'353.77	1	1	5'353.77
Blühstreifen										
Buntbrache							n. a.			n. a.

# Anhang J Berechnung Annuitäten

Die Annuitäten der Kulturen und Nutzungen sind in Tabelle 20 bis Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 20 - Annuitäten Grundannahmen

Diskontierungssatz [%]	1
Diskontierungssatz [Faktor]	0.01
Anzahl Jahre (Periode)	50
Annuitätenfaktor KWF	0.02551

Jahr	Aufbau Agroforst minimal mit Bäumen und Blühstreifen			Blühstreifen		Wertholz			Obst			Beiträge aus Direktzahlungen [CHF]	Abzinsfaktor [%]	
	Arbeitskosten [CHF]	Material [CHF]	Bemerkung	Arbeitskosten [CHF]	Bemerkung	Arbeitskosten [CHF]	Ertrag [CHF]	Bemerkung	Arbeitskosten [CHF]	Ertrag als Tafelobst [CHF]	Ertrag als Mostobst [CHF]			
0	3'202.42	-1'428.92	Aufbau minimal	298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.000
1				298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.010
2				298.20	Pflege Buntbrache	352.50		1. Ästung					11'429.19	1.020
3				298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.030
4	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.041
5				298.20	Pflege Buntbrache	705.00		2. Ästung					11'429.19	1.051
6				298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.062
7				298.20	Pflege Buntbrache	1'057.50		3. Ästung					11'429.19	1.072
8	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.083
9				298.20	Pflege Buntbrache	1'057.50		4. Ästung					11'429.19	1.094
10				298.20	Pflege Buntbrache								11'429.19	1.105
11				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.116
12	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.127
13				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.138
14				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.149
15				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.161
16	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.173
17				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.184
18				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.196
19				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.208
20	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.220
21				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.232
22				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.245
23				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.257
24	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.270
25				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.282
26				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.295
27				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.308
28	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.321
29				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.335
30				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.348
31				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.361
32	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.375
33				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.389
34				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.403
35				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.417
36	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.431
37				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.445
38				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.460
39				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.474
40	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.489
41				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.504
42				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.519
43				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.534
44	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.549
45				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.565
46				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.580
47				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.596
48	126.74	159.04	Blühstreifen Saatgut	298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.612
49				298.20	Pflege Buntbrache					36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.628
50				298.20	Pflege Buntbrache	8'460.00	50'888.65	Ernte		36'039.79	109'400.00	12'992.00	11'429.19	1.645



Tabelle 21 - Annuitäten der Bäume

Tafelobst und Wertholz			Mostobst und Wertholz			Wertholz		
Nettobarwert [CHF]		2'569'251.46	Nettobarwert [CHF]		-237'838.51	Nettobarwert [CHF]		433'238.76
Annuität [CHF]		65'548.62	Annuität [CHF]		-6'067.91	Annuität [CHF]		11'053.10
Gewinn ohne DZ [CHF]	Gewinn mit DZ [CHF]	Barwert [CHF]	Gewinn ohne DZ [CHF]	Gewinn mit DZ [CHF]	Barwert [CHF]	Gewinn ohne DZ [CHF]	Gewinn mit DZ [CHF]	Barwert [CHF]
-2'071.70	9'357.49	9'357.49	-2'071.70	9'357.49	9'357.49	-2'071.70	9'357.49	9'357.49
-298.20	11'130.99	11'020.78	-298.20	11'130.99	11'020.78	-298.20	11'130.99	11'020.78
-650.70	10'778.49	10'566.11	-650.70	10'778.49	10'566.11	-650.70	10'778.49	10'566.11
-298.20	11'130.99	10'803.63	-298.20	11'130.99	10'803.63	-298.20	11'130.99	10'803.63
-583.98	10'845.22	10'422.04	-583.98	10'845.22	10'422.04	-583.98	10'845.22	10'422.04
-1'003.20	10'425.99	9'919.97	-1'003.20	10'425.99	9'919.97	-1'003.20	10'425.99	9'919.97
-298.20	11'130.99	10'485.90	-298.20	11'130.99	10'485.90	-298.20	11'130.99	10'485.90
-1'355.70	10'073.49	9'395.73	-1'355.70	10'073.49	9'395.73	-1'355.70	10'073.49	9'395.73
-583.98	10'845.22	10'015.37	-583.98	10'845.22	10'015.37	-583.98	10'845.22	10'015.37
-1'355.70	10'073.49	9'210.59	-1'355.70	10'073.49	9'210.59	-1'355.70	10'073.49	9'210.59
-298.20	11'130.99	10'076.74	-298.20	11'130.99	10'076.74	-298.20	11'130.99	10'076.74
73'062.01	84'491.20	75'731.47	-23'345.99	-11'916.80	-10'681.31	-298.20	11'130.99	9'976.97
72'776.24	84'205.43	74'728.04	-23'631.76	-12'202.57	-10'829.16	-583.98	10'845.22	9'624.58
73'062.01	84'491.20	74'239.26	-23'345.99	-11'916.80	-10'470.85	-298.20	11'130.99	9'780.38
73'062.01	84'491.20	73'504.22	-23'345.99	-11'916.80	-10'367.17	-298.20	11'130.99	9'683.55
73'062.01	84'491.20	72'776.45	-23'345.99	-11'916.80	-10'264.53	-298.20	11'130.99	9'587.67
72'776.24	84'205.43	71'812.18	-23'631.76	-12'202.57	-10'406.61	-583.98	10'845.22	9'249.03
73'062.01	84'491.20	71'342.47	-23'345.99	-11'916.80	-10'062.28	-298.20	11'130.99	9'398.76
73'062.01	84'491.20	70'636.11	-23'345.99	-11'916.80	-9'962.65	-298.20	11'130.99	9'305.70
73'062.01	84'491.20	69'936.74	-23'345.99	-11'916.80	-9'864.01	-298.20	11'130.99	9'213.56
72'776.24	84'205.43	69'010.09	-23'631.76	-12'202.57	-10'000.55	-583.98	10'845.22	8'888.14
73'062.01	84'491.20	68'558.71	-23'345.99	-11'916.80	-9'669.65	-298.20	11'130.99	9'032.02
73'062.01	84'491.20	67'879.91	-23'345.99	-11'916.80	-9'573.91	-298.20	11'130.99	8'942.60
73'062.01	84'491.20	67'207.83	-23'345.99	-11'916.80	-9'479.12	-298.20	11'130.99	8'854.05
72'776.24	84'205.43	66'317.34	-23'631.76	-12'202.57	-9'610.33	-583.98	10'845.22	8'541.32
73'062.01	84'491.20	65'883.57	-23'345.99	-11'916.80	-9'292.34	-298.20	11'130.99	8'679.59
73'062.01	84'491.20	65'231.26	-23'345.99	-11'916.80	-9'200.34	-298.20	11'130.99	8'593.66
73'062.01	84'491.20	64'585.41	-23'345.99	-11'916.80	-9'109.25	-298.20	11'130.99	8'508.57
72'776.24	84'205.43	63'729.66	-23'631.76	-12'202.57	-9'235.34	-583.98	10'845.22	8'208.04
73'062.01	84'491.20	63'312.82	-23'345.99	-11'916.80	-8'929.76	-298.20	11'130.99	8'340.92
73'062.01	84'491.20	62'685.96	-23'345.99	-11'916.80	-8'841.35	-298.20	11'130.99	8'258.34
73'062.01	84'491.20	62'065.31	-23'345.99	-11'916.80	-8'753.81	-298.20	11'130.99	8'176.57
72'776.24	84'205.43	61'242.95	-23'631.76	-12'202.57	-8'874.98	-583.98	10'845.22	7'887.77
73'062.01	84'491.20	60'842.37	-23'345.99	-11'916.80	-8'581.32	-298.20	11'130.99	8'015.46
73'062.01	84'491.20	60'239.97	-23'345.99	-11'916.80	-8'496.36	-298.20	11'130.99	7'936.10
73'062.01	84'491.20	59'643.54	-23'345.99	-11'916.80	-8'412.24	-298.20	11'130.99	7'857.52
72'776.24	84'205.43	58'853.27	-23'631.76	-12'202.57	-8'528.68	-583.98	10'845.22	7'579.99
73'062.01	84'491.20	58'468.33	-23'345.99	-11'916.80	-8'246.48	-298.20	11'130.99	7'702.70
73'062.01	84'491.20	57'889.43	-23'345.99	-11'916.80	-8'164.83	-298.20	11'130.99	7'626.44
73'062.01	84'491.20	57'316.27	-23'345.99	-11'916.80	-8'084.00	-298.20	11'130.99	7'550.93
72'776.24	84'205.43	56'556.84	-23'631.76	-12'202.57	-8'195.90	-583.98	10'845.22	7'284.22
73'062.01	84'491.20	56'186.91	-23'345.99	-11'916.80	-7'924.71	-298.20	11'130.99	7'402.14
73'062.01	84'491.20	55'630.61	-23'345.99	-11'916.80	-7'846.25	-298.20	11'130.99	7'328.85
73'062.01	84'491.20	55'079.81	-23'345.99	-11'916.80	-7'768.56	-298.20	11'130.99	7'256.29
72'776.24	84'205.43	54'350.01	-23'631.76	-12'202.57	-7'876.10	-583.98	10'845.22	6'999.99
73'062.01	84'491.20	53'994.52	-23'345.99	-11'916.80	-7'615.49	-298.20	11'130.99	7'113.31
73'062.01	84'491.20	53'459.92	-23'345.99	-11'916.80	-7'540.09	-298.20	11'130.99	7'042.89
73'062.01	84'491.20	52'930.61	-23'345.99	-11'916.80	-7'465.43	-298.20	11'130.99	6'973.15
72'776.24	84'205.43	52'229.29	-23'631.76	-12'202.57	-7'568.77	-583.98	10'845.22	6'726.86
73'062.01	84'491.20	51'887.67	-23'345.99	-11'916.80	-7'318.34	-298.20	11'130.99	6'835.75
115'490.66	126'919.85	77'172.20	19'082.66	30'511.85	18'552.39	42'130.45	53'559.64	32'566.34

Tabelle 22 - Annuität von Zitronenmelisse

				Zitronenmelisse		
				Nettoarwert [CHF]	178'687.60	
				Annuität [CHF]	4'558.81	
Zitronenmelisse				Gewinn ohne DZ [CHF]	Gewinn mit DZ [CHF]	Barwert [CHF]
Arbeitskosten [CHF]	Material [CHF]	Ertrag [CHF]	Bemerkung			
15.00	26.46		Aussaat	-41.46	158.54	158.54
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'594.06
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'548.57
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	4'463.30
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'458.95
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'414.80
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	4'332.03
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'327.81
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'284.96
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	4'204.63
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'200.53
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'158.94
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	4'080.97
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'076.99
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	4'036.63
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'960.95
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'957.09
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'917.91
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'844.46
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'840.71
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'802.69
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'731.39
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'727.76
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'690.85
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'621.65
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'618.13
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'582.30
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'515.14
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'511.72
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'476.95
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'411.76
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'408.44
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'374.69
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'311.42
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'308.20
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'275.44
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'214.03
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'210.90
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'179.11
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'119.51
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'116.47
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'085.61
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	3'027.76
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	3'024.82
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	2'994.87
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	2'938.72
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	2'935.86
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	2'906.79
615.00	26.46	5'040.00	Aussaat und Ernte	4'398.54	4'598.54	2'852.29
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	2'849.51
600.00		5'040.00	Ernte	4'440.00	4'640.00	2'821.30

Tabelle 23 - Annuität von Aronia

Aronia				Aronia		
				Nettobarwert [CHF]	505'322.90	
				Annuität [CHF]	12'892.17	
Aronia						
Arbeitskosten [CHF]	Material [CHF]	Ertrag [CHF]	Bemerkung	Gewinn ohne DZ [CHF]	Gewinn mit DZ [CHF]	Barwert [CHF]
594.00	3'420.00		Pflanzung	-4'014.00	-3'814.00	-3'814.00
				0.00	200.00	198.02
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	13'582.98
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	13'448.50
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	13'315.34
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	13'183.51
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	13'052.98
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'923.74
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'795.78
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'669.09
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'543.66
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'419.46
1'638.00	3'420.00	14'700.00	Pflanzung und Ernte	9'642.00	9'842.00	8'734.28
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'174.75
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	12'054.21
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'934.86
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'816.69
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'699.69
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'583.86
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'469.16
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'355.61
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'243.18
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'131.86
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	11'021.64
1'638.00	3'420.00	14'700.00	Pflanzung und Ernte	9'642.00	9'842.00	7'751.23
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'804.47
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'697.50
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'591.58
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'486.71
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'382.88
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'280.08
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'178.30
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	10'077.53
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'977.75
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'878.96
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'781.15
1'638.00	3'420.00	14'700.00	Pflanzung und Ernte	9'642.00	9'842.00	6'878.82
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'588.42
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'493.49
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'399.49
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'306.43
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'214.28
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'123.05
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	9'032.73
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	8'943.29
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	8'854.74
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	8'767.07
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	8'680.27
1'638.00	3'420.00	14'700.00	Pflanzung und Ernte	9'642.00	9'842.00	6'104.60
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	8'509.24
1'044.00		14'700.00	Ernte	13'656.00	13'856.00	8'424.99

Tabelle 24 - Annuität von Rhabarber

Rhabarber				Rhabarber	
Arbeitskosten [CHF]	Material [CHF]	Ertrag [CHF]	Bemerkung	Gewinn ohne DZ [CHF]	Barwert [CHF]
					Nettobarwert [CHF] 74'170.19
					Annuität [CHF] 1'892.28
600.00	2'600.00		Pflanzung	-3'200.00	-3'200.00
				0.00	0.00
				0.00	0.00
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'504.51
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'479.71
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'455.16
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'430.85
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-577.91
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'382.96
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'359.36
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'336.00
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'312.87
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'289.97
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'267.30
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-539.03
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'222.63
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'200.62
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'178.83
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'157.26
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'135.90
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'114.75
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-502.76
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'073.08
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'052.56
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'032.24
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	2'012.11
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'992.19
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'972.47
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-468.94
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'933.60
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'914.46
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'895.50
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'876.74
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'858.15
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'839.76
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-437.38
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'803.51
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'785.65
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'767.97
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'750.47
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'733.13
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'715.97
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-407.96
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'682.16
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'665.51
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'649.02
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'632.69
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'616.53
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'600.52
819.60	2'600.00	2'800.00	Pflanzung und Ernte	-619.60	-380.51
219.60		2'800.00	Ernte	2'580.40	1'568.98

## Anhang K Bäume Auswahl

Tabelle 25 zeigt Bäume, welche für Agroforstsysteme verwendet werden können.

Tabelle 25 - Bäume für Agroforstsysteme

### **Ahorn, *Acer***

Familie Sapindaceae

- Flach bis mässig tief wurzelnd
- Dichte Krone
- Bienenweide
- Mittel bis schnell wachsend (Jäger, 2016, S. 36)
- Nachbarn Beispiele: Walnuss, Hybridnuss, Elsbeere, Vogelkirsche, Vogelbeere (Jäger, 2016)
- Umtriebszeit für Wertholz 50 - 70 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 161)

### **Apfel, *Malus domestica***

Familie Rosaceae

- Mittlerer bis später Blattaustrieb
- Meist Flachwurzler
- Mindeststammlänge für Holznutzung drei bis vier Meter
- Äusserst hartes, farblich lebendiges Holz (Jäger, 2016, S. 31)
- Baumabstand von mind. 10 m in der Reihe (Jäger, 2016, S. 10)
- Ertragswerterwartung etwa 220 kg Äpfel pro Baum (Häseli, et al., 2016)

### **Birne, *Pyrus***

Familie Rosaceae

- Mittlerer bis später Blattaustrieb
- Baumabstand von mind. 10 m in der Reihe
- Passende Unterkulturen: Getreide, Körnerleguminosen, Hackfrüchte, Ölsaaten, Kunstwiese, Spezialkulturen (Jäger, 2016, S. 10)
- Ertragswerterwartung etwa 250 kg Birnen pro Baum (Häseli, et al., 2016)

### **Edelkastanie, Esskastanie, Marroni, *Castanea sativa***

Familie Fagaceae

- Langsames Wachstum
- 25 - 35 m hoch
- Bis 800 m. ü. M.
- Bienenweide, seltene Insekten auf alten Bäumen
- Langlebigkeit (bis 1'500 Jahre) (FiBL, 2015)
- Breitkroniger Baum von 25 bis 30 m Höhe
- Erträgt relativ tiefe Wintertemperaturen, sofern diese nicht über längere Zeit -15 bis -17 °C unterschreiten
- Pflanzabstand mindestens 10 x 10 m (Rustenholz & Husistein, 1999)

**Eiche, *Quercus***

Familie Fagaceae

- Tiefwurzelnd
- Lichtdurchlässig bis eher dicht
- Hohe Biodiversität
- Wegen ausladender Krone sind am ehesten Stieleichen geeignet für Agroforstsysteme (Jäger, 2016, S. 29)
- Nachbarn Beispiele: Nussbäume, Zwetschgen, Vogelbeeren (Jäger, 2016, S. 11)

**Elsbeere, *Sorbus torminalis***

Familie Rosaceae

- Hochwertiges Holz mit hohem Holzwert
- Langsames Wachstum
- Lichtdurchlässig
- Flach bis mässig tief wurzelnd (Jäger, 2016, S. 29)
- Direktzahlungsberechtigt (Jäger, 2016, S. 28)
- Bis 20 m hoch (Benz, et al., 2015)

**Erle, *Alnus***

Familie Betulaceae

- Stickstoffsammler ( $60-360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) (Crawford, 1995)
- Schwarzerlen eignen sich grundsätzlich gut für Agroforstsysteme, besonders auf nassen oder staunassen Standorten (Jäger, 2016, S. 35)
- Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) wird als Wertholz genutzt (Grosser, 1991)
- Umtriebszeit für Energieholz 5 - 10 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 160)

**Esche, *Fraxinus excelsior***

Familie Oleaceae

- Wertholz (Ruhm, et al., 2016, S. 19)
- Essbare Teile
- Schnellwachsend

**Kaki, *Diospyros kaki***

Familie Ebenaceae

- Wachsen in Nuglar
- Haben nicht gerne Kältesee
- Baum winterhart bis ca.  $-15 \text{ °C}$  (*Diospyros kaki* 'Vaniglia' / Vanille-Kaki, ohne Datum)
- Pflanzabstand 4 m (Winterharte Kaki, ohne Datum)
- 6 bis 8 Meter hoch (Winterharte Kaki, ohne Datum)

**Kirsche, *Prunus avium***

Familie Rosaceae

- Früher Blattaustrieb
- Passt gut zu Unterkultur Gemüse
- Kirschen sind reif, wenn Getreide noch steht und eignen sich deshalb nicht in Baumstreifen neben Getreide (Jäger, 2016)
- Ertragswerterwartung etwa 60 kg Kirschen pro Baum (Häseli, et al., 2016)

**Linde, *Tilia***

Familie Malvaceae

- Pfahlwurzel und im Alter Herzwurzelsystem
- Sehr dichte Krone (Jäger, 2016)

**Mandel, *Prunus dulcis***

Familie Rosaceae

- Spätfrost ist kritisch während der Blüte (Agroscope, 2016)
- Blüten sind eine Attraktion (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019)

**Maulbeere, *Morus***

Familie Moraceae

- Rasches Wachstum
- Flach bis mässig tief wurzelnd (Jäger, 2016, S. 29)
- Liefert süsse Früchte von Juli bis September die nur kurze Zeit haltbar sind und deshalb rasch verarbeitet werden müssen
- Früchte schmecken getrocknet ähnlich wie Rosinen und erfreuen sich steigender Beliebtheit
- Blätter und Zweige enthalten wertvolle Inhaltsstoffe und werden in der Volksheilkunde eingesetzt
- Hochwertiges, hartes, elastisches und wertvolles Holz, das u. a. im Instrumentenbau genutzt wird (Jäger, 2016, S. 1)
- Direktzahlungsberechtigt

**Mispel, *Mespilus germanica***

Familie Rosaceae

- Dient als Bienenweide
- Brutgehölz für Vögel
- Die Früchte sind essbar
- Bis 6 m hoch (Benz, et al., 2015)

**Papau, Pawpaw, Indianerbanane, *Asimina triloba***

Familie Annonaceae

- Kann zwei bis zehn Meter hoch werden
- Frosthärte bis zu -30 °C
- Wächst mit rund 20 bis 30 Zentimeter pro Jahr relativ langsam
- Reife Früchte können bei 5 °C ein paar Tage lang gelagert werden
- Pawpaw-Sorbet gehört wohl zu den exotischsten Sorbets überhaupt
- Smoothie mit Indianerbananen sind sehr köstlich und bekömmlich
- Kann bei den Inhaltsstoffen mit der Banane verglichen werden (Pawpaw (Indianerbanane), ohne Datum)

**Speierling, *Sorbus aucuparia***

Familie Rosaceae

- Diverse Produkte
- Hochwertiges Holz mit hohem Holzwert
- Kommt als Bitterstoff in Most
- Tiefwurzelnd (Jäger, 2016, S. 29)
- Lichtdurchlässig (Jäger, 2016, S. 29)
- Direktzahlungsberechtigt (Jäger, 2016, S. 28)
- Bis 20 m hoch (Benz, et al., 2015)
- Vollertrag 15 Jahre nach der Pflanzung
- Umtriebszeit für Wertholz ca. 40 Jahre (Krummenacher, et al., 2008, S. 134)
- Starkes Wachstum
- Platzbedarf 12 x 12 m
- Bis 700 m. ü. M.
- Sehr selten
- Hohe ökologische Bedeutung
- Früchte für Vögel und kleine Säugetiere (FiBL, 2015)

**Vogelbeere, Eberesche, *Sorbus aucuparia***

Familie Rosaceae

- Aronia lässt sich auf Vogelbeere veredeln
- Wichtig für etwa 63 heimische Vogelarten (Schaub, 2017)
- Nachbarn Beispiele: Walnuss, Hybridnuss, Elsbeere, Vogelkirsche, Ahorn (Jäger, 2016)
- Bis 15 m hoch (Benz, et al., 2015)
- Schnelles Wachstum
- Platzbedarf 7 x 7 m
- Bis 2'400 m. ü. M.
- Bienenweide (FiBL, 2015)



**Vogelkirsche, *Prunus avium***

Familie Rosaceae

- Wertholz (Ruhm, et al., 2016, S. 19)
- Direktzahlungsberechtigt
- Das Holz erzielt hohe Preise
- Kurze Umtriebszeit (Jäger, 2016, S. 29)
- Flachwurzeln (Jäger, 2016, S. 29)
- Nachbarn Beispiele: Walnuss, Hybridnuss, Vogelbeere, Elsbeere, Ahorn (Jäger, 2016)
- Umtriebszeit für Wertholz 50 - 70 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 161)

**Walnuss, Baumnuss, *Juglans regia***

Familie Juglandaceae

- Später Blattaustrieb
- Tiefwurzler (Jäger, 2016, S. 29)
- Sehr gesuchtes Holz
- Passende Unterkultur Getreide, Körnerleguminosen, Hackfrüchte, Ölsaaten, Kunstwiese, Spezialkulturen (Jäger, 2016, S. 10)
- Umtriebszeit für Wertholz 50 - 70 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 161)
- Walnussbäume kommen nach 9 bis 12 Jahren in Ertrag und mit etwa 15 Jahren in Vollertrag (Rusterholz & Zbinden, 1992, S. 3)
- Nach 8 bis 10 Jahren trägt ein Baum 15 bis 30 kg Nüsse pro Jahr (Trockengewicht)
- Im Vollertrag trägt ein Baum bis zu 40 kg Nüsse pro Jahr (Trockengewicht) (Körber, S. 17)

**Wildapfel, *Malus sylvestris***

Familie Rosaceae

- Nicht gut zum Essen, aber hilft scheinbar gegen Krebs und lässt sich deshalb gut verkaufen (gemäss Aussage von S. Kay, Agroscope Bereich Agrarlandschaft und Biodiversität am 10.05.2019)
- Hartes und sehr dichtes Holz
- Flachwurzeln
- Langsam wachsend
- Direktzahlungsberechtigt (Jäger, 2016, S. 31)
- Baumabstand von mind. 10 m in der Reihe (Jäger, 2016, S. 10)
- Umtriebszeit für Wertholz 50 - 70 Jahre (Scheub & Schwarzer, 2017, S. 161)

**Wildbirne, *Pyrus pyraeaster***

Familie Rosaceae

- Tiefwurzelnd (Jäger, 2016, S. 29)
- Direktzahlungsberechtigt
- Sehr gesuchtes, hartes Holz von hohem Wert (Jäger, 2016, S. 29)
- Geringe Höhe

**Zitterpappel, Espe, *Populus tremula***

Familie Salicaceae

- Für Energieholzproduktion oder Kopfbaumwirtschaft interessant (Jäger, 2016, S. 36)

**Zwetschge, *Prunus domestica* subsp. *domestica***

Familie Rosaceae

- Mittlerer bis später Blattaustrieb
- Baumabstand von 8m in der Reihe
- Nachbarn Beispiele: Nussbäume, Eichen, Vogelbeeren (Jäger, 2016)
- Ertragswerterwartung etwa 60 kg Zwetschgen pro Baum (Häseli, et al., 2016)

## Anhang L Sträucher Auswahl

Vorschläge für eine Strauchschicht in den Baumstreifen sind in Tabelle 26 aufgeführt.

Tabelle 26 - Sträucher für Agroforstsystem

### **Apfelbeeren, *Aronia***

Strauch, Familie Rosaceae

- Lässt sich auf Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) veredeln
- Anspruchslos an Boden und Klima
- Wertvolles Insekten- und Vogelnahgehölz Invalid source specified.
- Wird ca. 2.5 m hoch
- Trägt bis 10 kg Früchte pro Strauch (Frick, 2011)
- Blüht im Mai und kann August, September geerntet werden
- Pro ha werden 1'800 bis 3'000 Pflanzen gepflanzt (Frick, 2011) (Sandrini, Innovationsträgerin in der Schweizer Landwirtschaft - Aronia, 2016)
- Niederschlagsmengen sollten mindestens 700 bis 800 mm betragen
- Der optimale Boden-pH liegt zwischen 5.8 bis 6.5 (Sandrini, Innovationsträgerin in der Schweizer Landwirtschaft - Aronia, 2016)
- Aronia Pflanzen müssen nicht aufgebunden oder durch Hagelnetz geschützt werden
- Sie sind frühreif und liefern nach 2 Jahren 3 t Früchte pro ha
- Nach 6 Jahren kann mit einem Vollertrag von 6 t pro ha gerechnet werden (Frick, 2011)

### **Gojibeere, Gemeiner Bocksdorn, *Lycium barbarum***

Strauch, Familie Solanaceae

- 2 bis 4 Metern höhe
- Reihenabstand 2.5 bis 3 Meter
- Pflanzenabstand 0.8 bis 1 Meter
- Ernte der Beeren je nach Sorte von August bis November
- Ertrag ab dem 3. Jahr 4 bis 5 Tonnen pro Hektare
- Lesegeschwindigkeit 3 bis 4 Kilogramm pro Stunde (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.28.3)

### **Haselnuss, *Corylus avellana***

Strauch, Familie Betulaceae

- Rascher Wuchs
- 2 - 5 m hoch
- Platzbedarf 7 x 7 m
- Bis 1'700 m. ü. M.
- Bienenweide, Nüsse für Vögel und kleine Säugetiere (FiBL, 2015)

**Holunder, *Sambucus***

Strauch, Familie Adoxaceae

- Holunder ist für 62 heimische Vogelarten wichtig (Schaub, 2017)
- Rascher Wuchs
- 1 - 4 m hoch
- Platzbedarf 5 x 5 m
- Bis 1'600 m. ü. M.
- Hohe ökologische Bedeutung (FiBL, 2015)
- Angaben zum schwarzen Holunder, *Sambucus nigra* L. «Haschberg» (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.77.1):
  - Strauch oder Laubbaum, kann 6 bis 7 m Höhe erreichen.
  - Bei Kulturen Erntebeginn nach drei Jahren.
  - Abstände 3 x 3 m (1'100 Pflanzen ha<sup>-1</sup>).
  - Ertrag pro Hektare ab dem 3. oder 4. Jahr 1 kg getrocknete Blüten pro Baum, somit 1'100 kg
  - Handarbeit ca. 600 bis 650 h ha<sup>-1</sup>
  - Endkundenpreis Pflanze in Bioqualität CHF 28.- (Holunder 'Haschberg', ohne Datum)
- Holunder sollte laut Benz et al. (Benz R., et al., 2015) mit Erdballen gepflanzt werden, da er nacktwurzlig sehr schlecht anwächst (Ausfall bis zu 100%).

**Ölweiden, *Elaeagnus sp.***

Strauch, Familie Elaeagnaceae

- Ertrag 240 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Crawford, 1995)
- Stickstoffsammler (Crawford, 1995)
- Essbare Früchte, z. B. *Elaeagnus multiflora*, *Elaeagnus angustifolia*
- Fruchtgeschmack ähnlich rote Johannisbeere (Eppel-Hotz, 2011)

**Kiwi, *Actinidia***

Verholzende Schlingpflanze, Familie Actinidiaceae

- Benötigt Rankgerüst

**Sanddorn, *Hippophae rhamnoides***

Strauch, Familie Elaeagnaceae

- Stickstoffsammler (Crawford, 1995)
- Ca. 1'500 - 2'000 Pflanzen ha<sup>-1</sup>
- Durchschnittlich Ertrag ca. 5 - 10 t ha<sup>-1</sup>
- Ernte ab 3. Standjahr
- Beerntung im zweijährigen Rhythmus
- Verhältnis männliche zu weibliche Pflanzen 1:8
- Abstand in der Reihe: 1 - 1.5 m (Anbau von Sanddorn - Eine Kurzinformation, ohne Datum)

- Nachbarn Beispiele: Obstbäume, Kulturholunder (Jäger, 2016, S. 16)

### **Schwarzdorn, *Prunus spinosa***

Strauch, Familie Rosaceae

- Dient als Raupennahrung
- Hat nektarreiche Blüten
- Beliebtes Brutgehölz für Vögel
- Blüht vor Blattaustrieb
- Die Beeren sind essbar
- Bis 3 m hoch
- Starke Wurzelbrut (Wurzelschosse) (Benz, et al., 2015)
- Langsames Wachstum
- Platzbedarf 7 x 7 m
- Bis 1'600 m. ü. M.
- Hohe ökologische Bedeutung (FiBL, 2015)
- Als frühblühende Heckenpflanzen kann durch sie Schweb- und Florfliegen, wichtige Feinde der Blattläuse und Spinnmilben, schon früh im Jahr bedeutende Populationen aufbauen. Diese tragen so dazu bei, die Obst-Schädlinge in Schach zu halten (Häseli, et al., 2016).

### **Wacholder, *Juniperus***

Strauch, Familie Cupressaceae

- Wird für Gin verwendet

### **Weissdorn, *Crateagus Sp.***

Strauch, Familie Rosaceae

- Dient als Brutgehölz, Insekten- und Vogelnahrung
- Die Beeren sind essbar
- Achtung Feuerbrand!
- Bis 4 m hoch (Benz, et al., 2015, S. 3)

### **Wildrose, Hagenbutte, *Rosa sp.***

Strauch, Familie Rosaceae

- Spätblüher und sichert so mit dem Pollenangebot die Spätsommer- und Winterentwicklung der Bienenvölker (LfL, 2017)
- Dient als Bienenweide
- Die Früchte sind essbar (Benz, et al., 2015)
- Nahrung für Vögel über den Winter bis in den Frühling
- Bis ca. 1.5 m hoch (Lauber, Wagner, & Gyax, 2012)
- Einheimische Rosen mit viel Hagebutten Ertrag (Robuste Schönheiten - Heimische Wildrosen für den Naturgarten, ohne Datum)
  - Apfelrose (*Rosa villosa*), hohe Schattenverträglichkeit

- Essigrose (*Rosa gallica*), hohe Schattenverträglichkeit
- Filzrose (*Rosa tomentosa*), geringe Schattenverträglichkeit
- Kriechrose / Ackerrose (*Rosa arvensis*), hohe Schattenverträglichkeit
- Rotblättrige Rose (*Rosa glauca*), geringe Schattenverträglichkeit
- Weinrose (*Rosa rubiginosa*), geringe Schattenverträglichkeit
- Einheimische Rosen mit mittlerem Hagenbutten Ertrag (Robuste Schönheiten - Heimische Wildrosen für den Naturgarten, ohne Datum)
  - Bibernellrose (*Rosa spinosissima*), mittlere Schattenverträglichkeit
  - Zimtrose (*Rosa majalis*), hohe Schattenverträglichkeit
- Nutzungszyklus mindestens 15 Jahre
- Vollertrag ca. fünf Jahre nach der Pflanzung (Krummenacher, et al., 2008, S. 134)

## Anhang M Gemüse Auswahl

Mehrjährige Gemüse als Unterpflanzungen im Baumstreifen sind in Tabelle 27 dargestellt. Wurzelgemüse werden hier nicht beachtet, da deren Ernte aufwendiger ist und der Boden dabei aufgebrochen wird.

Tabelle 27 - Mehrjährige Gemüse

### **Acker-Lauch, *Allium ampeloprasum var. porrum***

Familie Alliaceae

- Blattgemüse
- 2 cm dick
- 90 cm hoch
- Kann das 6-fache der ursprünglichen Breite erreichen
- Blatt ernten mehrfach mögliche zwischen September und Mai
- Je mehr schneiden desto mehr kann man ernten
- Setzen im September
- Standort volle Sonne, um Pilzbefall vorzubeugen (Collignon & Bureau, 2018, S. 26)

### **Berg-Lauch, *Allium lusitanicum***

Familie Alliaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter ganzes Jahr möglich
- Blüht nicht und macht keine Samen
- Seine Wurzel ist sehr produktiv
- Pflanzen ganzjährig
- Standort volle Sonne, um Pilzbefall vorzubeugen (Collignon & Bureau, 2018, S. 30)

### **Berg-Sauerampfer, *Rumex arifolius***

Familie Polygonaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter ganzes Jahr hindurch
- Als Spinat zubereiten
- Setzen im Herbst oder Frühling mit 30 cm Abstand
- Standort Sonnig oder Halbschatten (Collignon & Bureau, 2018, S. 32)

### **Elefanten-Knoblauch, Riesenknoblauch, *Allium ampeloprasum var. ampeloprasum***

Familie Alliaceae

- Ernte Blätter März bis Juni
- Stecken Ende Februar im Abstand von 30 cm
- Unempfindlich gegen Miniermotten (Collignon & Bureau, 2018, S. 58)

**Englischer Spinat, *Rumex patens***

Familie Polygonaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter März bis Herbst
- Heilpflanze für Leber, Magen und Gefässsystem
- Setzen im Winter mit 50 cm Abstand
- Aussähen im April
- Standort Sonnig oder Halbschatten (Collignon & Bureau, 2018, S. 34)

**Etagenzwiebel, ägyptische Zwiebel, *Allium cepa* var. *viviparum***

Familie Alliaceae

- Blattgemüse
- Ernte Luftzwiebeln Juli bis August
- Ernte Stängel als eine Art Frühlingszwiebel im September und Oktober
- Neben Lavendel pflanzen, um Zwiebelfliege fernzuhalten
- Setzen im Frühling
- Standort volle Sonne, um Pilzbefall vorzubeugen (Collignon & Bureau, 2018, S. 28)

**Gewöhnlicher Beinwell, *Symphytum officinale***

Familie Boraginaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter März bis Oktober
- Produziert vier bis fünf kg Blattmasse pro Pflanze in einer Saison (Hills, 2003)
- Wertvoller Dünger als Jauche mit 2.9 % N, 2.94 % P, 3.9 % K, 1.6 % S (Govere, Madziwa, & Mahlatini, 2011, S. 199) und ein C / N-Verhältnis von 9.8:1 (Hills, 2003)
- Ernte der Wurzel für Neupflanzung November bis März
- Essbare Blüten
- Pflanzen Herbst bis Frühling
- Standort Halbschatten (Collignon & Bureau, 2018, S. 36)

**Guter Heinrich, Wilder Mehlspinat, *Chenopodium bonus-henricus***

Familie Chenopodiaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter März bis Oktober für Salat oder Spinat
- Als Rabatte geeignet
- Setzen April bis Mai
- Liebt fette Böden
- Standort Halbschatten oder Sonne (Collignon & Bureau, 2018, S. 38)



**Knotenblütiger Sellerie, *Helosciadium nodiflorum*, *Apium nodiflorum***

Familie Apiaceae

- Mehrjähriger Stangensellerie

**Mertensie, Blauglöckchen, *Mertensia maritima***

Familie Boraginaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter und Blüten April bis September als Salat
- Essbare Blüten
- Standort halbschattig (Collignon & Bureau, 2018, S. 42)

**Rhabarber, *Rheum rhabarbarum***

Familie Polygonaceae

- Bietet einen Ertrag früh im Jahr
- Produzieren gute und hochwertige Erträge für mindestens vier Jahre (Westaway & Smith, 2017)
- Platzbedarf pro Pflanze etwa 1 m<sup>2</sup> (LWG Gartenakademie, 2013)
- Ernteleistung von 60 kg h<sup>-1</sup>
- Standardarbeitszeit im Ertragsstadium 732 Akh ha<sup>-1</sup> (Handler & Blumauer, 2006, S. 45)

**Schlangen-Knoblauch, Rockenbolle, *Allium sativum* var. *ophioscorodon***

Familie Alliaceae

- Ernte Brutzwiebeln im Sommer
- Geschmack süsser als normaler Knoblauch
- Setzen im Frühling im Abstand von 30 cm
- Standort sonnig
- Lockere Böden (Collignon & Bureau, 2018, S. 84)

**Stauden-Kohl, Strauch-Kohl, *Brassica oleracea* var. *ramosa***

Familie Brassicaceae

- Blattgemüse
- Ernte Blätter und Wurzeltriebe März bis Oktober
- Verwendung der Blätter in Suppe und Wurzeltriebe wie Spargel
- Setzen im Frühling oder September
- Standort sonnig (Collignon & Bureau, 2018, S. 50)

## Anhang N Diverse Pflanzen Auswahl

Diverse mögliche Pflanzen für eine Unterpflanzung in den Baumreihen sind in Tabelle 28 aufgelistet.

Tabelle 28 - Diverse Pflanzen für in Baumreihe

### **Ananas-Salbei, *Salvia elegans*, *Salvia rutilans***

Halbstrauch, Familie Lamiaceae

- Ernte Blätter März bis Oktober
- Ernte Blüten August bis Frost
- Setzen ab April
- Standort sonnig auf durchlässigen Böden (Collignon & Bureau, 2018, S. 112)

### **Bärlauch, *Allium ursinum***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Alliaceae

- Ernte Blätter und Blüten im Frühling
- Setzen im Frühling im Abstand von 30 cm
- Standort schattig oder Halbschatten (Collignon & Bureau, 2018, S. 114)

### **Echter Sellerie, Schnitt-Sellerie, *Apium graveolens***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Apiaceae

- Ernte Blätter März bis Oktober oder Stängel
- Schützt Kohl, Lauch und Zwiebeln vor Schädlingen
- Bis 60cm hoch
- Früher schrieb man dem Sellerie Potenz steigernde Eigenschaften zu
- Setzen im Herbst im Abstand von 80 cm
- Standort sonnig
- Sät sich von selbst aus (Collignon & Bureau, 2018, S. 120)

### **Currystrauch, Currykraut, *Helichrysum italicum***

Halbstrauch, Familie Asteraceae

- Ernte Blätter ganzes Jahr oder Blüten
- Wuchsform wie dichte Kugel
- Setzen im Frühling
- Standort warm und sonnig (Collignon & Bureau, 2018, S. 116)

### **Erdbeeren, *Fragaria***

Mehrjährige krautige Pflanze, Familie Rosaceae

- Nachbarn Beispiele: Apfelbäume, Nussbäume (Jäger, 2016, S. 11,16)
- Wald-Erdbeere, *Fragaria vesca*:
  - Ernte Juni bis zum Frost
  - Gute Bodendecker

- Setzen im Frühling im Abstand von 25 cm
- Standort sonnig oder Halbschatten (Collignon & Bureau, 2018, S. 104)
- Weisse Ananas-Erdbeere, *Fragaria x ananassa*:
  - Ernte Anfang Juni bis Ende Juli
  - Setzen ab August
  - Standort sonnig (Collignon & Bureau, 2018, S. 106)

**Estragon, *Artemisia dracunculus***

Mehrfährige krautige Pflanze, Familie Asteraceae

- Ernte März bis September
- Setzen ab Herbst
- Standort Sonne oder Halbschatten
- Wurzel wächst schnell (Collignon & Bureau, 2018, S. 118)

**Goldmelisse, Monarde, Bergamotte, *Monarda didyma***

Staude, Familie Lamiaceae

- 30 - 100 cm hoch
- In Reihen von 70 x 30 cm (4.8 Pflanzen m<sup>-2</sup>)
- Ertrag Blüten rund 500 bis 700 kg ha<sup>-1</sup> Trockensubstanz
- Ertrag oberirdische Teile rund 3'000 bis 4'000 kg ha<sup>-1</sup> Trockensubstanz
- Ernte Handarbeit 1'500 bis 3'000 h ha<sup>-1</sup> (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.46.3)

**Kleiner Wiesenknopf, Pimpernelle, *Sanguisorba minor***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Rosaceae

- Ernte Blätter ganzjährig
- Nektarreicht und zieht damit nützliche Insekten an
- Kann als Beet Einfassung genutzt werden
- Setzen im Herbst
- Standort Halbschatten oder sonnig (Collignon & Bureau, 2018, S. 124)

**Liebstockel, Maggikraut, *Levisticum officinale***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Apiaceae

- Ernte Blätter Ende Februar bis Herbst
- Setzen von Herbst bis Frühling im Abstand von 80 cm
- Standort sonnig
- Bis 1 m hoch (Collignon & Bureau, 2018, S. 126)

**Orangenminze, *Mentha x piperita var. citrata***

Staude, Familie Lamiaceae

- Sterile Staude
- 50 bis 60 cm Höhe

- Pflanzenabstand: 70 x 30 cm (4.8 Pflanzen m<sup>-2</sup>)
- Ertrag trockenes Kraut pro Hektare:
  - 1. Jahr 2'500 bis 3'000 kg
  - 2. und 3. Jahr 5'000 bis 6'000 kg
- Ernte Handarbeit ca. 2'000 bis 3'000 h ha<sup>-1</sup> (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.40.3)

**Mitsuba, japanische Petersilie, *Cryptotaenia japonica***

Mehrjährige krautige Pflanze, Familie Apiaceae

- Ernte Blätter April bis Oktober
- Setzen im Frühling
- Standort halbschattig (Collignon & Bureau, 2018, S. 128)

**Ringelblume, *Calendula officinalis***

Einjährige krautige Pflanze, Familie Asteraceae

- Versamt sich von selbst
- Blütezeit Juni bis September
- Ertrag pro Hektare 1000 bis 2000 kg getrocknete Blütenköpfe
- Ernte Handarbeit ca. 1500 bis 2000 h ha<sup>-1</sup> (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.73.3)

**Salbei, *Salvia officinalis***

Halbstrauch, Familie Lamiaceae

- Mehrjähriger, 30 bis 50 cm hoher Halbstrauch
- Unten holzig, oben krautig
- Ertrag pro Hektare:
  - In erstem Jahr 1'500 bis 3'000 kg trockene Kräuter
  - Ab dem zweiten Jahr 3'500 bis 5'000 kg trockene Kräuter
- Ernte Handarbeit ca. 2'000 h ha<sup>-1</sup> (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.71.3)

**Schnitt-Knoblauch, Knolau, *Allium tuberosum***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Alliaceae

- Ernte Blätter, Stängel und Blüten ganzjährig
- Bis zu 60 cm hoch
- Geschmack wie Knoblauch aber feiner
- Setzen im Herbst oder aussähen im Frühling im Abstand von 15 cm
- Standort sonnig (Collignon & Bureau, 2018, S. 132)

**Studentenblume, *Tagetes***

Meist einjährige krautige Pflanze, Familie Asteraceae

- 10 bis 80 cm hoch
- Sorten mit besonders aromatischen Blüten (Kerschbaumer, ohne Datum):
  - *Tagetes tenuifolia*, Aroma erinnert an reife Zitrusfrüchte

- *Tagetes lucida*, schmeckt würzig nach Anis
- *Tagetes minuta*, angenehmes Anisaroma
- *tagetes filifolia*, Süswurzelaroma, trägt kleine weisse Blüten

### **Süssdolge, *Myrrhis odorata***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Apiaceae

- Ernte Blätter März bis September
- Starkes Anisaroma
- Setzen im Frühling oder aussähen im Herbst
- Standort Halbschatten oder Schatten
- 60 bis 200 cm hoch
- Fühlt sich neben Walderdbeere besonders wohl
- Verträgt kein Umpflanzen (Collignon & Bureau, 2018, S. 134)

### **Thymian, *Thymus vulgaris***

Halbstrauch, Familie Lamiaceae

- 20 bis 30 cm hoch
- Pflanzabstand 70 cm x 25 cm (5.7 Pflanzen m<sup>-2</sup>)
- Ertrag trockene Kräuter pro Hektare:
  - 1. Jahr 2'000 bis 3'000 kg
  - 2. Jahr 4'000 bis 5'000 kg
- Ernte Handarbeit ca. 2'500 h ha<sup>-1</sup> (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.81.3)

### **Wilde Bergamotte, Wilde Indianernessel, *Monarda fistulosa***

Staude, Familie Lamiaceae

- Angaben für *Monarda fistulosa* var. *menthaefolia* (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.47.3):
  - 30 bis 100 cm Höhe
  - 30 x 70 cm (4.7 Pflanzen m<sup>-2</sup>)
  - Ertrag pro Hektare:
    - Im ersten Jahr 2'000 kg Trockengut
    - Ab dem zweiten Jahr 4'000 kg Trockengut
  - Ernte Handarbeit ca. 1'200 bis 2'000 h ha<sup>-1</sup>

### **Wilde Rauke, Senfrauke, Rucola, *Diplotaxis tenuifolia***

Ausdauernde krautige Pflanze, Familie Brassicaceae

- Ernte Blätter oder Blüten von März bis Oktober
- Sät sich gut selbst aus
- Reich an Vitamin C, B9, K und Kalzium
- Setzen im Frühling
- Standort sonnig

- Häufig schneiden, um mehr zarte Blätter zu haben (Collignon & Bureau, 2018, S. 138)

**Ysop, *Salvia officinalis***

Halbstrauch, Familie Lamiaceae

- Angaben für *Hyssopus officinalis* L. ssp. *canescens* Perlay (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.30.3):
  - 30 bis 60 cm hoch
  - Ertrag trockene Kräuter pro Hektare:
    - Im ersten Jahr 2'000 bis 3'000 kg
    - Im zweiten und dritten Jahr 4'000 bis 5'000 kg
  - Ernte Handarbeit ca. 2'500 h ha<sup>-1</sup>

**Zitronenmelisse, *Melissa officinalis***

Staude, Familie Lamiaceae

- 30 bis 100 cm Höhe
- 30 x 70 cm (4.8 Pflanzen m<sup>-2</sup>)
- Ertrag im ersten Jahr 2'000 kg Trockengut pro Hektare
- Ertrag folgende Jahre 4'000 kg Trockengut pro Hektare
- Kulturdauer 2 bis 4 Jahre
- Handarbeit ca. 1'200 bis 2'000 h ha<sup>-1</sup> (Aeschlimann, et al., 2015, S. 7.39.3)
- In einem Betrieb in Spanien werden 30'000 bis 40'000 Pflanzen ha<sup>-1</sup> mit 40 und 70 cm Reihenabstand gepflanzt (Mosquera Losada, et al., 2017)

## Anhang O Plagiatserklärung

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der Studierende, dass er die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Ort, Datum:

Wädenswil, 08.08.2019

.....

Unterschrift:



.....

Poster

Abbildung 37 zeigt das Poster zur Bachelorarbeit.

# Theoretische Untersuchung regenerativer Mischkultur in Agroforst

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

**Life Sciences and Facility Management**  
IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

---

Bachelorarbeit FS2019 von Adrian Reutimann
Studienrichtung Umweltingenieurwesen
Fachkorrektoren: Mareike Jäger, Alex Mathis

## 1 Einleitung

Die aktuellen landwirtschaftlichen Praktiken führen zu diversen Umweltproblemen wie Bodenerosion, Eutrophierung von Gewässern, Verlust von Bodenkohlenstoff, Resistenzen und übermäßigem Einsatz von Wasser und Energie. Eine Überprüfung 2016 zeigte, dass keines der 2008 von BAFU und BLW definierten Umweltziele für die Schweizer Landwirtschaft vollumfänglich und landesweit erreicht wurde [1,2].

Agroforstsysteme haben ein grosses Potenzial etwas zur Problemlösung, in Bezug auf relevante Umweltprobleme der modernen Landwirtschaft, beizutragen [3]. Diese Arbeit untersucht anhand des Bio-Betriebs Eichhof im Berner Seeland eine mögliche Realisierung einer regenerativen Agroforstanlage auf einer 2.7 ha grossen Ackerfläche. Es wird beurteilt, ob ein Agroforstsystem auf dem Hof ökologisch und ökonomisch Sinn macht.

## 2 Material & Methoden

Folgende Materialien und Methoden werden für die Arbeit verwendet:

- Biobetrieb Eichhof im Berner Seeland
- Literaturrecherche
- Befragung von Fachleuten
- Spatenprobe
- Annuitätenmethode

Abb. 1 - Erosion auf Ackerland (Quelle LID.ch)

Abb. 2 - Geplantes Agroforstsystem

## 3 Resultate

Die zusätzlichen Strukturen durch Bäume und Sträucher sowie die Blühstreifen sind ein willkommener Lebensraum für viele Tiere. Das Mikroklima kann durch Wind- und Sonnenschutz und damit verbunden auch einem Schutz vor Verdunstung positiv beeinflusst werden. Das Agroforstsystem kann die Stickstoff- und Phosphorausträge reduzieren. Es kann zudem zu Humusaufbau beitragen, Erosion reduzieren, als Kohlenstoffsenke wirken und Ammoniak aus der Luft filtern. Das System trägt so zur Reduktion der Defizite in den betroffenen Parzellen bei. Folgende Defizite wurden auf den Flächen identifiziert [3]:

- Erosions-Gefährdung
- Nitratbelastung
- Erhöhte Ammoniakkonzentration in der Luft

Durch Direktzahlungen und Fördergelder kann sich das Agroforstsystem ökonomisch schon nach kurzer Zeit rentieren. Die bestehenden Umweltziele und die positiven Einflüsse von Bäumen auf deren Erreichung sprechen dafür, dass solche Beiträge in nächster Zeit noch erhalten bleiben. Falls sich dies trotzdem irgendwann ändert, könnte bis dahin mit den Fruchtträgen eine weitere Einkommensquelle eröffnet werden. Durch eine weitere Diversifikation wird der Hof zusätzliche ökonomische Sicherheit erlangen. Zu beachten ist, dass der Hof bei der Umsetzung der Planung mit noch unbekanntem Kulturen oder Anbautechniken neue Erfahrungen sammeln muss. Teils Produkte zahlen sich nur bedingt aus. Mostobst zum Beispiel lohnt sich nicht, da der Produzentenpreis mit CHF 32.- für 100 kg Bio Mostobst zu tief ist um den Arbeitsaufwand zu decken. Wenn die Äpfel selbst veredelt und direkt vermarktet werden, kann sich das ändern.

Anzahl eingeplanter Bäume	141
Verlust an Ackerfläche durch das Agroforstsystem	27 %
Jährliche Mindereinnahmen durch verlorene Ackerfläche	CHF 3'322.-
Jährliche Mehreinnahmen für Bäume und Blühstreifen durch Direktzahlungen	CHF 9'143.92
Kosten für eine Installation aller Bäume und Blühstreifen	CHF 1'105.-

Tab. 1 - Resultate der ökonomischen Berechnungen

Annuitäten über 50 Jahre	
• Wertholz	CHF 11'601.85
• Wertholz und Mostobst	CHF -5'349.65
• Wertholz und Tafelobst	CHF 65'557.81
• Aronia	CHF 12'892.17
• Zitronenmelisse	CHF 4'558.81
• Fihabarber	CHF 1'892.28

Tab. 2 - Annuitäten verschiedener Nutzungen

## 4 Diskussion

Bei Obstbäumen dauert es einige Jahre bis sie in den Ertrag kommen. Wenn die Baumstreifen mit weiteren Kulturen genutzt werden, kann schon nach kurzer Zeit ein Ertrag erwirtschaftet werden. Wenn dies mehrjährige Pflanzen sind, kann der zusätzliche Aufwand begrenzt werden.

Grössere Erträge wie die Ernte der Bäume als Wertholz werden nach etwa 50 Jahren anfallen. Davon wird erst die nächste oder übernächste Generation profitieren können. Durch die Baumreihen und Blühstreifen entstehen zusätzlicher Windschutz, etwas Schatten, Strukturen, Blüten, Kräuter und Beeren auf dem Acker. Das kann die Arbeit auf der Ackerfläche angenehmer gestalten und so zur Zufriedenheit der Mitarbeiter des Hofes beitragen.

Die aktuelle Möglichkeit mit dem Coop-Förderprogramm für Agroforstwirtschaft einen Zustupf von über CHF 10'000.- für die Pflanzung der Bäume zu bekommen, ist ein guter Grund sich eine baldige Umsetzung des Konzepts zu überlegen.

In Berechnungen über lange Zeiträume, wie in dieser Arbeit, gibt es sehr viele Einflussfaktoren, die nur schwer abgeschätzt werden können, wie Wettereinflüsse, Preisentwicklungen, Ernteaussfälle, Marktentwicklungen etc. Daraus folgt, dass etwaige Berechnungen eher ungenau und trotzdem aufwändig sind. Deshalb sind langfristig beobachtbare Beispiele umso wichtiger, den Nutzen solcher Systeme zu beurteilen [4]. Der Eichhof könnte ein solches Beispiel werden.

Abb. 3 - Baumstreifen Seitenansicht

Abb. 4 - Baumstreifen Schnitt

Quellen:  
 [1] BAFU, BLW (2008). Umweltziele Landwirtschaft. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bundesamt für Landwirtschaft, BLW.  
 [2] BAFU, BLW (2016). Umweltziele Landwirtschaft - Statusbericht 2016. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bundesamt für Landwirtschaft, BLW.  
 [3] Kay, S., Jäger, M., & Herrig, F. (2018). Ressourcenreichtum durch Landwirtschaft – wie können Agroforstsysteme mithelfen? (submitted). Zürich.  
 [4] Gordon, A. M., & Newman, S. M. (2018). Temperate Agroforestry: Key Elements, Current Limits and Opportunities for the Future. In A. M. Gordon, S. M. Newman, & B. R. Coleman, Temperate agroforestry systems (S. 274-296). Oxfordshire: Cab International.

Kontakt:  
adrian.reutimann@permakultur.landwirtschaft.ch

08.08.2019

Abbildung 37 - Poster zur Bachelorarbeit

29.08.2019

XLIV