



True Cost Accounting Studie: Vergleich Pferdeeinsatz und Traktoreinsatz Am Beispiel des Kartoffelanbaus auf Hof Pente

August 2020

Gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Niedersachsen, Programmgebiet Stärker entwickelte Regionen (SER). Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Aufwertung des niedersächsischen Natur- und Kulturerbes sowie für die Sicherung der biologischen Vielfalt. Abgewickelt über die Niedersachsen Bank.



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Kunde	Gemeinschaftsstiftung Hof Pente
Titel	True Cost Accounting Studie: Vergleich Pferde- einsatz und Traktoreinsatz
Autor	Gyde Wollesen gyde.wollesen@soilandmore.com Rebecka Oellermann rebecka.oellermann@soilandmore.com
Datum	27. August 2020
Copyright	Vervielfältigungen dieses Berichts sind nur im Rahmen der getroffenen Vereinbarungen oder schriftlicher Genehmigung von Soil & More Im- pacts bzw. Kunde gestattet.
Haftungsausschluss	Weder Soil & More Impacts noch seine Partner haften für direkte oder indirekte Verluste oder an- dere Schäden, die in Zusammenhang mit dieser vorliegenden Studie entstehen.
Kontaktadresse	Soil & More Impacts GmbH Buttstraße 3 22767 Hamburg www.soilandmore.com

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	HOFPROFIL.....	1
1.2	TRUE COST ACCOUNTING (TCA).....	1
2	Methodik	2
2.1	TCA ANSATZ	2
2.2	SYSTEMGRENZEN UND ANGESTREBTE RESULTATE.....	2
2.3	DATENGRUNDLAGE UND -QUALITÄT	4
3	Ergebnisse	4
3.1	QUANTITATIVE INDIKATOREN	4
3.1.1	TREIBHAUSGASEMISSIONEN	5
3.1.2	WASSERVERBRAUCH.....	5
3.1.3	WASSERVERSCHMUTZUNG	6
3.1.4	GESUNDHEITSKOSTEN DURCH FEINSTAUB.....	6
3.2	QUALITATIVE INDIKATOREN	7
3.2.1	BODENSTRUKTUR.....	7
3.2.2	BIODIVERSITÄT	8
4	Fazit	9
5	Literatur	10
6	Annex – Datenherkunft	11

GLOSSAR

CFT – Cool Farm Tool

CO₂ - Kohlenstoffdioxid

CO₂e – Kohlenstoffdioxidäquivalent

CH₄ – Methan

GWP – Erderwärmungspotenzial

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

N₂O – Lachgas

SMI – Soil & More Impacts

TCA – True Cost Accounting

THG – Treibhausgas

UBA - Umweltbundesamt

1 Einleitung

Trotz einer wesentlich niedrigeren Arbeitsproduktivität des Pferdes existieren zahlreiche Aspekte, die positivere Auswirkungen auf die Umwelt haben als der Einsatz von Traktoren in der Landwirtschaft. So verbraucht ein Pferd direkt keine fossilen Treib- und Schmierstoffe und trägt zudem zu einer bodenschonenden Produktion bei. Dies sind zwei wesentliche Aspekte vor dem Hintergrund eines stetig zunehmenden Verbrauchs fossiler Energieträger und einer wachsenden Verdichtung der Böden (UBA 2015). Der Einsatz von Pferdearbeit kann die landwirtschaftliche Produktion wesentlich energieautarker gestalten und somit einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz darstellen. Daneben gibt es weitere Vorteile wie den Schutz von Fauna und Flora sowie die Vermeidung von Emissionen und Lärm.

Pferde sind sozusagen eine regenerative Energiequelle, denn sie setzen Sonnenenergie - in gewandelter Form als Pflanzen (Gras, Heu, Stroh) vorliegend - in Arbeit um. Es entsteht ein innerbetrieblicher Kreislauf: der „Treibstoff“, das Futter, wird innerbetrieblich produziert, verwertet durch das Pferd und umgesetzt in Arbeit, und der Pferdemist wird innerbetrieblich ausgebracht.

Um den Mehrwert für eine naturschutzgerechte Produktion durch den Einsatz von Pferden darzustellen, soll in dieser Studie ein Vergleich vom Einsatz von Pferden und Traktoren am Beispiel des Kartoffelanbaus gezogen werden. Es wird eine vergleichende Gesamtkostenanalyse basierend auf dem True Cost Account Ansatz und in Anlehnung an das Natural Capital Protocol angefertigt, welche die Auswirkungen auf Boden, Klima, Feinstaub, Biodiversität sowie Wasser berücksichtigt und diese Auswirkungen auf das Naturkapital monetarisiert. Die Studie basiert auf einer Datenerhebung auf dem Hof Pente, Niedersachsen, sowie auf Recherchen von wissenschaftlichen und öffentlich verfügbaren Daten.

1.1 Hofprofil

Der Hof Pente bei Bramsche, Niedersachsen, bewirtschaftet 56 ha nach biodynamischen Richtlinien. Der langjährig existierende Biohof wird vielfältig bewirtschaftet: 5 ha Gartenbau, 35 ha Ackerbau, 5 ha Weide, Streuobstwiesen, 10 ha Waldbau, Bienenhaltung, Mutterkuhhaltung, 40 Bunte Bentheimer Schweine, 349 Hühner, zwei Arbeitspferde. Zum Hof gehört zudem die Freie Hofschule Pente und der Waldkindergarten Hof Pente. Alle Erzeugnisse des Hofes werden über die Solidarische Landwirtschaft (Solawi) mit 350 Mitgliedern vermarktet.

1.2 True Cost Accounting (TCA)

Die vollständigen Kosten für Lebensmittel fließen derzeit nicht in den Marktpreis ein. Denn die Auswirkungen der Produktion auf die Umwelt, die zurzeit die Allgemeinheit bezahlt, werden nicht einberechnet. Umweltschäden finden aktuell keinen Eingang in den Lebensmittelpreis. Stattdessen fallen sie der Allgemeinheit und künftigen Generationen zur Last. Der Ansatz des True Cost Accountings will jedoch sogenannte Naturkapitalrisiken einpreisen. Somit ergibt sich eine Unterscheidung von Marktpreis und „wahrem“ Preis, der die Umweltfolgekosten, die durch die landwirtschaftliche Produktion (Landnutzungsänderung, Minderung der Biodiversität, Erosion etc.) entstehen, einpreist.

2 Methodik

2.1 TCA Ansatz

Die Gesamtkostenrechnung wurde auf Grundlage der Richtlinien des Natural Capital Protocols und der von EY und SMI gemeinsam entwickelten TCA-Methode für Agrarbetriebe durchgeführt.

Ziel der Gesamtkostenrechnung ist die Bilanzierung der Auswirkungen unterschiedlicher Praktiken in der Landwirtschaft auf Gesellschaft und Umwelt. Indem das Ergebnis der Bilanzierung als externe Gesamtkosten in einem Geldbetrag ausgedrückt wird, sollen diese auch für den wirtschaftlichen Diskurs greifbar gemacht werden. Die Zuschreibung von Geldwerten basiert dabei größtenteils auf Annäherungen und sollte daher ausschließlich als richtungsweisende Zahl interpretiert werden.

Bei der Auswahl der Treiber von Umweltauswirkungen bzw. Indikatoren war die Qualität der verfügbaren TCA- Modelle ausschlaggebend. Zusätzlich wurden nur Treiber berücksichtigt, bei denen eine unterschiedliche Ausprägungen durch den Vergleich Pferdearbeit und Traktoreinsatz zu erwarten war. Indikatoren wie bspw. Bodenerosion und Bodenaufbau wurden daher nicht berücksichtigt.

Untersuchte Indikatoren sind in folgender Grafik dargestellt.



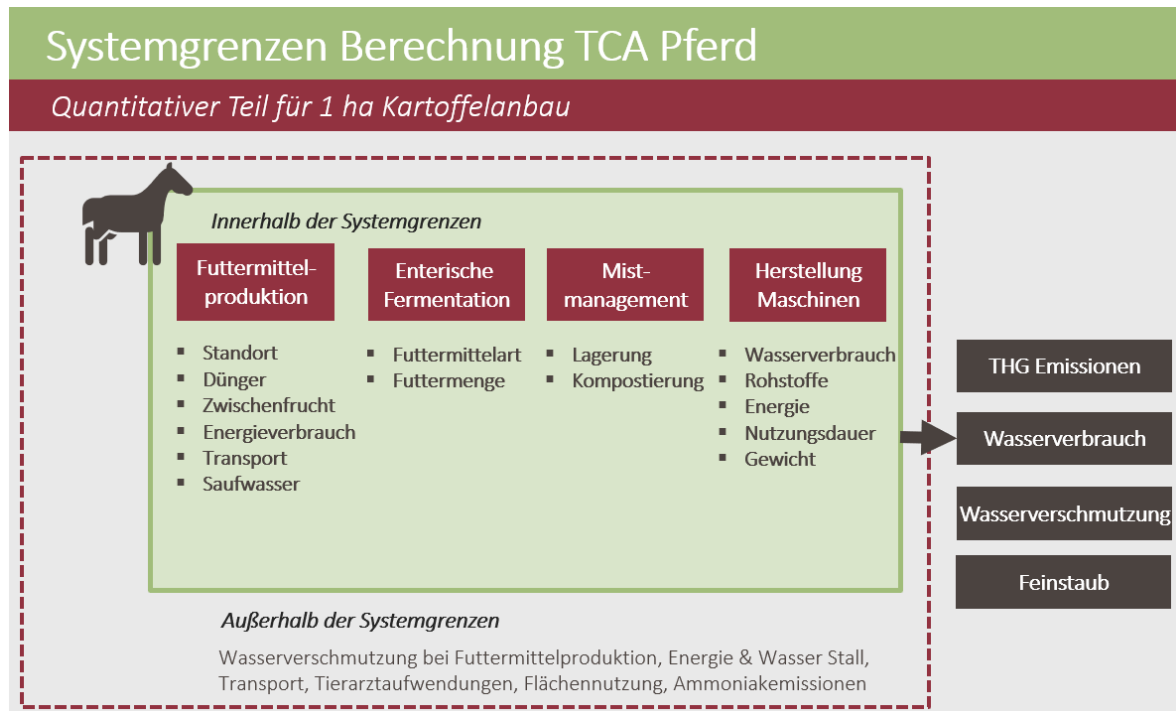
2.2 Systemgrenzen und angestrebte Resultate

Bei der Betrachtung der energetischen Aspekte landwirtschaftlicher Feldarbeit gibt es zwei Ebenen:

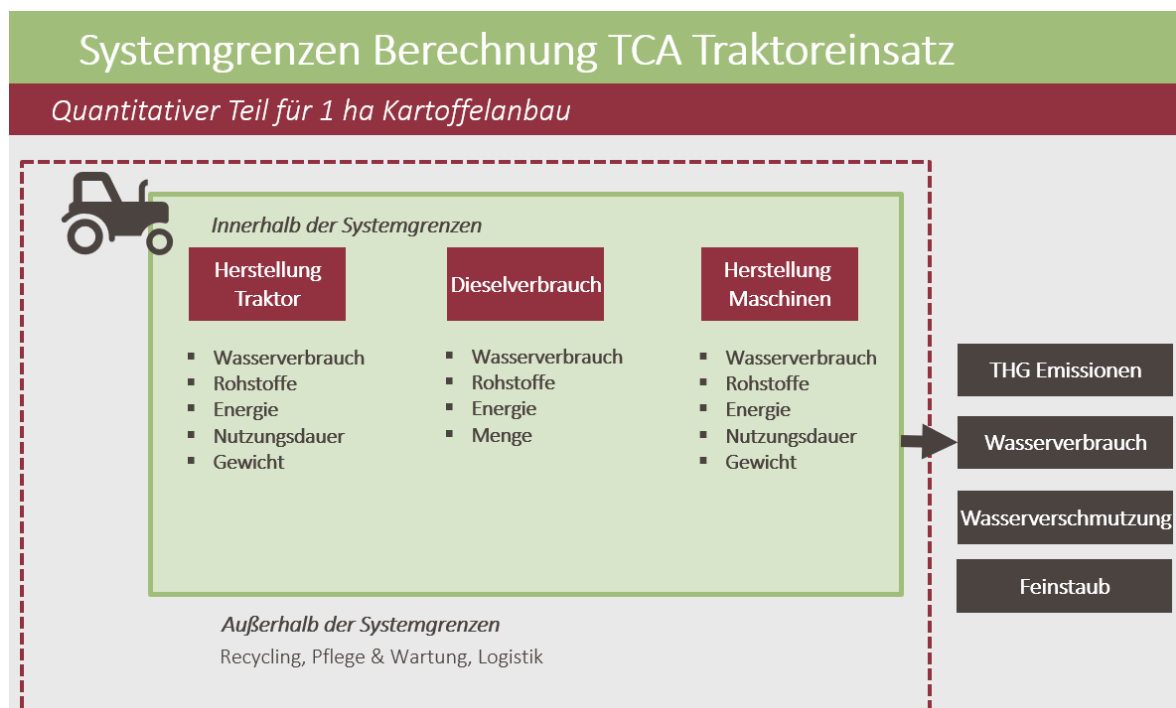
- die zur Herstellung der eingesetzten Zugkraftquelle (Pferd oder Traktor) sowie für Maschinen und Geräte benötigte Energie und
- die für die Durchführung der betrachteten Arbeit notwendige Zugkraftenergie.

Die Systemgrenzen beim Pferd wurden wie folgt festgelegt: Es wurde der Lebenszyklus eines durchschnittlichen Pferds betrachtet, welches 24 Jahre alt wird und ab dem 3. Lebensjahr als Arbeitspferd eingesetzt wird. Bei der Berechnung der Umweltkosten durch Treibhausgasmissionen, Wasserverbrauch, -verschmutzung und Feinstaub wurde die Futtermittelproduktion, die enterische

Fermentation (Gasbildung bei der Verdauung), Mistmanagement und die Herstellung der Maschinen berücksichtigt. Exkludiert wurde die Wasserverschmutzung bei der Futtermittelproduktion, Energie und Wasser für den Stall, Transporte, sowie Tierarztaufwendungen.



Die Systemgrenzen beim Traktor wurden wie folgt festgelegt: Es wurde der Lebenszyklus eines Traktors betrachtet, welcher eine Laufzeit von 12 Jahren hat. Bei der Berechnung der Umweltkosten durch Treibhausgasmissionen, Wasserverbrauch, -verschmutzung und Feinstaub wurde die Herstellung des Traktors, die Herstellung und der Verbrauch des Diesels sowie die Herstellung der Maschinen berücksichtigt. Exkludiert sind das Recycling sowie Pflege, Wartung und die Logistik in der Lieferkette.



Um die Faktoren beim Pferd und beim Traktor angesichts einer stark voneinander abweichenden Produktivität vergleichbar zu machen, wurden die Berechnungen am Beispiel des Anbaus eines Hektars Kartoffeln gemacht. Somit ist die funktionelle Einheit 1 ha Kartoffelanbau.

2.3 Datengrundlage und -qualität

Bei der Berechnung der Pferdearbeit wurde hauptsächlich auf Primärdaten, bereitgestellt von Hof Pente, zurückgegriffen. Für die Kalkulation des Traktoreinsatzes konnten wissenschaftlich geprüfte Datensätze und Berechnungen aus dem Feld der Life Cycle Analysis (LCA) herangezogen werden. Eine Tabelle über die Datenherkunft ist im Kapitel 6 Annex abgebildet. Die Datensätze und auch Berechnungsmodelle haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern nähern sich durch Durchschnittswerte und Annahmen der Realität an. Es wurde hierbei nur mit öffentlich zugänglichen Daten gearbeitet.

3 Ergebnisse

3.1 Quantitative Indikatoren

Für das TCA ergaben sich folgende Ergebnisse:

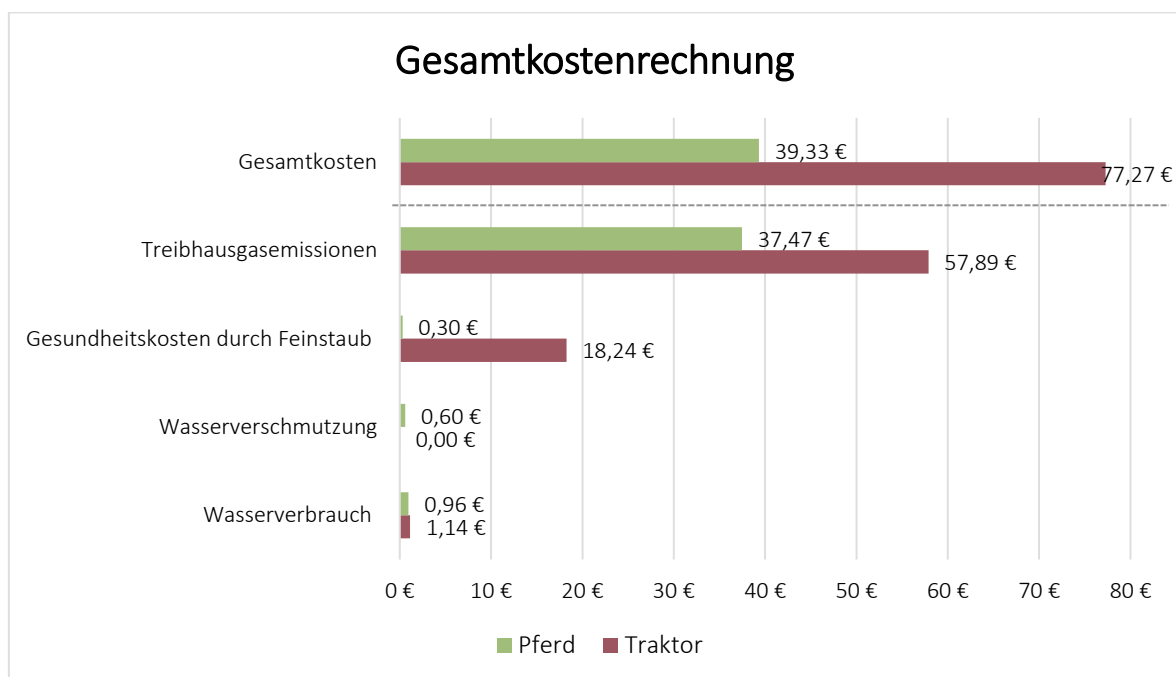


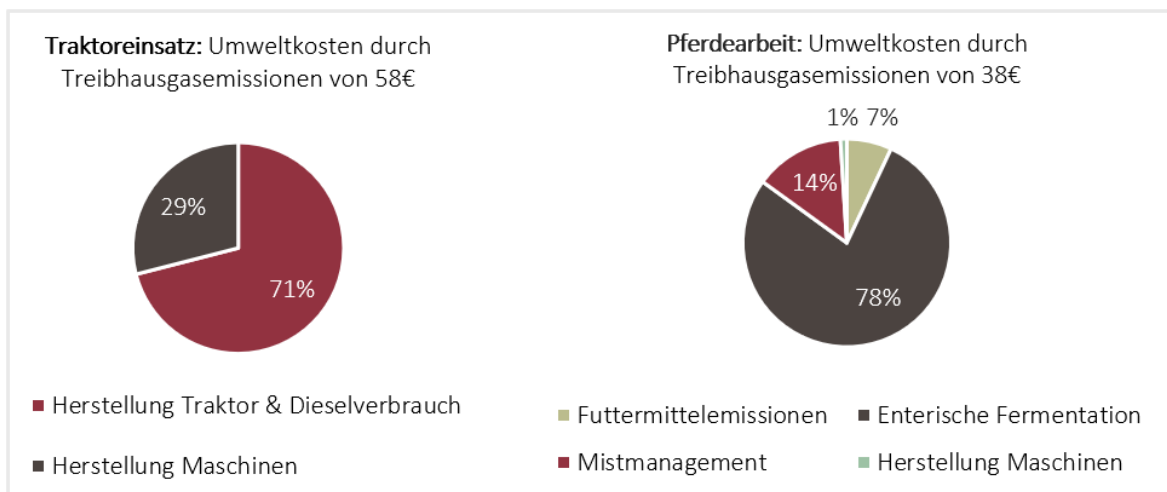
Abbildung 1 Gesamtkostenrechnung Pferd vs. Maschine (€).

Der Einsatz von Maschinen als auch von Pferden verursacht externe Kosten. Die externen Gesamtkosten für die Arbeit mit Pferden sind dabei jedoch nur in etwa halb so hoch wie die externen Kosten für den Maschineneinsatz. Der Großteil der externen Kosten entsteht durch die Freisetzung von Treibhausgasen. Außerdem fällt die Feinstaubbelastung durch die Herstellung und Nutzung des Traktors deutlich ins Gewicht.

3.1.1 Treibhausgasemissionen

In der landwirtschaftlichen Produktion fallen drei wesentliche Treibhausgasarten an: Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas. Der allgemeinen Bilanzierungskonvention folgend werden in diesem Bericht die landwirtschaftlichen Emissionsquellen mithilfe der Referenzeinheit CO₂e dargestellt. Die Berechnung der landwirtschaftlichen Produktion erfolgte mit Hilfe des *Cool Farm Tool*. Das Tool ist ein vielverwendeter Ansatz in der internationalen Land- und Ernährungswirtschaft zur CO₂-Bilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe und Produkte. Die errechneten Treibhausgasemissionen wurden multipliziert mit dem Monetarisierungsfaktor der FAO (98€/t CO₂e).

Beim Pferd ist vor allem die enterische Fermentation verantwortlich für die Treibhausgasemissionen, da durch die Verdauung Methan freigesetzt wird, welches ein 25-mal höheres Erderwärmungspotenzial als CO₂ hat. Die Futtermittelemissionen sind relativ gering, da durch den Anbau von Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge des Dinkelstrohs Kohlenstoff im Boden gebunden wird, welcher die Produktionsemissionen (z.B. Futterernte mit Maschinen, Bodenemissionen durch Düngung, Ernterestmanagement, Transport) teilweise aufwiegt. Besonders hervorstechend sind die Emissionen durch die Herstellung der Zugmaschinen: Die Emissionen durch die Herstellung der Zugpferdemaschinen ist wesentlich geringer durch ihr geringeres Gewicht und eine längere Nutzungsdauer.

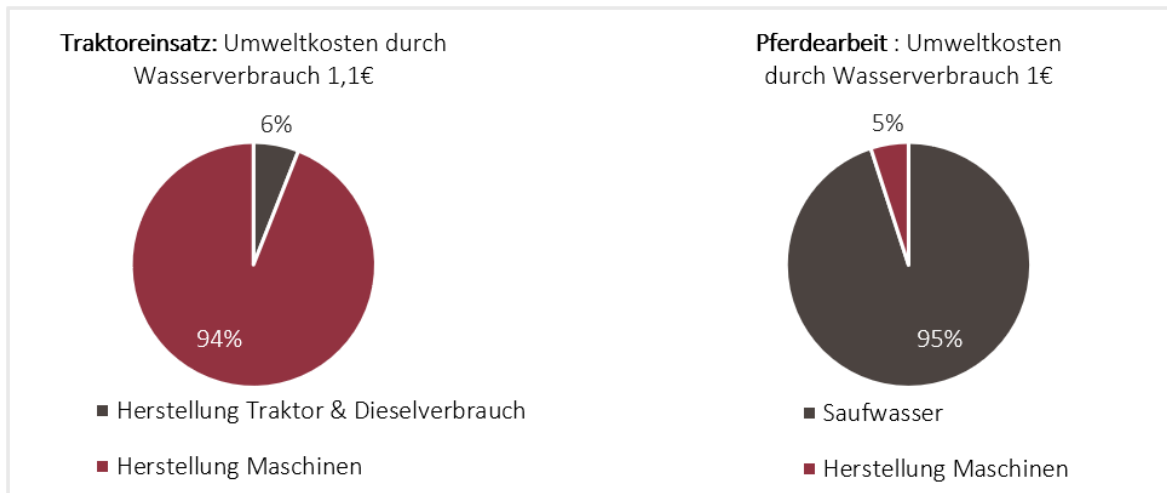


3.1.2 Wasserverbrauch

Wasserverbrauch entsteht beim Pferd durch eine tägliche Wasseraufnahme von ca. 50 l. Beim Traktor entsteht der Wasserverbrauch hauptsächlich in der Herstellung von landwirtschaftlichen Maschinen und durch die Produktion von Diesel. Bei der Berechnung der Kosten des Wasserverbrauchs wurde das Wasserstresslevel im Raum Osnabrück berücksichtigt. Da dieses von Aqeduct (Stand: 2019) zurzeit noch als gering eingeschätzt wird, sind die externen Kosten für den Wasserverbrauch sehr gering. Vor dem Hintergrund des Klimawandels kann sich das Wasserstresslevel jedoch zukünftig noch ändern und diese Kosten somit erhöhen. Die errechneten Auswirkungen des Wasserverbrauchs wurden multipliziert mit dem Monetarisierungsfaktor der TU Delft University (1€/m³).

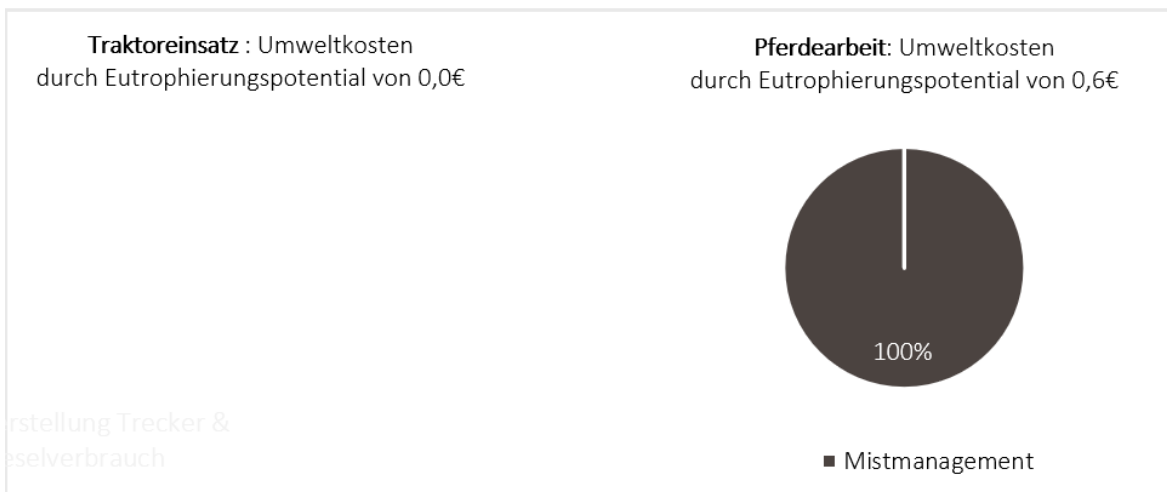
(Vogtlander

2010).



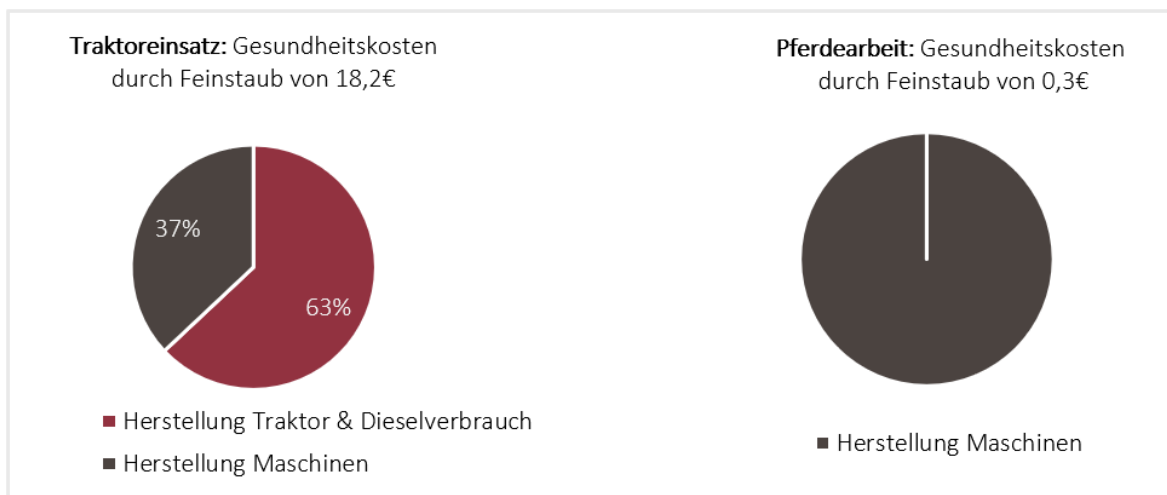
3.1.3 Wasserverschmutzung

Wasserverschmutzung entsteht vor allem durch die Mistlagerung. Hierbei wurde das Eutrophierungspotenzial durch Luft und Wasser berechnet. Beim Traktor ist das Eutrophierungspotenzial durch die Herstellung der landwirtschaftlichen Maschinen so minimal, dass es sich nicht im Ergebnis niederschlägt. Dabei wurde hier keine Wasserverschmutzung berücksichtigt, die durch unbeabsichtigte Ölverluste aufs Feld entstehen. Das errechnete Eutrophierungspotenzial wurde multipliziert mit dem Monetarisierungsfaktor der TU Delft University (4,17€/kg Phosphate äquivalent) (Vogtlander 2010).



3.1.4 Gesundheitskosten durch Feinstaub

Durch die Herstellung landwirtschaftlicher Maschinen und die Dieselerbrennung entsteht Feinstaub. Feinstaub wird von Menschen eingeatmet und kann zu negativen Gesundheitseffekten führen. Das errechnete Potenzial wurde multipliziert mit dem Monetarisierungsfaktor des Umweltbundesamts (2019) (41,1€/kg Feinstaub).



3.2 Qualitative Indikatoren

Für die Aspekte Auswirkung von jeweils Pferde- und Maschinenarbeit auf Biodiversität und Bodenstruktur wurde eine Literaturrecherche gemacht, da sich diese Indikatoren in diesem Fall nicht quantitativ darstellen lassen.

3.2.1 Bodenstruktur

Die Betrachtung der Parameter Bodenstruktur und Biodiversität erfolgen in qualitativer Weise. Hierzu wurde eine Literaturrecherche vorgenommen, die die Fragestellung allgemein betrachtet.

Eine gute Bodenstruktur ist Grundlage für eine erfolgreiche und nachhaltige Acker- und Grünlandnutzung. Ein Boden mit zu hoher Verdichtung ist sehr erosionsanfällig. Erosionen führen zu Verlust von wertvollem Ackerboden, Abtrag von Nährstoffen, Verletzung von Kulturpflanzen sowie Verlust an durchwurzelbarer Bodensubstanz und damit verringertes Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen (LWK NRW 2007). Der teilweise wenig sichtbare und in der Mehrzahl der Fälle schleichende Bodenverlust gefährdet langfristig die Bodenfruchtbarkeit, da neuer Boden langsamer entsteht als sein Verlust. Schwere Maschinen beeinträchtigen die Versickerung von Regenwasser und die Lebensbedingungen für die Bodenorganismen und bleiben nicht ohne Folgen für die Funktionsfähigkeit der Böden bis hin zu verringerten landwirtschaftlichen Erträgen. Laut des Bodenzustandsberichts 2015 liegen deutschlandweit auf circa 50 Prozent der Ackerfläche Eigenschaften vor, die bei Verdichtung zu einer Beeinträchtigung der Bodenfunktionen führen können. Das Beachten der Tragfähigkeit der Böden und der Bodenfeuchte ist ein wesentlicher Schlüssel zum langfristigen Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (UBA 2015). Dementsprechend sind schwerwiegende Verdichtungen im Boden zu vermeiden. Der Einsatz von Arbeitspferden anstatt Maschinen kann einen Beitrag dazu leisten:

Bei der Verdichtung des Bodens spielen drei wesentliche Faktoren eine Rolle: der Kontaktflächen- druck, das Gesamtgewicht und der Schlupf. Pferde verursachen zwar u.U. einen höheren Kontaktflächen- druck als große Maschinen, doch die durch Spannungseintrag betroffene Gesamtfläche ist im Vergleich zum Schlepper als gering anzusehen. Die Verdichtungswirkung beschränkt sich aufgrund des relativ geringen Gewichts auf die oberen Zentimeter des Bodenprofils. Zudem regenerieren sich punktuelle Verdichtungen leichter als solche großflächiger Art und werden schneller wieder von Pflanzenwurzeln durchwachsen. Die Verdichtungen durch Traktoren und Maschinen sind dagegen

stets flächenhaft. Die Verdichtung beeinflusst vor allem den Bodengas- und den Bodenwasserhaushalt und -transport derart negativ, dass im Extremfall im Oberboden anaerobe Verhältnisse entstehen, die zu einem deutlich verringerten Wurzelwachstum führen. Durch das verringerte Wurzelwachstum wird wiederum die Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen deutlich beeinträchtigt. Neben der geringeren flächenhaften Ausdehnung der Verdichtungen bei Pferdeeinsatz kommt hinzu, dass die Verdichtungen bei weitem nicht so tief in den Boden hineinreichen, da die Pferde um ein Vielfaches leichter sind als Maschinen. Denn das Gesamtgewicht bestimmt im Wesentlichen die Tiefe einer Verdichtung. Besonders schwerwiegende Verdichtungen können irreparable Schäden im Boden verursachen (Herold et.al 2009). Ein weiterer großer Vorteil des Arbeitspferdeeinsatzes hinsichtlich Bodenverdichtungen ist die Tatsache, dass ein deutlich geringerer Anteil der Fläche betreten bzw. überfahren wird als beim Schleppereinsatz (Herold 2016). Ein weiterer negativer Faktor beim Maschineneinsatz ist der durch die Antriebsräder des Schleppers verursachte Schlupf. Hierdurch werden Bodenschichten horizontal gegeneinander verschoben, wobei vor allem die senkrechten Bodenporen zerstört werden. Bei fehlenden durchgängigen Poren können der Gas- und der Wassertransport im Boden beeinträchtigt werden. Bei Pferdearbeit dagegen entsteht keinerlei Schlupf (ebd.).

Diverse Versuche konnten die positiven Effekte auf die Bodenstruktur durch ausschließliche Bewirtschaftung mit Pferden nachweisen: So fand Mordhorst (2009) heraus, dass sich der Einsatz von Arbeitspferden auf verdichtungsanfälligen Standorten positiv auf die ökologische Funktionsfähigkeit des Porensystems im Unter- und Oberboden auswirkt, weiterhin konnte eine Regenerierung zuvor verdichteter Böden durch Pferdeeinsatz statt Maschineneinsatz nachgewiesen werden. Strüber (2015) stellte in seinem langjährigen Versuchsprojekt „Humussphäre“ heraus, dass unter Pferdebewirtschaftung die wichtigen Bodenfunktionen Luftporenvolumen und Wasserhaltefähigkeit besser sind als unter Traktorbewirtschaftung. Schröter et al. (2011) untersuchten in einem Praxisversuch die Ertrags- und Bodenparameter durch Zugpferde- vs. Traktorarbeit im Kartoffelanbau. Im Vergleich zeigte sich eine gleichmäßigere Verteilung des Bodenwassergehaltes und der Trockenrohdichte in der Variante „Zugpferd“, was auf gleichmäßigere Wachstumsbedingungen für die Kartoffelpflanzen hindeutet.

Somit kann abschließend konstatiert werden, dass der Einsatz von Pferden ausschließlich positive Einwirkungen auf die ökologische Funktion von Böden hat.

3.2.2 Biodiversität

Der Begriff der Biodiversität umfasst sowohl die Artenvielfalt an sich als auch die genetische Diversität von Populationen, sowie die Vielfalt an Ökosystemen. In vielen Regionen der Welt stellt eine abnehmende Biodiversität die Bevölkerung vor große Herausforderungen. Einer der Gründe für die Abnahme der Vielfalt liegt im Einsatz von Fremdenergie in Form von leistungsfähigen Maschinen (Birrer et al. 2009). In der Literatur wird der Einsatz von Arbeitspferden als eine Optimierungsstrategie für eine leistungsfähige und zugleich naturverträgliche Grünlandbewirtschaftung dargestellt, die zudem eine arten- und individuenreiche Fauna bewirkt. Denn das im Vergleich zum Schlepper geringere Arbeitstempo der Pferde eröffnet den Tierarten vor allem im Grünland deutlich bessere Fluchtchancen. Außerdem kann bei der Mahd im Frühjahr das Töten von Kitzen vermieden werden.

Ein vermehrter Einsatz von Arbeitspferden wäre somit ein aktiver Beitrag zum Schutz von Vögeln, Insekten und vieler anderer Arten. Ein weiterer Aspekt ist die Flächengröße: Die Arbeit mit Pferden in der Landwirtschaft erfordert eine Anpassung der Größe der zu bewirtschaftenden Flächen, um diese dem Leistungspotential der Pferde anzupassen. Somit sind die Flächeneinheiten deutlich kleiner gestaltet, was entgegen des weitläufigen Trends nach größer werdenden Schlägen verläuft. Eine vielfältige Struktur unterschiedlicher Landschaftselemente auf kleinem Raum (Mosaikstruktur) für die mitteleuropäische Kulturlandschaft stellt eine Schlüsselfunktion für den Artenreichtum und die ökologische Funktionsfähigkeit dar. Des Weiteren kann ein vermehrter Einsatz von Arbeitspferden in der Landwirtschaft, die meistens Kaltblutpferde sind, zum Erhalt der Rassen beitragen, da viele dieser Rassen vom Aussterben bedroht sind. Insofern ist der Einsatz von Arbeitspferden ein aktiver Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität landwirtschaftlicher Nutztiere (Herold et.al. 2009). Wie oben bereits erwähnt, werden die Lebensbedingungen von Bodenorganismen durch verdichtete Böden erheblich erschwert. Der Bearbeitung von Ackerböden mit Arbeitspferden führt zu sehr guten Bodenstrukturen und wirken Bodenverdichtungen entgegen, was zu guten Lebensbedingungen für Bodenorganismen beitragen kann. Somit stellt der Ersatz von Traktoren durch Pferde in der Landwirtschaft einen Mehrwert für naturschutzgerechte Produktion dar.

4 Fazit

Durch die Lebensmittelproduktion entstehen Umwelteffekte und somit Umweltfolgekosten. Die Gesamtkostenanalyse zeigt: Der Einsatz von Pferden am Beispiel des Kartoffelanbaus hat eine deutlich weniger negative Bilanz hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Umwelt anstatt des Einsatzes von Traktoren. Bei dieser Aussage ist jedoch noch nicht berücksichtigt, dass die qualitativen Indikatoren, die laut Literaturrecherche beim Einsatz von Pferden positive externe Folgen haben, bei einer Quantifizierung einen positiven Einfluss auf das Gesamtergebnis hätten. Somit ist anzunehmen, dass die Arbeit mit Pferden einen ökologischen Mehrwert schafft.

In dieser Arbeit wurde der Fokus auf das Naturkapital gelegt. Auswirkungen von Pferdearbeit auf das Sozial- und Humankapital böten zusätzlichen Nutzen.

Das Aufzeigen der externen Kosten und Nutzen hilft nicht nur dem Erzeuger, ein besseres Bild von den Konsequenzen seiner Anbauweisen für Mensch, Natur und letztendlich für die Naturkapital-Grundlage seines eigenen Betriebs zu erlangen. Auch dem Konsumenten wird vor Augen geführt, welche Folgen seine täglichen Kaufentscheidungen nach sich ziehen.

Nicht zuletzt können und sollten Politik und Wirtschaft derartige Erkenntnisse in ihre Entscheidungsprozesse und -vergabe von öffentlichen Geldern mit einbeziehen, um unser aller Lebens- und Wohlstandsgrundlage zu erhalten.

5 Literatur

- Birrer S., Balmer, O.; Graf, R.; Jenny, M. (2009): Biodiversität im Kulturland – vom Nebenprodukt zum Marktvorteil.
- Eriksson et al. (2016): Life Cycle Assessment of Horse Manure Treatment.
- European Commission (2012): Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods. Database and Supporting Information. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability
- FAO (2014): Food wastage footprint: Full-cost accounting. Final Report.
- Herold, P. (2016): Untersuchungen zum Leistungspotenzial des Einsatzes von Arbeitspferden und moderner pferdegezogener Technik im Ökologischen Landbau am Beispiel der Mahd im Grünland.
- Herold, P., Jung, J., Scharnhözl, R. (2009): Arbeitspferde im Naturschutz. BfN-Skripten 256.
- KTBL (2018): Faustzahlen für die Landwirtschaft.
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2007): Bodenerosion durch Wasser.
- Mordhorst, A. (2009): Zeitabhängige Strukturbildung bei biologisch dynamischer Bodenbewirtschaftung mit leichten Maschinen und Zugpferden.
- Nemecek, T. & Kägi, T. (2007): Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre of Life Cycle Inventories, Zurich and Dübendorf, CH, retrieved from ecoinvent.ch
- Schröter, I., Brock, C., Schneider, K.-H., Winter, U., Becker, K., Leithold, G. (2011): Vergleich des Einsatzes von Arbeitspferden und Traktortechnik im Kartoffelanbau bzgl. Boden- und Ertragsparameter.
- Strüber, K. (2015): Humussphäre. Projekt zu energiesparenden und humusaufbauenden Methoden in der Landwirtschaft.
- Umweltbundesamt (UBA) (2015): Bodenzustand in Deutschland.
- Umweltbundesamt (UBA) (2019): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze Stand 02/2019.
- Vogtlander, J. (2010): LCA-based assessment of sustainability: the Eco-costs/Value Ratio EVR.
- WRI Aqueduct (2019): Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators.
- Wernet et al. (2016): The ecoinvent database version 3: overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment.

6 Annex – Datenherkunft

Allgemeine Daten	Quellen	Daten Umwelteffekte	Quellen
Futtermittelmenge pro Jahr	Hof Pente	Trecker Dieserverbrauch	Wernet et al. (2016), European Commission (2012)
Futtermittelzusammenstellung	Hof Pente	Trecker Herstellung	Wernet et al. (2016), European Commission (2012)
Mistmenge pro Jahr	Hof Pente	Maschinen Herstellung	Wernet et al. (2016), European Commission (2012)
Pferd Arbeitsstunden pro Jahr	Hof Pente	Mistmanagement Pferd	Errikson et al. (2016)
Pferd Lebensjahr	Hof Pente	Wasserstresslevel	Aqueduct 3.0
Pferd Stundenaufwand Kartoffel pro ha	Hof Pente	THG Emissionen Futtermittel	Cool Farm Tool
Pferd Zugmaschinen Nutzungsdauer	Hof Pente	THG Emissionen Ent. Fermentation	Cool Farm Tool
Trecker Nutzungsdauer	Nemecek, T. & Kägi, T. (2007)	THG Emissionen Mistmanagement	Cool Farm Tool
landwirtschaftliche Maschinen Nutzungsdauer	Nemecek, T. & Kägi, T. (2007)		
Trecker Arbeitsstunden	Nemecek, T. & Kägi, T. (2007)	Daten Umweltkosten	
Trecker Stundenaufwand Kartoffel	KTBL (2018)	THG Emissionen	FAO (2014)
Trecker Dieserverbrauch Kartoffel	KTBL (2018)	Wasserverbrauch	Vogtlander, Joost. (2010)
Arbeitsschritte Kartoffelanbau	Hof Pente	Wasserverschmutzung	Vogtlander, Joost. (2010)
Wasserverbrauch Pferd	Hof Pente	Feinstaub	UBA (2019)

Material, Energie und Wasserverbräuche für die Herstellung von Trecker und Maschinen sind schon in den Berechnungen der Umwelteffekte enthalten und müssen daher nicht erhoben werden