

Justus-Liebig-Universität Gießen
Fachbereich 09
Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I

Bachelorarbeit

Anlagezeiten und -kosten für ein silvoarables Agroforstsystem auf dem Gladbacherhof, Hessen

gestellt von: Dr. Philipp Weckenbrock (Erstbetreuer)
Prof. Dr. Andreas Gattinger (Zweitbetreuer)

eingereicht von: Felix Etzel

Gießen, den 24.07.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Zusammenfassung.....	1
Abstract.....	2
1. Einleitung	3
1.1 Landwirtschaft, Klimawandel und Biodiversität	3
1.2 Agroforstsysteme	4
1.3 Problematik	5
1.4 Zielsetzung, Fragestellung, Aufbau	6
2. Material und Methoden.....	7
2.1 Vorstellung Gladbacherhof	7
2.2 Pflanzung des dritten Agroforstsystems auf dem Gladbacherhof.....	8
2.3 Dokumentation der Pflanzung	10
2.4 Datenerfassung, -bereinigung und -auswertung in Excel.....	12
3. Ergebnisse	14
3.1 Arbeitszeiten für die Pflanzung der Bäume.....	15
3.2 Arbeitszeiten für die Pflanzung der Holundersträucher	16
3.3 Durchschnittliche Bestzeiten.....	17
3.4 Gesamte Pflanzzeit für GH3.....	17
3.5 Gesamte Kosten des Systems	18
4. Diskussion.....	20
4.1 Diskussion der Ergebnisse	20
4.1.1 Pflanzung der Apfel- und Wertholzbäume	21
4.1.2 Pflanzung der Holundersträucher	21
4.2 Diskussion der Methodik	22
4.2.1 Anlage des Agroforstsystems	22
4.2.2 Aufnahme und Verarbeitung der Daten	22
4.3 Daten im Kontext des bisherigen Forschungsstandes	23
5. Empfehlungen für Forschung und Praxis.....	24
6. Fazit	25
7. Literaturverzeichnis	26
Anhang.....	V
Danksagung.....	XI

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Luftbild während der Pflanzung des GH3	7
Abb. 2: Geländekarte GH3 mit Reihenkombinationen	9
Abb. 3: Agroforstsystem GH3	10
Abb. 4: Links: Pflanzloch für Apfelbaum und Wertholz.....	11
Abb. 5: Rechts: Pflanzloch für Holunderstrauch.....	11
Abb. 6: Kamera Aufbau bei Regen	11
Abb. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Pflanzung der Bäume und Sträucher für eine und zwei Personen	14
Abb. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Schritte 1-8 für die Pflanzung der Bäume	15
Abb. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Pflanzung der Holundersträucher ..	16

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Schritte 1-8 und <i>Gesamt</i> für die Pflanzung der Bäume.....	15
Tab. 2: Mittelwerte und SD der Schritte ‚ <i>Loch graben</i> ‘, ‚ <i>Baum einpflanzen</i> ‘ und <i>Gesamt</i> für die Pflanzung der Holundersträucher	16
Tab. 3: Durchschnittlich schnellste Zeiten der Schritte 1-8 und <i>Gesamt</i> für die Gehölze Apfel, Wertholz und Holunder.....	17
Tab. 4: Arbeitszeit pro Gehölz und <i>Gesamt</i> für die Pflanzung mit einer Person	17
Tab. 5: Kosten in Euro pro Gehölz und Gesamtkosten für Pflanzgut.....	18
Tab. 6: Materialkosten in Euro pro Baum und <i>Gesamt</i>	18
Tab. 7: Lohnkosten in Euro für ständig und kurzfristig Beschäftigte.....	19

Abkürzungsverzeichnis

AFS	Agroforstsystem
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Kommission
GH3	Gladbacherhof 3
HiWi	Hilfswissenschaftler/-in
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
mAH	Milliampere
SD	Standardabweichung
USDA	US-Landwirtschaftsministerium (United States Department of Agriculture)

Zusammenfassung

Die weitreichende Etablierung von Agroforstsystemen wird als eines der möglichen Instrumente für die Anpassung an den Klimawandel gesehen. Diese gelten als Hoffnungsträger für die Erhöhung und Erhaltung der biologischen Vielfalt und die Schaffung stabiler landwirtschaftlicher Systeme. Die Anlage eines Agroforstsystems bedarf einer umfangreichen Planung. Um eine optimale Nutzung zu gewährleisten, müssen die Gehölze an die Standortbedingungen angepasst sein. Dabei gibt es viele verschiedene Nutzungsoptionen, die unterschiedliche Ziele verfolgen. Die Betrachtung einzelner Systeme und die Sammlung von Erfahrungswerten werden deshalb als wichtig erachtet. Daher wurde in dieser Arbeit die Anlage des silvoarablen Agroforstsystems (GH3) auf dem Gladbacherhof untersucht, monetäre und zeitliche Kosten berechnet und die nötigen einzelnen Schritte der Pflanzungen aufgezeigt. Innerhalb von drei Tagen pflanzten unterschiedlich erfahrene Arbeitskräfte 61 Apfelbäume, 94 Holundersträucher und 78 Wertholzbäume. Um Pflanzzeiten zu erfassen, wurden die jeweiligen Pflanzungen gefilmt und anschließend in einer Excel-Tabelle ausgewertet. Die Apfelbaumpflanzungen wurden dabei in acht Schritte unterteilt, welche in einer Anleitung beschrieben wurden. Bei den Wertholzbäumen waren sechs und bei den Holundersträuchern zwei Arbeitsschritte notwendig. Für die zwei Kategorien ‚Bäume‘ und ‚Sträucher‘ wurden die durchschnittlichen Zeiten und Standardabweichungen für Pflanzungen alleine und im Zweierteam dargestellt. Durchschnittlich brauchte eine Person für die Pflanzung eines Apfelbaums 23:36 min, für die Pflanzung eines Wertholzbaums 20:16 min und für die Pflanzung eines Holunderstrauchs 08:10 min. Es konnte festgestellt werden, dass die Pflanzungen alleine in allen Schritten schneller waren, als die Pflanzungen zu zweit. Die Pflanzzeiten für eine Person sind hierbei auf die Arbeit mit erfahrenen Arbeitskräften übertragbar und sind damit näher an der betrieblichen Realität, während die Pflanzzeiten für zwei Personen eine „Freiwilligen-Pflanzaktion“ widerspiegeln. Die Kosten für Material und Pflanzgut belaufen sich für das ganze System auf rund 5.627 €. Wenn die Pflanzzeiten für eine Person auf die Pflanzung aller Gehölze übertragen werden, entsteht so eine alleinige Pflanzzeit von ca. 63 h 8 min, die mit zwei Lohnansätzen verrechnet wurde. Die Lohnkosten für ständig Beschäftigte belaufen sich allein für die Pflanzung auf ca. 1.363 €. Für kurzfristig Beschäftigte betragen die Lohnkosten ca. 893 €. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Arbeit wertvolle Daten bietet, um zeitliche Dynamiken und monetäre Kosten der Anlage eines silvoarablen Agroforstsystems einzuschätzen. Im Allgemeinen besteht Bedarf mehr Daten über verschiedene Agroforstsznarien, die damit verbundenen Kosten und die Arbeit mit qualifizierten Fachkräften zu sammeln.

Abstract

The widespread establishment of agroforestry systems is considered as one of the possible tools for climate change adaptation. These are seen as a hope for increasing and maintaining biodiversity and creating stable agricultural systems. The establishment of an agroforestry system requires extensive planning. To ensure optimal utilization, the woody plants must be adapted to the site conditions. There are many different utilization options that pursue different goals. The observation of individual systems and the collection of empirical values are considered important. Therefore, in this work the establishment of the silvoarable agroforestry system (GH3) on the Gladbacherhof was investigated, monetary and temporal costs were calculated and the necessary steps of planting were shown. Within three days, differently experienced workers planted 61 apple trees, 94 elderberry shrubs, and 78 value trees. To record planting times, the respective plantings were filmed and then evaluated in an Excel spreadsheet. The apple tree plantings were divided into eight steps, which were described in a manual. Six steps were necessary for the value trees and two steps for the elderberry bushes. For the two categories '*trees*' and '*shrubs*' the average times and standard deviations for planting alone and in a team of two were presented. On average, it took one person 23:36 min to plant an apple tree, 20:16 min to plant a value tree, and 08:10 min to plant an elderberry shrub. It was found that planting alone was faster in all steps than planting in pairs. The planting times for one person are transferable to work with experienced labor and are thus closer to company reality, while the planting times for two people reflect a „volunteer planting operation“. The cost of materials and planting material for the whole system is around 5,627 €. If the planting time for one person is transferred to the planting of all woody plants, this results in a sole planting time of ca. 63 h 8 min, which was charged at two wage rates. The wage costs for permanent employees amount to ca. 1,363 € and for short-term employees the wage costs amount to ca. 893 € for the planting alone. In summary, this work provides valuable data to estimate temporal dynamics and monetary costs of establishing a silvoarable agroforestry system. In general, there is a need to collect more data on different agroforestry scenarios, associated costs, and work with skilled professionals.

1. Einleitung

1.1 Landwirtschaft, Klimawandel und Biodiversität

Der Agrarsektor gehört zu den sensiblen Bereichen, die in den nächsten Jahrzehnten vom Klimawandel betroffen sein werden. Landwirtschaft und Klima stehen in vielfältigen Wechselbeziehungen zueinander (Schaller, Weigel und Schrader 2007). Der Klimawandel, einschließlich der zunehmenden Häufigkeit und Intensität extremer Wetterereignisse, hat sich bereits negativ auf die Ernährungssicherheit und die terrestrischen Ökosysteme ausgewirkt. Landökosysteme und die biologische Vielfalt sind anfällig gegenüber dem anhaltenden Klimawandel sowie Extremwetterereignissen. Eine nachhaltige Landbewirtschaftung kann dazu beitragen, die negativen Auswirkungen von Stressfaktoren auf Ökosysteme und Gesellschaften zu verringern. Dabei können Landnutzungssysteme eine Vielzahl von Handlungsoptionen bieten. Durch die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen und –funktionen tragen sie zur Anpassung an den Klimawandel sowie zu der Minderung seiner Auswirkungen und damit zu einer nachhaltigen Entwicklung bei. Agroforstsysteme (AFS) sind eines der möglichen Instrumente, um dies zu unterstützen (IPCC 2020). Die großflächige Umsetzung der Agroforstwirtschaft hat sich außerdem als vielversprechender Ansatz erwiesen, um einen Teil der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen zu kompensieren (Golicz 2021).

Die biologische Vielfalt in Deutschland, Europa und weltweit ist in den vergangenen Dekaden massiv zurückgegangen. Sie bildet das Fundament für Nahrung und sauberes Wasser, reguliert das Klima, liefert Rohstoffe sowie medizinische Produkte und dient der Lebensqualität und Erholung der Weltbevölkerung. Das macht sie zu einer der zentralen Lebensgrundlagen der Menschheit. Landnutzungsänderungen, die Zerstörung von Lebensräumen, der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, die Übernutzung natürlicher Ressourcen sowie der Klimawandel sind die generellen Ursachen für den Verlust der biologischen Vielfalt (BMBF 2019). Nach Ceballos (2015) kann ein dramatischer Rückgang der biologischen Vielfalt und der damit einhergehende Verlust von Ökosystemleistungen durch verstärkte Erhaltungsmaßnahmen noch verhindert werden, aber das Zeitfenster schließt sich schnell.

1.2 Agroforstsysteme

Die Agroforstwirtschaft wird vom US-Landwirtschaftsministerium (USDA) als absichtliche Mischung von Bäumen und Sträuchern in Pflanzen- und Tierproduktionssystemen definiert, die ökologische, wirtschaftliche und soziale Vorteile schafft. Sie ist ein Ansatz zur Landbewirtschaftung, der Produktivität, Rentabilität und Umweltschutz miteinander verbindet und gesunde, nachhaltige Systeme schafft, die an zukünftige Generationen weitergegeben werden können (USDA 2011). Nach Nair (1993) sind noch weitere Kriterien ausschlaggebend, die AFS von herkömmlichen Formen der Landbewirtschaftung unterscheiden. Demnach generieren AFS zwei oder mehr nutzbare Produkte, die aus mindestens einer landwirtschaftlichen und einer verholzenden Komponente bestehen. Sie haben einen mehrjährigen Zyklus und auch das einfachste AFS ist ökologisch sowie ökonomisch komplexer als eine Monokultur. Er definierte außerdem vier Hauptkategorien, in die AFS je nach ihrer Kombination unterschieden werden können (Nair 1985):

- **Silvoarable AFS** (Kombination von Feldfrüchten mit Bäumen und/oder Sträuchern)
- **Silvopastorale AFS** (Kombination von Weidehaltung mit Bäumen und/oder Sträuchern)
- **Agrosilvopastorale AFS** (Kombination von Feldfrüchten und Weidehaltung mit Bäumen und/oder Sträuchern) und andere AFS (Imkerei mit Bäumen, multifunktionale Baumgruppen etc.)

AFS bieten viele Vorteile wie eine mögliche Steigerung der Produktivität von landwirtschaftlichen Kulturen, die Verringerung des Einsatzes von Pestiziden, die Verbesserung der Wassernutzungseffizienz von Pflanzen und Tieren und die Diversifizierung der lokalen Wirtschaft (USDA 2011). Es konnte bereits gezeigt werden, dass agroforstliche Pufferstreifen die Enzymaktivität im Boden steigern (Udawatta 2008). Des Weiteren erhöht die Agroforstwirtschaft die Biodiversität und die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen im Vergleich zu konventioneller Land- und Forstwirtschaft (Torralba 2016). In einer Studie von Tsonvova (2020) wurde dargestellt, dass insbesondere die Gehölze als Kohlenstoffsенke dienen und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. In einem ebenfalls in dieser Studie angestellten Beispielszenario, in dem die Agroforstwirtschaft auf 50 % der ackerbaulichen Fläche in Deutschland umgesetzt wurde, ergab sich eine erhebliche Minderung der Bodenerosion sowie eine Steigerung der Oberflächenwasserqualität und der Strukturvielfalt der Agrarlandschaft.

Moderne AFS sind im Gegensatz zu den traditionellen Systemen an den Stand der landwirtschaftlichen Produktionstechnik angepasst und die negativen Beeinträchtigungen durch die Bäume sind möglichst minimiert. Prinzipiell sind viele verschiedene Agroforstsznarien in Deutschland umsetzbar (Bender 2009).

1.3 Problematik

Die Intensivierung der Landwirtschaft führte zur Trennung der landwirtschaftlichen und forstlichen Aktivitäten. Hohe Erntemengen und damit die Verfügbarkeit von ausreichend Nahrungsmitteln waren Mitte des 20. Jahrhunderts das oberste Ziel der Landwirtschaft. Die traditionellen AFS mit ihren Bäumen und Hecken wurden durch die Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die damit einhergehende Modernisierung und Mechanisierung zunehmend verdrängt. Damit nahm die durchschnittliche Betriebsgröße zu und die Anzahl der Betriebe ab (Chalmin 2008).

Neu angelegte AFS unterliegen einer starken zeitlichen Dynamik. In den ersten Jahrzehnten wirken sich die Bäume in der Regel kaum auf die Nutzfläche aus. Erst in der zweiten Hälfte der Standzeit nimmt der Einfluss der Bäume auf das Wachstum der Kultur und das Mikroklima deutlich zu. Gelingt es, die positiven Wechselwirkungen effizient zu nutzen, die negativen möglichst zu minimieren und das System gut an die Standortbedingungen anzupassen, ist ein Agroforstsystem auf einer Fläche sinnvoll (Bender 2009).

Im Allgemeinen besteht ein großer Bedarf nach Praxiserfahrungen, wenn es um die Etablierung von AFS geht. Die Untersuchung eines Einzelbetriebes wird als wichtig erachtet, da Agroforstbetriebe speziell an die örtlichen Bedingungen angepasst sind und sehr unterschiedlich sein können. (Krummenacher 2008). Die Potentiale, die AFS insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel bieten, werden derzeit kaum oder nur unzureichend berücksichtigt (Tsonvova 2020). Mit der von 2023-2027 geltenden Förderperiode der GAP (Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Kommission) ist die Etablierung von AFS in Deutschland erstmals rechtlich geregelt und Agroforstwirtschaft als landwirtschaftliche Tätigkeit anerkannt. Um Direktzahlungen zu erhalten ist die Umsetzung von Agroforstflächen damit an Auflagen geknüpft, die mehr oder weniger große Hürden für die Landwirtinnen und Landwirte darstellen können. Auch die Höhe der in der Öko-Regelung Nr. 3 vermerkten Förderung von 60 €/h ist laut Böhm viel zu niedrig angesetzt (Böhm 2022).

1.4 Zielsetzung, Fragestellung, Aufbau

Das Ziel der Bachelorarbeit ist es, Daten über die Anlagekosten des dritten AFS des Gladbacher Hofes (s. 2.2) zu sammeln. Die Arbeit soll veranschaulichen, welche Arbeitsschritte bei der Anlage eines silvoarablen AFS durchgeführt werden müssen, wie viel Zeit diese in ihrer Umsetzung beanspruchen und wie hoch die jeweiligen Material- und Lohnkosten sind. Dabei werden Aussagen über die Pflanzungen von Freiwilligen im Zweierteam sowie Pflanzungen von erfahrenen Arbeitskräften, die alleine arbeiteten, getroffen. Ziel ist es, Daten zu generieren, die es Landwirtinnen und Landwirten ermöglichen, die Anlage eines solchen Systems zu planen. Durch die Datenerhebung soll auch ein Beitrag für die Entwicklung von angemessenen Förderhöhen in der GAP für die Agroforstwirtschaft geleistet werden.

Es können drei zielführende Fragen benannt werden:

1. Welche einzelnen Schritte bei der Anlage eines AFS gibt es und wie werden diese umgesetzt?
2. Wie lange dauern diese einzelnen Schritte?
3. Wie hoch sind die Kosten für die Anlage eines solchen AFS (Arbeitszeiten und Materialien)?

2. Material und Methoden

2.1 Vorstellung Gladbacherhof

Seit 1990 dient der Gladbacherhof der Justus-Liebig-Universität Gießen als Lehr- und Versuchsbetrieb für ökologischen Landbau. Seine Hauptbetriebszweige sind Saatgutproduktion und Milchviehhaltung. Im nordwestlichen Taunus, südlich von Aumenau, werden dort auf 140 bis 280 m ü. N.N. 110 ha Ackerland und 76 ha Dauergrünland ökologisch bewirtschaftet. Die bestimmenden Bodentypen lassen sich als Parabraunerden und Pararendziner klassifizieren. Nach Klimakarten des Deutschen Wetterdienstes (1x1 km, langjähriges Mittel 1981-2010) liegt der Niederschlag bei 653 mm/a, die Jahresmitteltemperatur bei 9,5 °C und die klimatische Wasserbilanz bei 80 mm/a (Eisert 2023, Schulz 2014). Mit dem Ziel belastbare Daten über AFS in den gemäßigten Breiten zu sammeln, wurden neben dem dritten AFS 2020 und 2021 ein silvoarables und ein silvopastorales System angelegt. Das AFS Gladbacherhof 3 (GH3) hat eine Steigung bis ca. 10 °, die Hauptwindrichtung liegt im Westen und der Wilddruck äußert sich meist durch Fegeschäden an Pappeln durch Rehe (Weckenbrock 2023). Geplant wurde das 3,3 ha. große System mithilfe des Agroforst- und Keylineberaters Philipp Gerhardt.



Abb. 1: Luftbild während der Pflanzung des GH3 (Quelle: Michael Hauschild, Nov. 2022)

2.2 Pflanzung des dritten Agroforstsystems auf dem Gladbacherhof

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Feldstudie. Anhand von Zeitmessungen, die im Rahmen der Pflanzung des AFS Gladbacherhof 3 (GH3) mit einer Gruppe aus Studierenden, Hilfwissenschaftler/-innen (HiWis) und Projektbetreuer/-innen stattfanden, wurden Daten zu Pflanzzeiten erhoben. Die Pflanzaktion erstreckte sich über drei Tage (22.11. bis 24.11.2022), an denen jeweils von ca. 10:00 Uhr bis 16:00 Uhr gearbeitet wurde. Die Vorbereitung der Pflanzstellen begann meist eine Stunde früher. Gegen 12:00 Uhr gab es eine ca. 30-minütige Mittagspause. Am ersten Tag arbeiteten acht Personen, am zweiten Tag 18 Personen und am dritten Tag 15 Personen. Davon waren jeweils immer zwei HiWis, zwei Projektbetreuer/-innen und der Autor anwesend. Gepflanzt wurden insgesamt 61 Apfelbäume (*Malus domestica*) der Sorten Jacob Lebel, Frinkenwerder Herbstprinz, Graue Herbstrenette sowie Danziger Kantapfel, 94 Holundersträucher (*Sambucus nigra* „Haschberg“), jeweils 18 Walnussbäume (*Juglans regia*), Elsbeeren (*Sorbus torminalis*) und Wildkirschen (*Prunus avium*) und 24 Speierlinge (*Sorbus domestica*). Die Pflanzung fand an regnerischen Tagen statt, weshalb der Boden (ca. 1. Spatentiefe) über den gesamten Zeitraum feucht war. Die Vor- und Nachbereitung der Pflanzaktion gestaltete sich ebenfalls als zeitaufwändig. Material und Pflanzgut wurden an den Acker gefahren, anschließend an die markierten Pflanzstellen gebracht und nach der Pflanzaktion wieder an den Hof gefahren und gesäubert. Das Schneiden des Wühlmausdrahtes für den Wurzelschutz wurde am Vortag der Pflanzung gefilmt und fließt nicht weiter in die Datengrundlage ein, sondern dient allein als zusätzliche Information. Anfang März 2023 wurden in den Reihen 1 und 4 (SAFS2) und 2 und 5 (SAFS1) 270 Pappeln (Fastwood 1) gesteckt. Zusätzlich wurden in den Reihen (SAFS2) Werthölzer per Samen ausgesät (s. Abb. 2). Zu einem späteren Zeitpunkt wurden alle sechs Streifen mit insgesamt 40 m³ Holzhäcksel gemulcht. Das GH3 soll hauptsächlich Regenwasser auf der Fläche halten und Erosion und Austrocknung entgegenwirken.

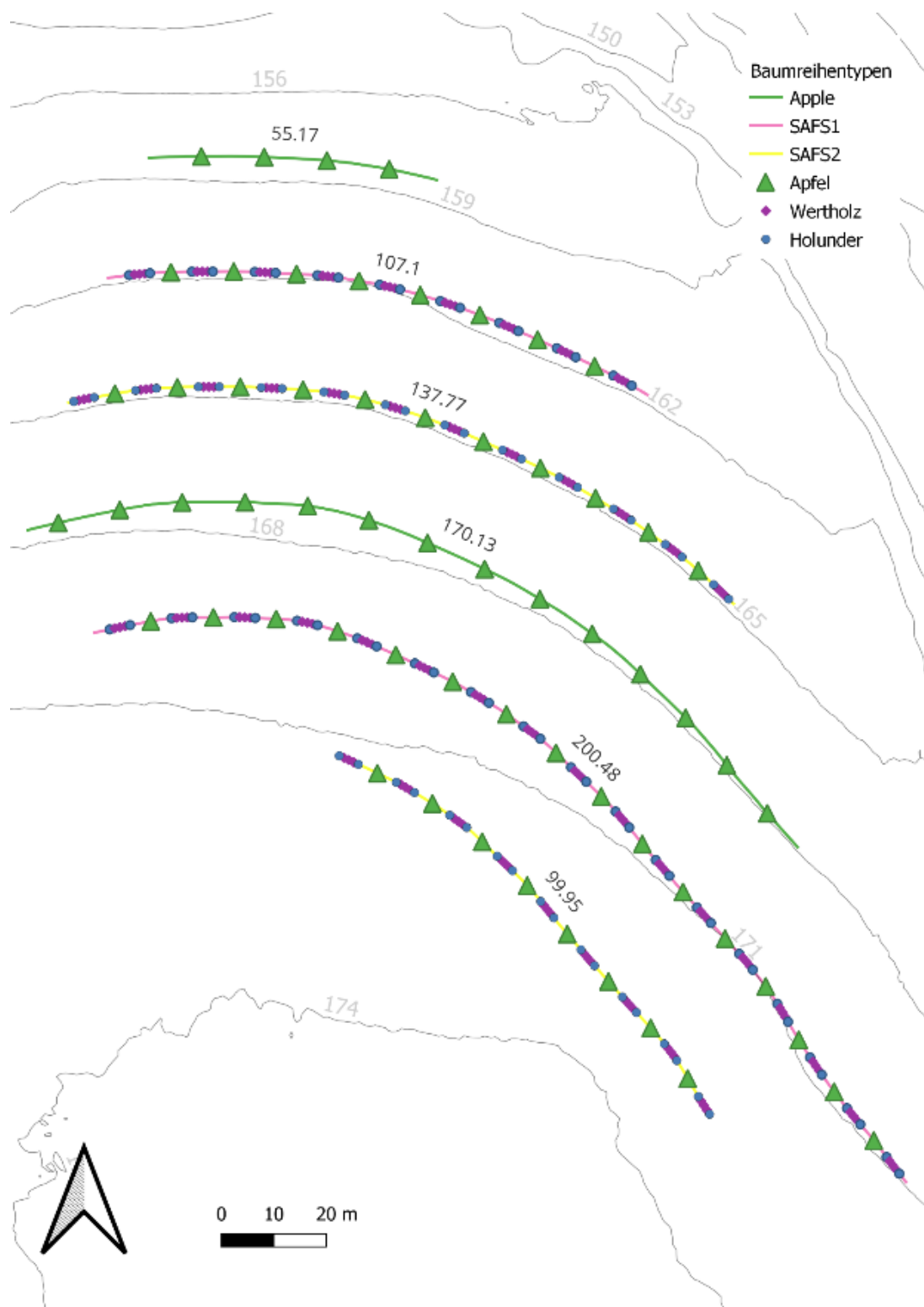


Abb. 2: Geländekarte GH3 mit Reihenkombinationen (Quelle: Eva Maria Minarsch, 2022)

Da die Studierenden wenige bis keine Vorerfahrungen hatten, wurden sie in die Pflanzung eines Apfelbaums eingewiesen und erhielten Informationen zu Apfelsorten, Apfelveredelung und Baumschnitt. Anschließend wurde in Zweier-Teams weitergearbeitet. Bei den meisten Holunder- und Wertholzpflanzungen wurde alleine gearbeitet, da die HiWis und die Projektbetreuer/-innen diese Pflanzungen übernahmen. Sie sind als erfahrene und geübte Arbeitskräfte zu beurteilen. Ausgebildete Fachkräfte wie gelernte Gärtner/-innen der Fachrichtung Baumschule waren nicht beteiligt.



Abb. 3: Agroforstsystem GH3 (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

2.3 Dokumentation der Pflanzung

Die gefilmten Pflanzungen wurden in einzelne Arbeitsschritte unterteilt. Bei den Apfelbäumen waren es acht Schritte (*Pflanzloch ausheben, Draht einsetzen, Pfahl befestigen, Baum einpflanzen, Baumschutz befestigen, Draht andrücken, mit Erde bedecken und Bewässerungsrand anlegen, Baum anbinden*) (s. Anhang „Anleitung zur Pflanzung eines Apfelbaums“). Im Vergleich zu den Apfelbäumen entfielen bei der Pflanzung der Werthölzer die Schritte ‚*Pfahl befestigen*‘ und ‚*Baum anbinden*‘. Die restlichen Schritte waren identisch. Bei den Holundersträuchern waren nur die Schritte ‚*Pflanzloch ausheben*‘ und ‚*Baum einpflanzen*‘ erforderlich. Das Loch musste hierbei nicht so tief gegraben werden (vgl. Abb. 4 und Abb. 5). Schritt Acht ‚*Baum anbinden*‘ der Apfelbaumpflanzung wurde separat und nur sechs Mal erfasst, da zu wenig Kokosstrick verfügbar war.

Für die Aufnahme der Pflanzungen wurde die Videofunktion einer Spiegelreflexkamera Canon Eos 700D und ein Stativ genutzt, um die Studierenden bei ihrer Arbeit zu begleiten (s. Abb. 6). Es wurde dabei versucht, möglichst viele Pflanzungen im Bild zu haben und diese mit allen Schritten zu erfassen. Dabei musste sichergestellt werden, dass die pflanzenden Personen deutlich im Video zu erkennen waren. Da die Kamera nur 29:59 min filmen kann, wurde ein Timer gestellt, um durch erneutes Drücken der Aufnahmetaste die Videoaufnahme nahezu nahtlos weiterzuführen. Alle zwei bis drei Stunden musste der Akku gewechselt werden. Dafür wurden zwei Ersatz-Akkus mit je 1800 mAH (Milliampere) verwendet.



Abb. 4: Links: Pflanzloch für Apfelbaum und Wertholz (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

Abb. 5: Rechts: Pflanzloch für Holunderstrauch (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)



Abb. 6: Kamera Aufbau bei Regen (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

2.4 Datenerfassung, -bereinigung und -auswertung in Excel

Datenerfassung

Mithilfe der Videos, die in der Microsoft App „Filme & TV“ abgespielt wurden, wurden die Anfangs- und Endzeiten von jedem einzelnen Schritt in (mm:ss) in eine Excel-Tabelle eingetragen (z. B. 16:42-28:25) und die Differenz als Arbeitszeit berechnet. Jede Messung wurde mit Videoquelle und Erkennungsmerkmal (z. B. rote Jacke, gelbe Gummistiefel) versehen. Gemessen wurden 34 Apfelbaumpflanzungen, 20 Holunderpflanzungen und 11 Wertholzpflanzungen. Bei den Apfel- und Wertholzpflanzungen konnten nicht alle Schritte einer Pflanzung aufgenommen bzw. verwertet werden, weil eine Berechnung der Zeit (wegen der vielen kleinen Arbeitspausen) zu zeitintensiv geworden wäre oder nur ein Teil der Pflanzung erfasst wurde. Ca. 39 % der Baumpflanzungen wurden vollständig erfasst. Die Holunderpflanzungen wurden zu 95 % vollständig erfasst. Die separat gemessenen Zeiten für Schritt Acht ‚*Baum anbinden*‘ wurden nachträglich zur Gesamtzeit addiert. Dabei wurde fünf Mal zu zweit gearbeitet und einmal alleine. Die gesamten Daten für Schritt Acht wurden auf beide Pflanzungen (alleine/zu zweit) übernommen.

Datenbereinigung

Um die Pausenzeiten zwischen den Schritten zu ermitteln, wurde die Differenz der Anfangszeit des jeweiligen Schrittes und der Endzeit des nächsten Schrittes berechnet. Diese, während der Auswertung nicht vermerkten Zwischenzeiten, wurden untersucht und nach tatsächlicher Pausenzeit und Rüstzeit unterschieden. Pausenzeiten unter 10 sek. wurden nicht vermerkt und gelten als Arbeitszeit. Die Rüstzeit (entspricht dem Holen von Material und der Vorbereitung des nächsten Schrittes) wurde zur Zeit des jeweiligen nächsten Schrittes addiert. Hierbei fielen ebenfalls einige wenige Zeiten ins Auge, die sich überschneiden (Bsp. Person 1 bereitet den Draht vor, während Person 2 das Loch aushebt). Diese Überschneidungszeiten (10 bis 15 Sekunden) wurden durch 2 geteilt und auf beide betroffenen Schritte gleich verteilt. Relativ häufig jedoch waren videoübergreifende Pflanzungen (z. B. 27:30-29:59-12:57). Die Differenz aus Anfangs- und Endzeit musste hier händisch gerechnet und eingetragen werden. Ebenso wurde verfahren, wenn es innerhalb eines Arbeitsschrittes Pausen gab (z. B. Hilfestellung bei anderer Pflanzgruppe).

Datenauswertung

Die Zeiten der einzelnen Arbeitsschritte wurden nach einer und nach zwei Personen gefiltert und anschließend in eine neue Tabelle kopiert, um eine bessere Übersicht zu haben und weitere Berechnungen durchzuführen. Für die zwei Gehölztypen ‚*Baum*‘ und ‚*Strauch*‘ wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen (SD) der einzelnen Schritte und der gesamten Pflanzzeit für die Pflanzung mit einer und mit zwei Personen berechnet und graphisch dargestellt. Bevor die durchschnittlichen Zeiten der einzelnen Schritte addiert wurden, um die gesamte Pflanzzeit zu ermitteln, wurde darauf geachtet, die Nachkommastellen (falls nötig) aufzurunden. Aus den Gesamtzeiten vollständiger Messungen wurden die SD berechnet. Bei der Pflanzung der Bäume für eine Person wurden dafür die durchschnittlichen Zeiten der Schritte ‚*Pfahl befestigen*‘ und ‚*Anbinden*‘ der Apfelbaumpflanzung zu der Gesamtzeit der Wertholzpflanzung addiert, um einheitliche Gesamtzeiten und damit korrekte SD zu erhalten. Da es beim Berechnen der Pflanzzeiten (besonders bei den Apfelpflanzungen) Probleme mit der Formatierung gab, mussten die Ergebnisse der durchschnittlichen Zeiten für die einzelnen Schritte in eine neue Spalte kopiert und umformatiert werden, um korrekte Endergebnisse zu erhalten. Bei den Holunder- und Wertholzpflanzungen arbeitete hauptsächlich eine Person. Deshalb gibt es für die Holunderpflanzungen für zwei Personen nur vier Messungen und bei den Wertholzpflanzungen entfallen die Zeiten für zwei Personen wegen zu geringer Datenlage komplett. Für die weiteren Berechnungen wurden die Pflanzzeiten für eine Person verwendet, da sie näher an der betrieblichen Realität sind. Für die Pflanzungen der zwei Gehölztypen wurden die fünf schnellsten Zeiten unter den jeweiligen Schritten ausgewählt und eine Gesamtbestzeit ermittelt, um Aussagen über mögliche Pflanzzeiten mit ausgebildeten Fachkräften zu machen. Um die gesamten zeitlichen Kosten für alle Gehölze zu ermitteln, wurden die Mittelwerte der jeweiligen Pflanzzeiten von Bäumen und Sträuchern mit der Anzahl der gepflanzten Gehölze multipliziert. Genauso wurde mit den monetären Kosten des Systems (Pflanzgut und Materialien) verfahren. Um Aussagen über mögliche Lohnkosten zu machen, wurden Pflanzzeiten mit Lohnansätzen von kurzfristig und langfristig Beschäftigten (Bukhovets 2022) berechnet. Das Buch „Arbeitswirtschaft in der Landwirtschaft“ des KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) wurde genutzt, um die verschiedenen Faktoren einer Arbeitszeit-/kostenanalyse zu begreifen und die Verarbeitung und Aufnahme der Daten zu strukturieren. Die Abbildungen 8-10 im Anhang zeigen die Arbeitsweise in Excel anhand gewählter Beispiele auf.

So wurden Daten erhoben, die die zeitliche Dynamik der Pflanzung eines silvoarablen Agroforstsystems darstellen. Mithilfe von Dr. Philipp Weckenbrock wurden Daten zu Pflanz- und Materialkosten zusammengetragen. Für die Literaturrecherche wurden verschiedene wissenschaftliche Datenbanken wie Google Scholar und JUSTfind genutzt.

3. Ergebnisse

In der vorliegenden Grafik sind die durchschnittlichen Mittelwerte für die Pflanzungen der zwei Gehölztypen und ihre SD dargestellt¹. Bei der Baumpflanzung für eine Person ergibt sich eine durchschnittliche Pflanzzeit von 23:36 min (n=16) und eine SD von 04:15 min (n=7). Für zwei Personen beträgt die durchschnittliche Pflanzzeit 37:17 min (n=27) und die SD 12:12 min (n=13). Bei den Holundersträuchern ergibt sich für eine Person eine durchschnittliche Pflanzzeit von 08:10 min (n=16) und eine SD von 02:42 min (n=15) und bei zwei Personen beträgt die mittlere Pflanzzeit 11:59 min (n=4) und die SD 02:18 min (n=4). Im Folgenden wird weiter auf die Pflanzzeit für eine Person eingegangen, da diese näher an der betrieblichen Realität ist.

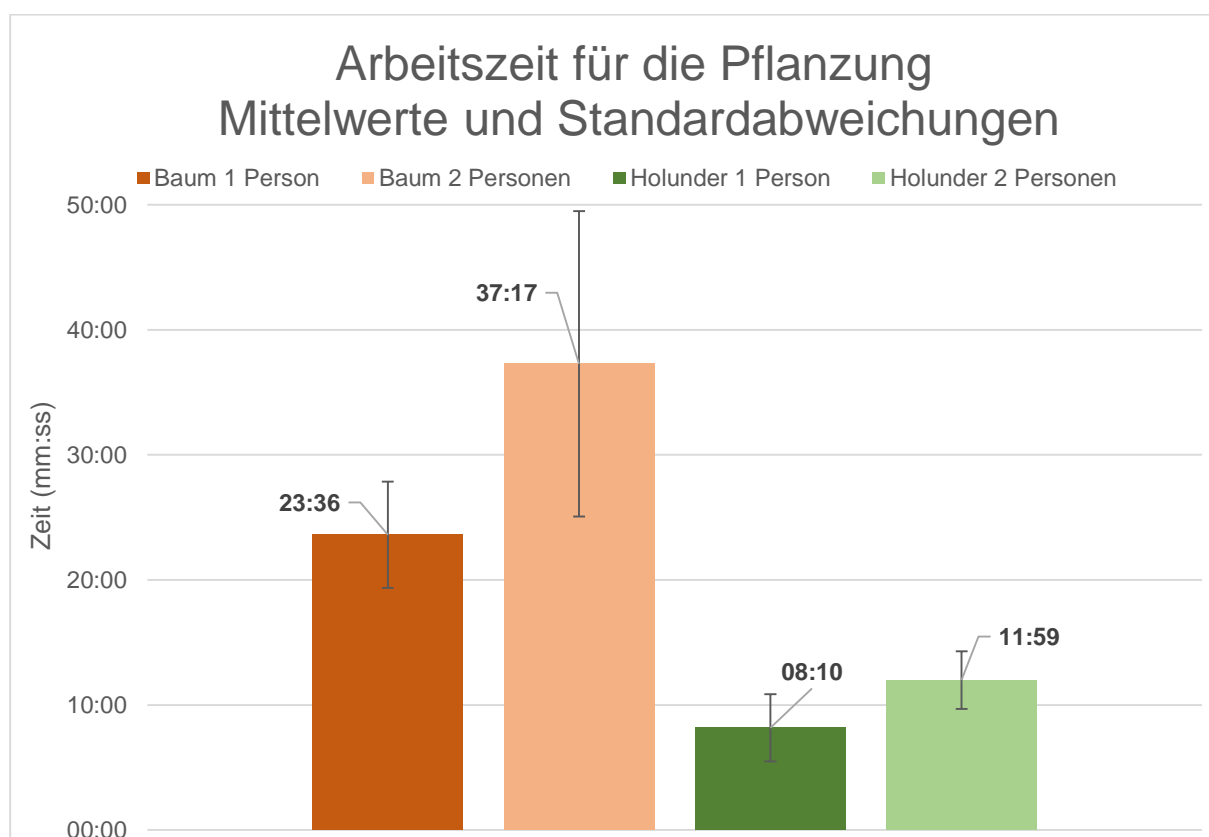


Abb. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Pflanzung der Bäume und Sträucher für eine und zwei Personen (mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

¹ Alle Zeitangaben erfolgen in (mm:ss). Der Einfachheit halber wird die Abkürzung „min“ genutzt.

3.1 Arbeitszeiten für die Pflanzung der Bäume

Abbildung 8 zeigt die durchschnittlichen gemessenen Zeiten der Schritte 1-8 für die Pflanzung der Apfel- und Wertholzbäume für eine Person. Die durchschnittliche Pflanzzeit eines Baumes beträgt für eine Person 23:36 min. Wenn man die Schritte ‚Pfahl befestigen‘ (01:00 min) und ‚Anbinden‘ (02:20 min) abzieht, erhält man für einen Wertholzbaum eine mittlere Pflanzzeit von 20:16 min. In Tabelle 1 sind die Zeiten der einzelnen Schritte und ihre SD übersichtlich dargestellt.

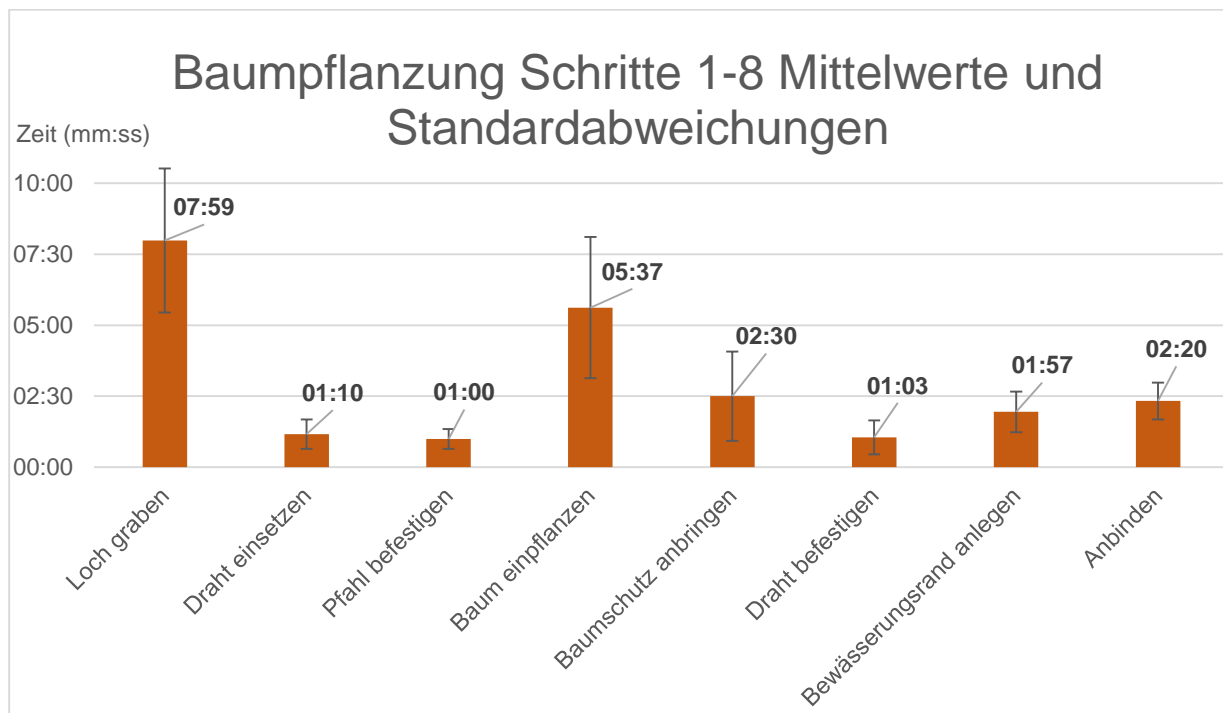


Abb. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Schritte 1-8 für die Pflanzung der Bäume (mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Schritte 1-8 und *Gesamt* für die Pflanzung der Bäume (mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

	Mittelwert	Standardabweichung
Loch graben	07:59	02:32
Draht einsetzen	01:10	00:31
Pfahl befestigen	01:00	00:21
Baum einpflanzen	05:37	02:29
Baumschutz	02:30	01:34
Draht befestigen	01:03	00:36
Bewässerungsrand	01:57	00:43
Anbinden	02:20	00:39
Gesamt	23:36	04:15

3.2 Arbeitszeiten für die Pflanzung der Holundersträucher

In Abbildung 9 sind die Mittelwerte und SD für das Ausheben des Pflanzlochs, das Einpflanzen des Holunders und die gesamte Pflanzzeit für eine Person dargestellt. Das Ausheben des Pflanzlochs dauerte durchschnittlich 04:03 min. Für das Einpflanzen des Strauchs wurden durchschnittlich 04:07 min benötigt. Die gesamte Pflanzzeit eines Strauches beträgt im Durchschnitt 08:10 min. Mittelwerte und SD sind ebenfalls in Tabelle 2 dargestellt.

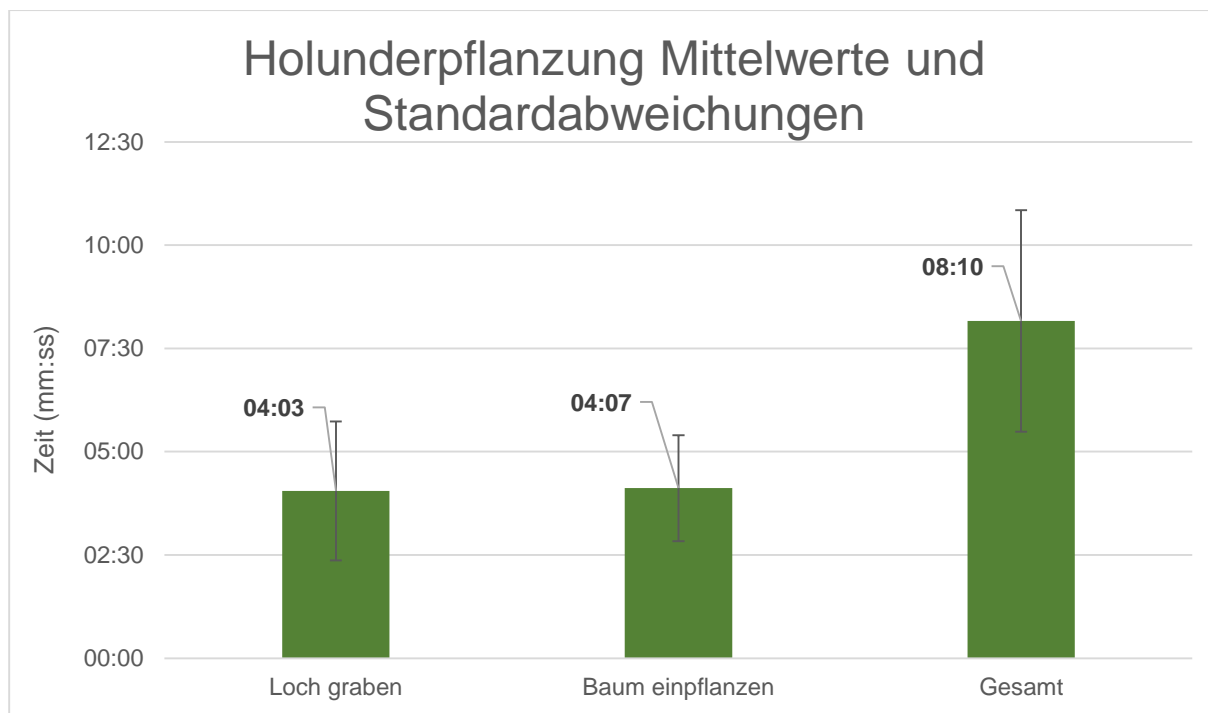


Abb. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Pflanzung der Holundersträucher (mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Schritte ‚Loch graben‘, ‚Baum einpflanzen‘ und ‚Gesamt‘ für die Pflanzung der Holundersträucher (mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

	Mittelwert	Standardabweichung
Loch graben	04:03	01:41
Baum einpflanzen	04:07	01:17
Gesamt	08:10	02:41

3.3 Durchschnittliche Bestzeiten

Für die Pflanzungen der jeweiligen Gehölze wurden die folgenden durchschnittlich schnellsten Zeiten berechnet.

Tab. 3: Durchschnittlich schnellste Zeiten der Schritte 1-8 und *Gesamt* für die Gehölze Apfel, Wertholz und Holunder (mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

	Apfelbaum	Wertholz	Holunder
Loch graben	05:51	05:51	02:14
Draht einsetzen	00:35	00:35	
Pfahl befestigen	00:51		
Baum einpflanzen	03:39	03:39	02:49
Baumschutz	00:37	00:37	
Draht befestigen	00:33	00:33	
Bewässerungsrand	01:19	01:19	
Anbinden	01:35		
Gesamt	15:02	12:35	05:03

3.4 Gesamte Pflanzzeit für GH3

In Tabelle 4 wird die durchschnittliche Zeit, die für die Pflanzung des jeweiligen Gehölzes mit einer Person benötigt wurde, auf die Pflanzung aller Gehölze übertragen. Für die Pflanzung der 61 Apfelbäume entsteht so eine gesamte Pflanzzeit von 23 h 59 min 36 sek. Die Pflanzzeit der 78 Wertholzbäume beläuft sich auf 26 h 20 min 48 sek und die Pflanzzeit der 94 Holundersträucher auf 12 h 47 min 40 sek. Insgesamt beläuft sich die Zeit, die allein für die Pflanzung der Gehölze benötigt wurde auf 63 h 8 min 04 sek.

Tab. 4: Arbeitszeit pro Gehölz und Gesamt für die Pflanzung mit einer Person (hh:mm:ss) (Quelle: eigene Darstellung)

	Arbeitszeit	Anzahl	Arbeitszeit Gesamt
Apfelbäume	00:23:36	61	23:59:36
Werthölzer	00:20:16	78	26:20:48
Holundersträucher	00:08:10	94	12:47:40
Gesamt			63:08:04

Die gemessene Zeit für das Schneiden des Drahtes beträgt im Durchschnitt 28:01 min (n=2). Eine Rolle Draht wurde dabei in ca. 33 Stücke (1,5 m x 1 m) geschnitten. Die Zeit für das Schneiden von einem Stück Draht beträgt 00:51 min. Für die 139 Stücke, die insgesamt verwendet wurden, wird so eine Zeit von 1 h 57 min 58 sek benötigt, die nicht in die in Tab. 4 gemachten Berechnungen miteinfließt.

3.5 Gesamte Kosten des Systems

In den vorliegenden Tabellen sind die Preise für Pflanzgut und Pflanzmaterial angegeben. Der gesamte Preis für das Pflanzgut beläuft sich auf 2.959,60 € (Tab.5). Die Materialkosten für die Bäume betragen 1.797,20 € (Tab.6). Die 40 m³ Holzhäcksel, mit denen die Reihen gemulcht wurden, kosteten 870 €. Die Materialkosten für das gesamte System belaufen sich so auf 5.626,80 €.

Tab. 5: Kosten in Euro pro Gehölz und Gesamtkosten für Pflanzgut (Quelle: eigene Darstellung)

	Preis/Gehölz	Anzahl Gehölze	Preis Gesamt
Apfelbaum	21,00 €	61	1.281,00 €
Holunder	10,00 €	94	940,00 €
Walnuss	3,00 €	18	54,00 €
Elsbeere	8,50 €	18	153,00 €
Speierling	8,50 €	24	204,00 €
Wildkirsche	2,00 €	18	36,00 €
Pappel	1,08 €	270	291,60 €
Gesamt			2.959,60 €

Tab. 6: Materialkosten in Euro pro Baum und Gesamt (Quelle: eigene Darstellung)

	Preis/Baum	Anzahl Bäume	Preis Gesamt
Wühlmausdraht	4,20 €	139	583,80 €
Holzpfehl	12,00 €	61	732,00 €
Wuchshülle	1,80 €	139	250,20 €
Kokosstrick	0,60 €	61	36,60 €
Akazienstab	1,40 €	139	194,60 €
Gesamt			1.797,20 €

Die in 3.3 berechnete gesamte Pflanzzeit wurde auf 63 h gerundet und mit den Lohnansätzen des KTBL für ständig Beschäftigte (21,64 €) und für kurzfristig Beschäftigte (14,18 €) verrechnet. Die Lohnkosten für ständig Beschäftigte belaufen sich allein für das Pflanzen der Gehölze auf 1.363,32 €. Für kurzfristig Beschäftigte betragen die Lohnkosten 893,34 €.

Tab. 7: Lohnkosten in Euro für ständig und kurzfristig Beschäftigte (Quelle: eigene Darstellung)

	ständig Beschäftigte	kurzfristig Beschäftigte
€/h	21,64 €	14,18 €
Pflanzzeit	63 h	63 h
Lohnkosten	1.363,32 €	893,34 €

4. Diskussion

Im Folgenden wird darauf eingegangen, welche einzelnen Schritte und Maßnahmen bei der Pflanzung des Agroforstsystems GH3 notwendig waren, welche Kosten entstanden sind und unter welchen Bedingungen die Ergebnisse zu verstehen sind. Die Pflanzungen der zwei verschiedenen Gehölztypen werden dabei genauer betrachtet und diskutiert.

4.1 Diskussion der Ergebnisse

Die in der vorliegenden Arbeit berechneten Pflanzzeiten beleuchten eine Pflanzaktion, in der Menschen mit verschiedenem Leistungspotential zusammenarbeiteten. Die ermittelten durchschnittlichen Zeiten für die einzelnen Schritte und die gesamten Pflanzzeiten der jeweiligen Pflanzungen weisen bei beiden Gehölztypen einen deutlichen Unterschied auf. Die Arbeitszeit für Pflanzungen zu zweit ist in allen acht Schritten größer als bei den Pflanzungen, in denen eine Person allein gearbeitet hat. Es ist davon auszugehen, dass die Daten für die Pflanzung mit einer Person im Großteil von Arbeitskräften getätigt wurden, die erstens aus den betreuenden Personen des Projekts und zweitens aus Freiwilligen, die sich selbst die Pflanzung alleine zutrauten, bestehen. Diese Personen haben Vorerfahrungen mit der Pflanzung von Gehölzen und konnten im Vergleich zu den Pflanzungen zu zweit, bei der zum Großteil Studierende mit geringen Vorerfahrungen arbeiteten, schnellere Zeiten erreichen. Gegenteilig der Erwartung, dass zu zweit schneller gepflanzt wird als alleine, wurde in dieser Pflanzaktion eindeutig gezeigt, dass die Pflanzung mit einer Person mit Vorerfahrung schneller ist. Die errechnete gesamte Pflanzzeit aus 3.4 und die daraus resultierenden Lohnkosten aus 3.5 können einen guten Überblick über mögliche zeitliche und monetäre Kosten geben. Die reale Arbeitszeit und die Lohnkosten jedoch, die eine Landwirtin oder ein Landwirt aufbringen müssen, sind größer, da z. B. Wegzeit und Pausenzeit miteinkalkuliert werden müssen. Auch Vorbereitungszeiten wie das Schneiden des Wühlmausdrahtes und Nachbereitungszeiten wie das Säubern der Materialien müssen eingeplant werden, um Lohnkosten gänzlich zu erfassen.

Die errechneten Preise für Material und Pflanzgut können eine verlässliche Quelle sein, um die Kosten und Kostenarten für ein AFS abzuschätzen. Je nach Anbieter und momentaner Preislage können die Kosten variieren.

4.1.1 Pflanzung der Apfel- und Wertholzbäume

Die Pflanzungen von Apfel- und Wertholzbäumen, die sich nur darin unterscheiden, dass bei letzterem die ‚*Schritte Pfahl*‘ befestigen und ‚*Anbinden*‘ wegfallen, fanden auf Basis einer speziellen Anleitung statt. In dieser Anleitung ist der Schritt ‚*Pfahl befestigen*‘ als einziger für zwei Personen ausgelegt. Das gleichzeitige Arbeiten zu zweit ist nur in diesem Schritt vollständig erforderlich. So kam es oft dazu, dass eine Person arbeitete und die andere wartete. Die Tatsache, dass die Mittelwerte für zwei Personen in keinem Schritt größer sind, bestätigt diese Beobachtung. Die hohe SD von 12:12 min für die Pflanzung von zwei Personen verdeutlicht, dass unterschiedlich erfahrene Arbeitskräfte arbeiteten. Bei Schritt 3 ‚*Pfahl befestigen*‘ entstanden die meisten Pausenzeiten, da gewartet werden musste, bis die Pfahlramme verfügbar war. Es konnte ebenso beobachtet werden, dass sich das Einsetzen des Drahtes in Schritt 2 als schwierig herausstellte und teilweise zu längeren Zeiten führte. Da Schritt 8 ‚*Anbinden*‘ nur einmal für die Pflanzung von einer Person erfasst wurde, lässt sich auch hier keine quantitative Aussage treffen. Die niedrige Stichprobengröße der Apfelbaumpflanzung für eine Person ist ebenfalls zu bemängeln. Nur zwei von sieben Pflanzungen waren hierbei vollständig. Da die Apfel- und Wertholzpflanzung unter nahezu identischen Bedingungen stattfanden, konnten hier Daten zusammengefasst werden. Durch die Aufnahme weiterer Pflanzungen hätte eine stabilere Datengrundlage entstehen können.

Die berechneten durchschnittlichen Zeiten der einzelnen Schritte lassen sich auf Pflanzungen anderer Gehölze übertragen. Es kann z. B. entschieden werden, ob einzelne Schritte wegfallen, da sie nicht notwendig sind. Mögliche Pflanzzeiten, die Fachkräfte benötigen oder unter Umständen mit erfahreneren Arbeitskräften erreicht werden können, sind im Bereich der in Kapitel 3.3 berechneten durchschnittlichen Bestzeit von 15:02 min für die Pflanzung eines Apfelbaums und im Bereich von 12:35 min für die Pflanzung eines Wertholzbaums anzuordnen.

4.1.2 Pflanzung der Holundersträucher

Die durchschnittliche Pflanzzeit des Holunders für eine Person ist aufgrund der hohen Stichprobenanzahl von 17 Pflanzungen als relativ aussagekräftig zu bewerten. Ebenso die SD, die mit 16 kompletten Pflanzungen errechnet wurde. Die Daten zur Holunderpflanzung für zwei Personen sind nur begrenzt aussagekräftig, da nur vier Pflanzungen gefilmt wurden. Durch die Einfachheit der Pflanzung sind die Ergebnisse auf viele weitere Sträucher und Bäume übertragbar, die wie der Holunder, keine besonderen Schutzmaßnahmen benötigen.

4.2 Diskussion der Methodik

4.2.1 Anlage des Agroforstsystems

Die Pflanzung des Agroforstsystems GH3 fand zum Großteil mit Freiwilligen statt, von denen einige keine Erfahrungen mit dem Pflanzen von Gehölzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen hatten. Zum anderen pflanzten aber auch erfahrene Personen. Diese unterschiedlichen Leistungsgrade spiegeln sich in den Pflanzzeiten wider und erklären die hohen Standardabweichungen. Die Teilnehmenden bekamen in kürzester Zeit sehr viel Input. Sie wendeten das vermittelte Wissen zwar schnell an, dennoch kam es zu vielen Pausen während der Arbeit, in denen gewartet, überlegt oder kommuniziert wurde. Die sich jeden Tag wiederholende Einweisung war ebenfalls zeitaufwendig. Zudem musste oftmals Material geholt werden, bevor weitergearbeitet werden konnte. Die Vorbereitung der Pflanzstellen mit den Materialien gestaltete sich ebenfalls als sehr aufwendig und kostete viel Zeit. Zu bedenken ist, dass der Boden (ca. eine Spatentiefe) im gesamten Zeitraum der Pflanzung nass war (am dritten Tag regnete es vormittags während der Pflanzung). Es ist davon auszugehen, dass dies das Ausheben der Pflanzlöcher und das Einpflanzen der Gehölze sowie das Laufen auf dem Acker erschwerte. Mit trockenerem und leichterem Boden und der damit verbundenen besseren Bearbeitbarkeit sind schnellere Zeiten zu erwarten, wohingegen bei steinigem Böden, langsamere Pflanzzeiten zu erwarten sind.

4.2.2 Aufnahme und Verarbeitung der Daten

Der zeitintensivste Teil dieser Arbeit war die Aufnahme und die Verarbeitung der Daten. Besonders die Arbeit in Excel dauerte lange und war äußerst aufwändig. Dem Autor gelang es nicht die korrekte Formatierung der gemessenen Zeiten während den Berechnungen beizubehalten und es kostete viel Zeit die Ergebnisse umzuformatieren und zu runden. Durch eine einheitliche Formatierung und eine gut strukturierte Arbeitsweise hätte Zeit eingespart werden können. Durch die limitierte Aufnahmezeit der Kamera von 29:29 min entstand zusätzliche Arbeit. Eine Videokamera hätte sich dank längerer Aufnahmezeit besser geeignet. Die Vor- und Nachbereitungszeiten, die Wegzeiten sowie das Pflanzen der Pappelstecklinge und das Mulchen der Streifen wurden in dieser Arbeit nicht genauer erfasst. Sie bietet deshalb keinen allumfassenden Überblick über die Pflanzung des GH3. Besonders durch das Miteinbeziehen der Wegzeiten könnte die zeitliche Dynamik der Pflanzung realitätsgetreu dargestellt und Lohnkosten besser abgeschätzt werden. Besonders herausfordernd war die Verarbeitung der Daten, da viele der Baumpflanzungen unvollständig waren. Diese Lücken entstanden zum einen durch die Pausen der unerfahrenen Arbeitskräfte, zum anderen durch verspätete Aufnahmen der Pflanzungen. Es gestaltete sich als schwierig die perfekten Zeitpunkte und Blickwinkel abzugleichen, um möglichst quantitative und qualitative Daten zu sammeln.

4.3 Daten im Kontext des bisherigen Forschungsstandes

Die Datenlage zu Pflanzzeiten von Apfelbäumen, Werthölzern, Holundersträuchern oder vergleichbaren Gehölzen ist sehr gering, insbesondere was systematisch erhobene Daten angeht. Ähnliche Messungen sind selten oder nicht frei zugänglich. Das KTBL hat zwar eine Datenbank, in der Arbeitszeitbedarfe, Lohnkosten, und Maschinenkosten verschiedenster Gehölzpflanzungen eingetragen sind, diese sind dennoch meist mit einem erhöhten Maschineneinsatz verbunden. So wurde z. B. oft ein Erdlochbohrer verwendet, um die Pflanzlöcher für die Bäume auszuheben. Es gibt wenige bis keine vergleichbaren Daten zu Pflanzungen, die per Hand und im Rahmen der Anlage eines AFS getätigt wurden.

Die Pflanzung von Obstbäumen ist in der Regel aufwändiger als die Pflanzung von Waldbäumen. Vor allem, weil ein gutes Anwachsen ermöglicht werden soll und Material und Pflanzgut enorme Kosten mit sich bringen können, ist die Qualität der Pflanzung hier besonders wichtig. Nachpflanzungen können zu einem späteren Ertragsbeginn und so zu ökonomischen Nachteilen führen. Wie gepflanzt werden soll, ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Neben Flächenbereitstellung, Finanzierung und Projektbetreuung bei der Neuanlage von Gehölzstrukturen gibt es viele weitere generelle Hinweise, die zu beachten sind. Besonders bei Obstbäumen ist es enorm wichtig, sich mit der Wahl des richtigen Standorts und der richtigen Pflanzen, sowie zur richtigen Pflanztechnik und Folgepflege zu informieren. Unterstützung im Projekt sowie entsprechende Empfehlungen bzw. Listen der passenden Sorten erhält man meist bei regionalen Landschaftspflegeverbänden und der lokalen Obstbauberatung (DVL 2006).

Zahlreiche Merkblätter, Pflanzanleitungen und Broschüren wie z. B. des Deutschen Verbandes für Landschaftspflege „Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt“ (DVL 2006) und „Biologischer Obstbau auf Hochstämmen“ des Forschungsinstitutes für organischen Landbau (Häseli 2016) können enorm wertvoll sein und Landwirtinnen und Landwirte bei der Anlage eines Agroforst- oder ähnlichen Systems unterstützen. Das Buch „Obstbau – Produktionsverfahren planen und kalkulieren“ des KTBL (KTBL 2022) bietet ebenfalls ein großes Repertoire an wichtigen Informationen und bereits gesammelten Daten an. Zum Obstbau gibt es passend dazu eine Excel-Webanwendung in der bereits gesammelte Planungsdaten aufgezeigt werden und Daten zu Kosten, Arbeitszeitbedarf und zu den betrieblichen ökonomischen Kenngrößen betriebsindividuell zusammengestellt und kalkuliert werden können. Hierbei ist die Übertragbarkeit auf AFS nur teilweise gegeben.

5. Empfehlungen für Forschung und Praxis

Diese Arbeit kann eine Grundlage für die Entscheidung einer Landwirtin oder eines Landwirts sein, ob sie/er qualifizierte Arbeiterinnen und Arbeiter für ein AFS einstellt oder ob eine Freiwilligenaktion für sie/ihn die attraktivere Variante ist. Dabei gilt zu beachten, dass jedes AFS unterschiedlich ist und andere Material- und Pflanzkosten mit sich bringt. Die Anwesenheit einer Spezialistin oder eines Spezialisten, auch für Planung und Pflege, ist eine klare Empfehlung. Während der Datenauswertung wurde deutlich, dass oftmals zu wenig Arbeitsmaterial vorhanden war. Die Materialbereitstellung sowie die Einweisung und Schulung des Personals z. B. durch eine vorherige Bereitstellung von Schulungsmaterialien könnten den Prozess optimieren. Deshalb kann es für eine Landwirtin oder einen Landwirt durchaus lohnenswert sein, beispielsweise eine Pfahlrinne und einen Spaten mehr zu kaufen, falls Lohnkosten auf sie/ihn zukommen. Die Pflanzung im Zweierteam ist in diesem Fall nicht zu empfehlen.

In dieser Studie sind die verschiedenen Leistungsgrade der pflanzenden Personen nicht einheitlich definiert. Erfahrenere und unerfahrenere Arbeitskräfte können zwar unterschieden werden und spiegeln sich in den Ergebnissen wider, dennoch bleibt dies eine grobe Einschätzung und Beobachtung. Lohnenswert könnten weitere Untersuchungen zu Pflanzzeiten mit qualifiziertem Personal sein. Im Allgemeinen besteht Bedarf mehr Daten zu sammeln und verschiedene Agroforstszenarien und die damit verbundenen Kosten zu beleuchten. So könnte es interessant sein, die Pflanzung verschiedener Bäume mit unterschiedlichen Pflanzpraktiken zu erproben und effiziente Lösungen zu finden. Es gilt, solche Systeme auch langfristig zu begleiten und zu untersuchen. Das Buch „Arbeitswirtschaft in der Landwirtschaft“ des KTBL ist für Datenerhebungen dieser Art eine deutliche Empfehlung. Es konnte für diese Arbeit einen guten Einblick in die Arbeitsweise in der Landwirtschaft bieten und die Dimensionen der Datenerhebung aufzeigen.

6. Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Arbeit die Unterschiede zwischen Pflanzungen verschiedener Leistungsgrade verdeutlicht. Die Pflanzzeiten für eine Person sind hierbei auf die Arbeit mit erfahrenen Arbeitskräften übertragbar, während die Pflanzzeiten für zwei Personen eine Pflanzung mit Freiwilligen widerspiegelt. Bei ersterem können Faktoren wie Lohnkosten und Arbeitszeit maßgeblich für die Anlage eines Agroforstsystems sein, während bei einer Pflanzaktion mit Freiwilligen Spaß, gemeinsame Vernetzung und das Erlernen von landwirtschaftlichen Vorgängen im Vordergrund stehen können. In beiden beleuchteten Rahmen bietet diese Arbeit wertvolle Daten, um zeitliche Dynamiken und monetäre Kosten einzuschätzen.

Die Freiwilligenarbeit kann als ganzheitliche Alternative für zukünftige Projekte gesehen werden, da sie Landwirtschaft und Bildung vernetzt und Raum für Gemeinschaft bietet. In diesem Rahmen können die Daten eine Grundlage für Pflanzaktionen an Schulen und Universitäten, aber auch für lokale Projekte in Gemeinden sein. Die praktische Auseinandersetzung mit nachhaltiger Landwirtschaft kann die Menschen für Probleme wie Klimawandel, Artensterben, gesunde Ernährung etc. sensibilisieren und so einen Beitrag für die Zukunft leisten.

Durch diese Arbeit wird ebenfalls deutlich, dass die Qualität der Pflanzung von Obstbäumen entscheidend ist und dementsprechend arbeits- und kostenintensive Maßnahmen getroffen werden sollten. Insbesondere die Anpassung an die jeweiligen Standortbedingungen und die damit verbundene Arten- bzw. Sortenwahl werden als wichtig erachtet. Weitere systematisch angelegte Untersuchungen zu Obstbaumpflanzungen sowie zu anderen Gehölzpflanzungen in AFS sind wünschenswert und könnten bisher ungenutzte landwirtschaftliche Potentiale aufzeigen.

7. Literaturverzeichnis

Altenhöfer, A. (2018): Anleitung „Baum anbinden“. Zuletzt abgerufen am 04.04.2023 von <https://www.youtube.com/watch?v=Si5KMNI6bXI>.

Böhm, C. (2022): Themenblatt Nr. 3: Agroforstsysteme in der GAP ab 2023 - ein Überblick. Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V.

Bender, B. Chalmin, A. Reeg, T. Konold, W. Mastel, K. Spieker, H. (2009): Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern, Leitfaden für die Praxis. Universität Freiburg.

BMBF (2019): Referat Globaler Wandel - Klima, Biodiversität. Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt, Bonn.

Bukhovets, M. Hiß, J. Schroers, O. (2022): Die Lohnansätze des KTBL. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.

Ceballos, G. Ehrlich, P. Barnosky, A. García, A. Pringle, R. und Palmer, T. (2015): Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>.

Chalmin, A. und Mastel, K. (2008): Moderne Agroforstsysteme in Deutschland – Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Agroforstsystemen, agroforst - Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung - Teilprojekt Landwirtschaft. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.

Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL) e.V. (2006): Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt – DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“, Heft 9.

Eisert, J. (2023): Gladbacherhof. Justus-Liebig-Universität Gießen. Zuletzt abgerufen am 11.04.2023 von https://www.uni-giessen.de/de/fbz/fb09/forschung/lehreinrichtungen/Standorte_neu/gh.

Golicz, K, Ghazaryan, G. Niether, W. Wartenberg, A. Breuer, L. Gattinger, A. Jacobs, S. Kleinebecker, T. Weckenbrock, P. und Große-Stoltenberg, A. (2021): The Role of Small Woody Landscape Features and Agroforestry Systems for National Carbon Budgeting in Germany. *Land* 2021. <https://doi.org/10.3390/land10101028>.

Günzel, J. (2021): Verpasste Gelegenheit im Bundesrat: Möglichkeit für eine wirksame Agroforst-Förderung nicht ausgeschöpft. *Agroforst (blog)*. Zuletzt abgerufen am 03.04.2023 von <https://agroforst-info.de/2021-12-19/>.

Häseli, A. Weibel, F. (2016): Biologischer Obstbau auf Hochstammbäumen - Produktion und Biodiversität erfolgreich Kombinieren. Forschungsinstitut für organischen Landbau (FiBL).

IPCC (2020): Summary for Policymakers. In P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, R. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Krummenacher, J. Maier, B. Huber, F. und Weibel, F. (2008): Ökonomisches und ökologisches Potenzial der Agroforstwirtschaft. AGRARForschung. S. 132-137. Naturschutzbund Deutschland (NABU), Stuttgart. Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick.

Nair, P. K. R. (1993): An Introduction to Agroforestry. Springer Science & Business Media.

Nair, P. K. R. (1985): Classification of Agroforestry Systems. International Council for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenia.

Schaller, M. Weigel, H. und Schrader, S. (2007): Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. Landbauforschung Völkenrode. Special Issue 316. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig.

Schulz, F. Brock, C. Schmidt, H. Franz, K. und Leithold, G. (2014): Development of Soil Organic Matter Stocks under Different Farm Types and Tillage Systems in the Organic Arable Farming Experiment Gladbacherhof. Archives of Agronomy and Soil Science 60 (3): 313–26. <https://doi.org/10.1080/03650340.2013.794935>.

Tsonkova, P. Böhm, C. (2020): CO₂-Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz. Innovationsgruppe "AUFWERTEN" Loseblatt #06.

Torralba, M, Fagerholm, N. Burgess, P. Moreno, G. und Plieninger, T. (2016): Do European Agroforestry Systems Enhance Biodiversity and Ecosystem Services? A Meta-Analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 230: 150–61. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.

Udawatta, R. Kremer, R. Adamson, B. und Anderson, S. (2008): Variations in Soil Aggregate Stability and Enzyme Activities in a Temperate Agroforestry Practice. Applied Soil Ecology 39 (2): 153–60. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.12.002>.

Weckenbrock, P. (2022): Anleitung zur Apfelbaum-Pflanzung im Agroforst, Zuletzt zugegriffen am 04.04.2023, <https://www.youtube.com/watch?v=nv77q4PyHM4>.

Weckenbrock, P. (2023): Persönliches Gespräch, geführt am 22.06.2023

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Pflanzloch Apfelbaum	VI
Abb. 2: Wühlmausdraht und Pfahl mit Pfahlramme.....	VI
Abb. 3: Apfelbaum ist eingepflanzt	VII
Abb. 4: Baumschutz befestigen	VII
Abb. 5: Wühlmausdraht befestigen	VII
Abb. 6: Bewässerungsrand.....	VIII
Abb. 7: Anbinden eines Apfelbaums	VIII
Abb. 8: Erfassung der Daten in Excel (Schritt 1, Gehölzart, Anzahl Personen).....	IX
Abb. 9: Erfassung der Daten in Excel (Schritt 7, Quelle, Erkennungsmerkmal)	IX
Abb. 10: Datenauswertung in Excel (Baumpflanzung für zwei Personen) (mm:ss).	X

Anleitung zur Pflanzung eines Apfelbaums

Die Apfel- und Wertholzbäume des Agrofrostsystems GH3 wurden nach der vorliegenden Anleitung gepflanzt. Die Pflanzung der Wertholzbäume ist bis auf das Entfallen der Schritte ‚Pfahl befestigen‘ und ‚Baum anbinden‘ identisch.

Materialien

Pflanzgut, Messeinheit für das Abmessen des Lochs (25 cm/50 cm), Spaten, Schaufel, 2 Plastikmulden ca. 100 l), verzinkter Wühlmausdraht, Holzpfahl, Pfahlramme, Baumschutz, Akazienstab, Hammer, Kokosstrick.

Schritt 1 ‚Pflanzloch ausheben‘

Zuallererst wird ein Pflanzloch mit 25 cm Radius ausgemessen. Die erste Spatentiefe (Oberboden) wird in eine Mulde gegeben. Die zweite Spatentiefe (Unterboden) kommt in eine zweite Mulde. Falls nötig, kann die Erde mit dem Spaten aufgelockert werden. Die Ränder des Pflanzlochs sollen gerade nach unten gehen. Besonders bei schweren Böden kann es am Rand zu einer Verschlämmung kommen. Um dem entgegenzuwirken können die Ränder des Lochs mit der Kante des Spatens aufgebrochen werden. So kann auch mit dem Boden verfahren werden. Der Baum kann dadurch einfacher anwurzeln. Das Loch ist fertig, wenn es ca. 50 cm tief ist und einen Radius von 25 cm hat. Hierbei kann immer wieder mit einem Maßstab nachgemessen werden (Abb. 1).



Abb. 1: Pflanzloch Apfelbaum (Quelle: eigene Aufnahme, Sept. 2022)

Schritt 2 ‚Draht einsetzen‘

Der Draht wird an der längeren Seite eingerollt und dicht anliegend in das Loch gesetzt. In unserem Fall lassen wir die Wühlmausdrähte unten offen, so dass ein Eindringen von Mäusen in den oberen 50 cm des Bodens verhindert, aber die Bildung von tiefreichenden Wurzeln nicht behindert wird (Abb. 2).



Abb. 2: Wühlmausdraht und Pfahl mit Pfahlramme (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

Schritt 3 ‚Pfahl befestigen‘

Der Pfahl wird in Hauptwindrichtung eingesetzt und möglichst gerade mit der Pfahlramme im Boden befestigt (Abb. 2).

Schritt 4 ,Baum einpflanzen‘

Zuerst werden zwei bis drei Schaufeln feiner Unterboden in das Loch gegeben. Die Veredelungsstelle soll später 15-20 cm über dem Boden liegen (Pflanzmarkierung beachten). Eine weitere Person hält den Baum gerade, mittig und etwas tiefer in das Pflanzloch. Nach und nach wird weiterer Unterboden dazugegeben. Dabei muss darauf geachtet werden, den Baum nicht zu beschädigen. Anschließend kann der Baum wieder etwas nach oben gezogen werden. Dabei richten sich die Wurzeln nach unten. Der Baum soll ca. eine Faust breit vom Pfahl entfernt sein. Der Oberboden wird nun dazugegeben und anschließend angedrückt. Für das Bedecken des Drahtes mit Erde und für den Bewässerungsrand soll aber noch genug Oberboden vorhanden sein (Abb. 3).



Abb. 3: Apfelbaum ist eingepflanzt (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

Schritt 5 ,Baumschutz anbringen‘

Der Baumschutz wird mittig um den Baum herum angebracht und mit dem Akazienstab und dem Hammer befestigt (Abb. 4).



Abb. 4: Baumschutz befestigen (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

Schritt 6 ,Draht umschließen‘

Der Draht wird um Pfahl und Baumschutz dicht anliegend befestigt und fest angedrückt. Es muss darauf geachtet werden, dass es keine Eintrittslöcher für Mäuse gibt (Abb. 5).



Abb. 5: Wühlmausdraht befestigen (Quelle: eigene Aufnahme, Nov. 2022)

Schritt 7 ,Mit Erde bedecken und Bewässerungsrand er- richten‘

Der restliche Oberboden wird nun auf dem Draht verteilt und ange-
drückt. In Hanglage wird halbkreisartig ein Bewässerungsrand er-
richtet (Abb. 6).



Abb. 6: Bewässerungs-
rand (Quelle: eigene
Aufnahme, Nov. 2022)

Schritt 8 ,Anbinden‘

Der Baum wird mit dem Kokosstrick am Pfosten befestigt
(Abb. 7).



Abb. 7: Anbinden eines Apfel-
baums (Quelle: eigene Aufnahme,
Nov. 2022)

Beispieldarstellung der Arbeit in Excel

In Abbildung 8 und 9 ist die Aufnahme der Daten in Excel anhand der Arbeitsschritte 1 und 7 beispielhaft dargestellt. Die Kennzeichnung der Gehölzart, die Anzahl der beteiligten Personen (Abb. 8) und die Videoquelle und das Erkennungsmerkmal (Abb. 9) sind ebenfalls zu sehen.

Arbeitsschritt 1: Pflanzloch ausheben								
Gehölz [A,W,H,H]	Anzahl Personen	(Anfangs/Endzeit)	Anfangszeit (Uhrzeit)	Endzeit (Uhrzeit)	Differenz (in mm:ss)	Pausenzeit (falls relevant, in Sekunden)	Rüstzeit (falls relevant, in Sekunden)	Differenz in Sekunden
A	2	(00:00-04:42)	00:00	04:42	04:42	00:00		
A	2							
A	1							
A	1	(16:42-28:25)	16:42	28:25	11:43	00:00		
A	1							
A	2							
A	2	(00:39-12:08)	00:39	12:08	11:29	00:27		
A	2	(03:14-10:35)	03:14	10:35	07:21	00:00		
A	2	(00:02-20:00)	00:02	20:00	19:58	00:00		
A	2	(00:00-14:16)	00:00	14:16	14:16	00:00		
A	2	(01:03-16:54)	01:03	16:54	15:51	00:00		
A	2							
A	2							
A	2							
A	2							
A	2	(00:00-06:16)	00:00	06:16	06:16	00:00		
A	2							
A	2	(03:35-18:11)	03:35	18:11	14:36	00:00		
A	2	(15:54-29:07)	15:54	29:07	13:13	00:00		
A	2							
A	2	(00:27-18:38)	00:27	18:38	18:11	00:00		
A	2	(00:52-23:00)	00:52	23:00	22:08	00:00		
A	2	(02:20-18:00)	02:20	18:00	15:40	00:00		
A	2	(02:41-13:55)	02:41	13:55	11:14	00:00		
A	2	(02:43-22:08)	02:43	22:08	19:25	00:00		

Abb. 8: Erfassung der Daten in Excel (Schritt 1, Gehölzart, Anzahl Personen) (mm:ss)
(Quelle: eigene Darstellung)

Arbeitsschritt 7: Mit Erde bedecken und Bewässerungsrand anlegen							Quelle (Video)	Erkennungsmerkmal
(Anfangs/Endzeit)	Anfangszeit (Uhrzeit)	Endzeit (Uhrzeit)	Differenz (in mm:ss)	Pausenzeit (falls relevant, in)	Rüstzeit (falls relevant, in)	Differenz in Sekunden		
(13:20-15:38)	13:20	15:38	02:18			2:10		2 Männer, rechts im Bild
(22:20-24:55)	22:20	24:55	02:35			1:13		blaue Jacke, orange Stirnband
(27:16-28:28)	27:16	28:28	01:12			1:15		rote Hose
(12:40-14:11)	12:40	14:11	01:31			1:16 + 1:17		gelbe gummiestiefel
						1:18		gelbe gummiestiefel
(03:08-05:50)	03:08	05:50	02:42			2:1+2:2		Jacken Braun und schwarz
(28:05-29:48)	28:05	29:48	01:43			2:3		"
(23:05-24:38)	23:05	24:38	01:33			2:3		links im Bild
						2:5 + 2:6		links im Bild
(01:50-07:03)	01:50	07:03	05:13			2:5 + 2:6		mittig im Bild
(09:17-12:25)	09:17	12:25	03:08			2:5 + 2:6		rechtsmittig im Bild
(04:05-07:18)	04:05	07:18	03:13			2:5 + 2:6		ganz Rechts im Bild
(22:30-25:13)	22:30	25:13	02:43			2:7		links im Bild
(19:43-21:09)	19:43	21:09	01:26			2:7		mittig im Bild
						2:7		rechts im bild
(18:44-21:05)	18:44	21:05	02:21			2:8		links im Bild
(11:28-14:15)	11:28	14:15	02:47			2:8 + 2:9		erst mittig dann links im Bild
(05:35-09:22)	05:35	09:22	03:47			2:8 + 2:9		erst zweite von rechts dann mittig im Bil
						2:8 + 2:9		erst ganz rechts dann dritte von rechts
						2:10		mittig im Bild, 2 Frauen
(13:48-17:02)	13:48	17:02	03:14			3:1+3:2		rechts im bild
(15:24-24:20)	15:24	24:20	08:56			3:1+3:2		mittig im Bild, 2 Frauen
(10:26-16:32)	10:26	16:32	06:06			3:1+3:2		2. von links im Bild
(05:30-08:44)	05:30	08:44	03:14			3:1+3:2		ganz links im bild
						3:3 + 3:4		mittig im Bild, 2 frauen
(13:18-15:38)	13:18	15:38	02:20			3:5		2 blaue Jacken
(25:36-29:36)	25:36	29:36	04:00			3:5		links im Bild, eine blaue Jacke
(03:09-05:28)	03:09	05:28	02:19			3:7+3:8		links im Bild
(07:27-09:46)	07:27	09:46	02:19			3:7		mittig im Bild
(07:23-10:50)	07:23	10:50	03:27			3:7 + 3:8 + 3:9		erst rechts, dann ganz links im Bild
(06:32-08:05)	06:32	08:05	01:33			3:8 + 3:9		2 blaue Jacken

Abb. 9: Erfassung der Daten in Excel (Schritt 7, Quelle, Erkennungsmerkmal) (mm:ss)
(Quelle: eigene Darstellung)

In Abbildung 10 ist die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen in Excel der Baumpflanzungen für zwei Personen dargestellt.

2 Personen	Loch graben	Draht einsetzen	Pfahl befestigen	Baum einpflanzen	Baumstütz anbringen	Draht befestigen	Bevestigungsrand	Anbinden	Gesamt
	04:42	00:39	00:35	02:49	03:58	00:37	02:18	02:20	
		02:15	01:15	04:10	03:05	02:05	02:35	02:20	
		00:18	01:22	12:02	08:19	01:22	02:42	02:20	
	11:29	01:40	02:11	07:09	03:47	00:43	01:43	02:20	
	07:21	00:31	01:24	06:06	01:53	02:36	01:33	02:20	
	19:58	01:20	02:19	12:54	05:00	01:20		02:20	
	14:16	01:29	03:11	08:54	02:30	01:30	05:13	02:20	
	15:51	03:17	01:37	09:27	06:59	01:03	03:08	02:20	
		01:53	03:02	07:33	07:09	00:33	03:13	02:20	
		01:15	03:03	04:50	07:24	01:25	02:43	02:20	
			00:45	07:05	07:07	00:31	01:26	02:20	
		01:44	03:00					02:20	
	06:16	00:29	01:13	04:11	05:47	00:46	02:21	02:20	
		00:48	02:27	17:52	04:25	01:03	02:47	02:20	
	14:36	01:38	00:30	06:31		00:47	03:47	02:20	
	13:13	01:38	01:21					02:20	
			01:00					02:20	
	18:11	02:47	02:38	09:33	07:40	02:32	03:14	02:20	
	22:08	01:20	02:45	08:42	07:53	01:18	08:56	02:20	
	15:40	00:57	02:13	15:09	03:06	00:50	06:06	02:20	
	11:14	01:08	04:02	10:40	04:22	01:23	03:14	02:20	
	19:25	00:52	02:54	15:06	04:19	01:37		02:20	
			01:15	06:23	03:26	01:49	02:20	02:20	
		00:51	01:01	07:46	03:29	00:42	04:00	02:20	
	15:27	00:44	01:20	05:55		01:00	03:27	02:20	
		02:20	02:28	08:42		00:39	01:33	02:20	
	09:38	01:01	01:03	04:40	03:37	00:23	02:58	02:20	
Mittelwert	13:42	01:22	01:55	08:30	05:00	01:11	03:14	02:20	Gesamt
	13:43	01:22	01:55	08:30	05:01	01:12	03:14	02:20	37:17
STABW	05:02	00:44	00:56	03:50	01:59	00:36	01:41	00:39	
	05:02	00:45	00:57	03:50	02:00	00:37	01:42	00:39	

Abb. 10: Datenauswertung in Excel (Baumpflanzung für zwei Personen) (mm:ss)

(Quelle: eigene Darstellung)

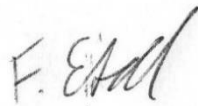
Danksagung

Ein besonderer Dank gilt Anja Chalmin, die die Arbeit mitbetreute und besonders bei der Ausarbeitung der Methodik wertvolle Anregungen gab und professionelle Unterstützung leistete. Ebenso bedanke ich mich bei Dr. Philipp Weckenbrock, der die Arbeit stets kompetent betreute. Für diese hilfreiche und konstruktive Kritik bin ich ihnen außerordentlich verbunden.

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Ich habe die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich stimme zu, dass die vorliegende Arbeit mit einer Anti-Plagiatssoftware überprüft werden darf.

Wehrheim, 20.07.2023 Ort, Datum

Handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. E. Ad'.

_____ Eigenhändige Unterschrift

