

# **Treibhausgas-Bilanzierung verschiedener Anwendungsfälle von Schafwolle im Biosphärengebiet Schwäbische Alb**

## **Impressum**

### **Bearbeitung und Herausgeber:**

KlimaschutzAgentur im Landkreis Reutlingen gGmbH  
Lindachstr. 37  
72764 Reutlingen

Telefon 07121 14 32 571

Telefax 07121 14 32 572

info@klimaschutzagentur-rt.de

www.klimaschutzagentur-rt.de

### **Verfasser:**

Simon Hummler

### **Datengenauigkeit:**

Bei der Berechnung der Ergebnisse wurde mit der höchstmöglichen sinnvollen Genauigkeit gerechnet. Durch Rundungen und unterschiedlichen Datenquellen können die Ergebnisse jedoch kleine Abweichungen enthalten.

### **Haftungsausschuss:**

Alle in der Bilanz bereitgestellten Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und geprüft. Es kann jedoch keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen übernommen werden. Auch erhebt die Bilanz keinen Anspruch auf wissenschaftliche Vollständigkeit, besonders wegen der geringen Datenlage an wissenschaftlich zitierfähigen Quellen.

### **Stand 07.2024**

Diese Bilanzierung entstand im Auftrag des Biosphärengebiet Schwäbische Alb e.V.

## Einleitung

Wolle von Schafen aus Deutschland ist heute kaum noch wirtschaftlich verwendbar. In der Textilindustrie wird sie inzwischen fast komplett durch Importe aus Australien, Neuseeland und Südamerika verdrängt. Der einstmals wertvolle Rohstoff ist hierzulande zum Nebenprodukt geworden und muss teilweise sogar teuer und aufwändig entsorgt werden.

Dabei hat Wolle neben der Verwendung als Textilwerkstoff einige weitere vorteilhafte Eigenschaften. Sie enthält wertvolle Nährstoffe, ist vollkommen biologisch abbaubar und kann Wasser speichern. Ideale Bedingungen als Öko-Dünger also, zumindest für ausgewählte Pflanzenarten. Dies haben einige Nischenanbieter erkannt und produzieren aus Wolle Düngepellets.

Auch bei den Schäferinnen und Schäfern im Biosphärengebiet Schwäbische Alb in den Landkreisen Reutlingen, Esslingen und Alb-Donau-Kreis fällt Wolle an, die keinen Platz auf dem Textilmarkt finden würde. Um die Wolle trotzdem zu nutzen, wurde das Projekt „Wir wollen’s – Düngen mit Schafwollpellets“ im Biosphärengebiet ins Leben gerufen, bei dem Schafwolle in Pelletsform als Dünger verwendet wird.

Es ist anzunehmen, dass die Treibhausgas(THG)-Bilanz dieses Düngers besser ausfällt als die von konventionell eingesetztem Mineraldünger, da die Wolle ohnehin zur Verfügung steht und nicht extra Tiere dafür gehalten werden. Es gibt zu dem Thema jedoch kaum Erfahrungen und Studien, weshalb die vorliegende Bilanz dies nun untersucht.

Außerdem ist Wolle gut geeignet als Werkstoff für Pflanztöpfe, die im Gegensatz zu Töpfen aus Kunststoff dauerhaft mit verpflanzt werden können und sich mit der Zeit im Boden abbauen. Es entfällt die Herstellung und das Recycling bzw. die Verbrennung des Kunststoffs, was sich zusätzlich zur besseren ökologischen Eignung positiv auf die THG-Bilanz auswirken könnte.

Im zweiten Teil wird daher untersucht, wie die Bilanz im Vergleich zu Töpfchen aus neuem Kunststoff sowie Recycling-Kunststoff ausfällt, da es hierzu ebenfalls noch keine Untersuchungen zu finden gibt.

Zu beachten ist, dass die Bilanzierung trotz größtmöglicher Sorgfalt zur Richtigkeit im kleinen Rahmen ausfällt und daher nicht die Tiefe bietet, die eine umfassende Studie, z.B. im Zuge einer Abschlussarbeit, abbilden kann, welche die Prozesse ggf. sogar begleitet. Die Ergebnisse sind daher eher als Übersicht und grobe Analyse zu verstehen und nicht als eine detaillierte Bilanz nach Norm, auch wenn sie sich daran orientiert.

## Inhalt

1. THG-Bilanzierung von Schafwolle als Dünger .....	5
1.1 Datengrundlage .....	5
1.2 Systemgrenzen .....	5
1.3 Begrifflichkeiten.....	5
1.4 Vorberechnungen .....	6
1.5 Bilanzergebnisse.....	7
1.6 Einordnung der Ergebnisse.....	8
1.7 Fazit.....	8
2. THG-Bilanzierung von Schafwolle als Werkstoff für Pflanztöpfchen .....	9
2.1 Datengrundlage .....	9
2.2 Systemgrenzen.....	9
2.3 Begrifflichkeiten.....	10
2.4 Vorberechnungen .....	10
2.5 Bilanzergebnisse.....	11
2.6 Einordnung der Ergebnisse.....	11
2.7 Fazit.....	12
Quellenverzeichnis .....	13

# 1. THG-Bilanzierung von Schafwolle als Dünger

## 1.1 Datengrundlage

Die Datenlage zu Schafwolle als Dünger ist gering. Zurückgegriffen wird maßgeblich auf ein Life Cycle Assessment (LCA, Lebenszyklusanalyse) der Firma floraPell [1]. FloraPell mit Sitz in Lauchhammer stellt Schafwollpellets zur Düngung her. Die Daten wurden uns auf Nachfrage hin freundlich zur Verfügung gestellt. Es besteht ausdrücklich kein Werbeverhältnis mit floraPell. Es wurde versucht, weitere Studien von unabhängigen Stellen oder Herstellern zu finden, jedoch ohne Erfolg, da es in dem Nischenmarkt kaum größere Hersteller gibt, die eine solche Studie in Auftrag geben könnten.

Die Ergebnisse des LCA von floraPell werden jedoch mit weiteren Quellen in Kontext gesetzt. So wird als Kontrolle und Ergänzung zur Bilanz von verglichenen Mineraldüngerarten eine Studie des LFL Bayern verwendet, welche sich wiederum auf die Datenbank ecoinvent bezieht [2].

Um die Menge an Dünger zu bestimmen, die für 1ha benötigt wird, wurde auf duengerfuchs.de [3], ein Übersichtsblatt der Landwirtschaftskammer NRW [4] und die Düngemittelverordnung Stand 2019 zurückgegriffen [5].

## 1.2 Systemgrenzen

Um eine THG-Bilanz erstellen zu können, muss zunächst festgelegt werden, welche Systemgrenzen gesteckt werden. Die THG-Emissionen (Treibhausgas-Emissionen) in der Verwendung, also auf dem Feld, hängen von vielen Faktoren ab und fallen oftmals sehr unterschiedlich aus. Daher wird in dieser Bilanz lediglich bis zum Endverbraucher betrachtet, also in erster Linie Herstellung sowie Transport.

Außerdem setzt die Bilanz voraus, dass die Wolle ohnehin anfällt, also ein Nebenprodukt ist. Ansonsten müssten die THG aus der Schafhaltung anteilig ebenfalls berücksichtigt werden.

## 1.3 Begrifflichkeiten

Eine THG-Bilanzierung ist auch oft unter dem Namen CO<sub>2</sub>-Bilanz anzutreffen. Dies würde streng genommen lediglich die reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigen, nicht jedoch die Emissionen weiterer Treibhausgase wie z.B. das klimatisch deutlich stärker wirkende N<sub>2</sub>O. Um zu standardisieren, werden diese Emissionen auf die äquivalente Menge von CO<sub>2</sub> heruntergerechnet, die dieselbe Klimawirkung hätte. So erklärt sich die in praktisch allen Bilanzen verwendete Einheit CO<sub>2</sub>eq („CO<sub>2</sub> equivalent“) die auch hier als Maß genommen wird.

## 1.4 Vorberechnungen

Verglichen werden die Düngerarten:

- Pellets aus Schafwolle      WOL
- Ammoniumnitrat              AMN
- Kalkammonsalpeter        KAS
- Harnstoff                      HAR

Für Schafwolle teilen sich die Emissionen auf wie folgt [1]:

*Tabelle 1: Anteil der Prozessschritte an den THG-Emissionen von Schafwollpellets in kg CO<sub>2</sub>eq. Nach [1]. Gesamt entspricht nicht der Summe wegen Zwischenrundungen.*

Prozessschritt	kg CO <sub>2</sub> eq (25kg-Sack)	kg CO <sub>2</sub> eq (1kg Pellets)
Zerkleinern Rohwolle	0,90	0,06
Aufbereitung Rohwolle	0,90	0,04
Pelletieren Rohwolle	0,90	0,04
Transport Rohwolle	0,38	0,04
Verpackung Pellets	0,18	0,02
Transport zum Endkunden (Pauschale)	1,40	0,01
<b>GESAMT</b>	<b>4,66</b>	<b>0,19</b>

Für die anderen Düngemittel werden die Emissionen nicht weiter aufgeschlüsselt. Die Werte nach ecoinvent [2] sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

*Tabelle 2: Anteil der Prozessschritte an den THG-Emissionen konventioneller Düngerarten. Nach [2].*

Dünger	kg CO <sub>2</sub> eq (pro kg Dünger)
AMN	2,99
KAS	2,29
HAR	1,08

Diese Werte finden sich mit annehmbarer Abweichung (max. 20%) auch in der Studie von floraPell selbst wieder. FloraPell gibt in der Studie keine Quellen an, daher lässt sich nicht bestimmen, auf welcher Grundlage deren Werte zustandekommen.

Da Schafwolle deutlich weniger Stickstoff (N) enthält als konventionelle Mineraldünger [1],[4] wird pro ha mehr davon benötigt. Im Biosphärengebiet werden 100g/m<sup>2</sup> Dünger ausgebracht, also 1000 kg pro ha. Dies entspricht bei einem Anteil von ca. 10% N in den Pellets [1] etwa 100 kg N pro ha. Damit liegt die Anwendung unter dem Höchstwert von 130 kg N pro ha nach Düngemittelverordnung [5]

Für die anderen Dünger werden dementsprechend 80 bis 130 kg N pro ha angesetzt [5]. Je nach Stickstoffgehalt wird so zwischen 170 und 650 kg Dünger pro ha angenommen.

Unter Berücksichtigung der Emissionen pro kg Düngemittel und dem Bedarf an kg Düngemittel pro ha Ackerfläche lässt sich somit berechnen, wie viel Emissionen an CO<sub>2</sub>eq pro ha entstehen.

## 1.5 Bilanzergebnisse

Die Ergebnisse der Bilanzierung:

Tabelle 3: Bilanzergebnisse nach Düngemittel.

Dünger	kg Dünger pro ha		kg CO <sub>2</sub> eq pro kg Dünger	kg CO <sub>2</sub> eq pro ha	Ersparnis zu AMN
	von	bis			
AMN	400	650	2,99	1571,9	-
KAS	308	500	2,29	926,6	-41 %
HAR	174	283	1,08	246,9	-84 %
WOL	800	1300	0,19	195,7	-88 %

Somit ergeben sich Einsparungen pro ha von

- 1376 kg CO<sub>2</sub>eq bei Ersetzen von Ammoniumnitrat (- 88%)
- 730 kg CO<sub>2</sub>eq bei Ersetzen von Kalkammonsalpeter (- 79%)
- 51 kg CO<sub>2</sub>eq bei Ersetzen von harnstoffhaltigem Dünger (- 21%)

und somit rund 719 kg CO<sub>2</sub>eq pro ha im Durchschnitt.

Die Emissionen sind in Abb.1 grafisch dargestellt.

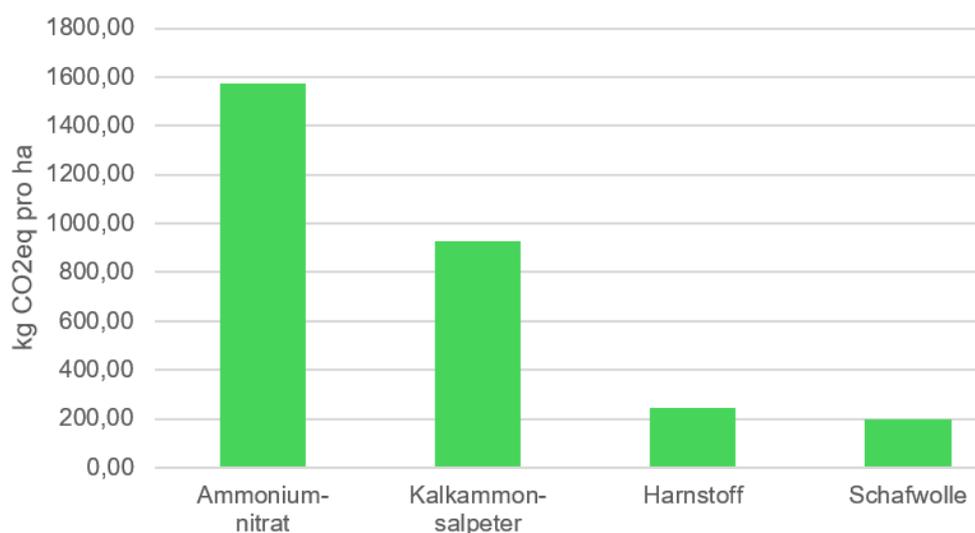


Abbildung 1: THG-Emissionen pro ha Dünger.

## 1.6 Einordnung der Ergebnisse

Die Bilanz zeigt, dass Schafwolle als Dünger erhebliche THG-Einsparpotentiale birgt. Besonders unter Berücksichtigung, dass eine (oft auch energieintensive) Entsorgung entfällt, ist die Nutzung von Wolle als Dünger also zu empfehlen.

Nach eigener Aussage setzte das Biosphärengebiet Münsingen bereits 2,5 t Dünger aus Schafwollpellets ein. Es ist nicht bekannt, welche Art Dünger damit ersetzt wurde, daher wird auch hier der Mittelwert angesetzt. Mit diesem ergibt sich, dass mit den 2,5t Schafwollpellets bereits rund 1800 kg CO<sub>2</sub>eq vermieden werden konnten.

Die Bilanz deckt wie eingangs beschrieben nur den Weg des Düngers zum Endverbraucher ab. Was danach geschieht, ist zu variabel, um mit einer Kurzbilanz angemessen bewertet werden zu können. Nach einer Veröffentlichung von The Woolmark Company entspricht 1 kg Wolle ca. 1,8 kg CO<sub>2</sub> [6]. Dieser Wert könnte daher als Emissionswert auf dem Feld angenommen werden. Dies ist deutlich weniger als bei konventionellen Düngern, die in der Anwendung zwischen 5,6 kg und über 9 kg CO<sub>2</sub>eq verursachen. Dies liegt daran, dass mit diesen zum einen schnell überdüngt wird und zum anderen das deutlich stärker wirkende N<sub>2</sub>O entweichen kann [7]. Bei Schafwolle ist dies aufgrund der langsamen Zersetzung möglicherweise weniger problematisch. Da diese Fakten jedoch nicht ausreichend nachvollzogen bzw. belegt werden konnten, wurde dieser Bereich bewusst nicht berücksichtigt. Jedoch ist es anzunehmen, dass das Einsparpotential von THG durch den Einsatz von Schafwolle als Dünger daher noch höher liegt als ermittelt.

Darüber hinaus lässt sich nach Aussagen verschiedener Schafwolldüngerhersteller mit Schafwolle nicht überdüngen [1],[8]. Ein Nitratproblem ist daher unwahrscheinlicher anzunehmen als bei konventionellen Düngern, als positiver Nebeneffekt.

## 1.7 Fazit

Mit einem Einsparpotential von rund 719 kg CO<sub>2</sub>eq pro ha Ackerfläche (bzw. 72 g CO<sub>2</sub>eq pro m<sup>2</sup>) gegenüber konventionellem Mineraldünger ist die Nutzung von ohnehin anfallender Schafwolle bestens als klima- und bodenfreundlicher Dünger geeignet.

Eine künftige Untersuchung, die zusätzlich die Klimawirkung nach Ausbringung oder auch den Ausbringaufwand selbst im Vergleich zu anderen Düngemitteln berücksichtigt, könnte hier weitere wertvolle Erkenntnisse bringen.

Da jedoch davon auszugehen ist, dass sich die Bilanz tendenziell eher weiter zugunsten der Schafwolle verbessert als verschlechtert, ist der Einsatz der sonst ungenutzten Wolle auf jeden Fall empfehlenswert.

## 2. THG-Bilanzierung von Schafwolle als Werkstoff für Pflanztöpfchen

### 2.1 Datengrundlage

Die Datenlage zu Schafwolle als Werkstoff war noch geringer als die zu Schafwolle als Dünger. Der Markt ist noch kleiner und Wolle als Topfmaterial nur von sehr wenigen Herstellern eingesetzt [9]. Kunststofftöpfe werden eher durch Töpfe aus kompostierbarem Kunststoff oder aus Pappe/Zellstoff ersetzt.

Es wird daher für Wolle als Werkstoff ein ähnlicher Aufwand wie für Düngepellets angenommen, da hierfür die Daten bereits vorliegen und die Arbeitsschritte zur Herstellung von Töpfchen ähnlich zu denen der Pelletierung sind. Die Wolle muss zerkleinert, aufbereitet und transportiert werden. Statt Pelletierung folgt in diesem Fall dann die Filzherstellung. Diese wird vom Aufwand her als vergleichbar angenommen.

Ursprünglich war angedacht, pyrolysierte Schafwolle für die Töpfe zu nutzen, jedoch gab es hierfür keinen Anbieter, dessen Töpfe verglichen werden könnten. Der Übertrag von Kenntnissen über Pyrolyse anderer Werkstoffe wie z.B. bei Pflanzkohle bringt zudem eher Unsicherheiten mit sich. Es werden daher Wolltöpfchen aus weitgehend unbehandelter Wolle betrachtet.

Zudem wurde keine THG-Bilanz zu Pflanztöpfchen aus Kunststoff gefunden. Die vorliegende Bilanz stützt sich somit maßgeblich auf Literaturwerte zu kg-bezogenen THG-Emissionen, die bei Produktion des Ausgangsstoffs entstehen [10].

Es existiert eine THG-Bilanz zu Einweg-Trinkbechern aus Kunststoff [11]. Zwar lassen sich Trinkbecher und Pflanztöpfe nur eingeschränkt vergleichen, jedoch sind die Angaben zur Einordnung der Größenordnung hilfreich.

### 2.2 Systemgrenzen

Betrachtet wird der Aufwand für die Herstellung und Entsorgung der Töpfchen.

Da Pflanztöpfe aus Kunststoff zwar theoretisch recyclingfähig sind, oftmals wegen Verdreckung aber dann doch in der thermischen Verwertung, also der Müllverbrennung, enden, werden für diese die THG-Emissionen dabei ebenfalls berücksichtigt [12].

Wolltöpfe und die Töpfe aus Pappe/Zellstoff hingegen zersetzen sich in der Erde, daher entfallen die Emissionen dafür bei diesen.

## 2.3 Begrifflichkeiten

Wie bereits bei den Düngepellets werden auch hier alle THG in CO<sub>2</sub>eq übersetzt.

Der Begriff „Recycling-Kunststoff“ bedeutet, dass die Töpfe aus bereits verwendetem Kunststoff gefertigt werden. Es entfällt somit die Beschaffung von ursprünglichem Rohstoff, d.h. Erdöl. Oftmals beträgt der Anteil von Recycling-Kunststoff jedoch nicht 100%, da sonst die Materialeigenschaften deutlich schwerer oder gar nicht zu erreichen wären. Für diese Bilanz wird keine genaue Analyse des Anteils an Recycling-Kunststoff in Pflanztöpfen durchgeführt, sondern schlicht auf den Literaturwert von Recycling-Kunststoff verwiesen.

Zudem bedeutet Recycling-Kunststoff nicht, dass er besser wiederverwendbar wäre als herkömmlicher Kunststoff. Auch für Recycling-Töpfe wird daher angenommen, dass sie nach Nutzung verbrannt werden müssen.

Auch ist mit Recycling-Kunststoff nicht der eingangs erwähnte kompostierbare Kunststoff gemeint. Kompostierbare Kunststoffe werden in dieser Bilanz nicht betrachtet.

## 2.4 Vorberechnungen

Als Beispiel für Pflanztöpfchen aus Schafwolle wurde der Hersteller eigengut OHG aus Konau gewählt. Es besteht kein Werbungsverhältnis zum Hersteller, die Auswahl erfolgte lediglich aufgrund des passenden Produktportfolios. Zudem verwendet auch eigengut regionale Schafwolle, daher sind deren Produkte am ehesten mit der Ausgangslage in Münsingen zu vergleichen. Dort werden Pflanztöpfe in Größen von 6x6x6 sowie 8x8x8 cm angeboten. Gewählt wurde der Topf mit 8x8x8 cm Größe, da dieser ein ähnlicheres Volumen hat wie die Kunststofftöpfe, mit denen verglichen wird. Durchweg wird Wollfilz von 900 g/m<sup>2</sup> verwendet. D.h. für einen Pflanztopf mit 5 geschlossenen Seiten mit je 8x8 cm Größe werden 28,8 g Wolle benötigt.

Ein Kunststoff-Pflanztöpfchen vergleichbarer Größe aus Polypropylen (PP) wiegt rund 20g [13], ein Pflanztöpfchen aus Pappe/Zellstoff rund 10g [14].

## 2.5 Bilanzergebnisse

Die Ergebnisse der Bilanzierung:

*Tabelle 4: Bilanzergebnisse nach Pflanztopf-Werkstoff.*

Werkstoff	g pro Töpfchen	kg CO <sub>2</sub> eq pro kg Herstellung	kg CO <sub>2</sub> eq pro kg Verbrennung	Gesamt g CO <sub>2</sub> eq pro Topf	davon Herstellung
Schafwolle	28,8	0,19	-	5,5	5,5
PP neu	20,0	1,91	2,60	90,1	38,1
PP Recycling	20,0	0,97	2,60	71,3	19,3
Pappe/Zellstoff	10,4	0,69	-	7,1	7,1

Mit einem Töpfchen aus Schafwolle können also gegenüber Kunststoff bis zu 84,6g CO<sub>2</sub>eq eingespart werden (-94%).

Der Pflanztopf aus Recycling-PP weist aufgrund der ebenso klimaschädlichen Verbrennung über die Lebensdauer nur rund 19g CO<sub>2</sub>eq weniger auf als der Topf aus neuem PP, was aber immerhin rund 21% einspart. Der Wolltopf hat gegenüber dem Topf aus Recycling-PP einen Vorteil von rund 65,8g CO<sub>2</sub>eq (-92%)

Vergleichbar mit dem Wolltöpfchen ist der Topf aus Pappe/Zellstoff. Dessen Herstellung verursacht nur wenig mehr Emissionen als das Wolltöpfchen und die Emissionen für Verbrennung entfallen, da auch er im Boden verbleibt und sich zersetzt.

## 2.6 Einordnung der Ergebnisse

Auch für Wolle als Werkstoff lässt sich ein Einsparpotential an THG-Emissionen feststellen.

Wie bereits in 2.1 erwähnt, existieren bereits Untersuchungen zur THG-Bilanz von Trinkbechern. Für einen PP-Mehrwegbecher ergeben sich in einer Studie THG-Emissionen von 22g CO<sub>2</sub>eq pro Becher [11]. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus dieser Bilanzierung, die Größenordnung scheint also plausibel.

Da für die PP-Töpfe der gesamte Lebensweg betrachtet wird, müssten theoretisch auch für Wolle und Pappe/Zellstoff die THG-Emissionen durch Zersetzung berücksichtigt werden. Zwar wird der Kohlenstoff in diesen Werkstoffen vermutlich durch die Pflanzen direkt weiter gebunden, der Vollständigkeit halber sollen die Emissionen jedoch auch berücksichtigt werden.

Wie in der Bilanz zu Pellets erwähnt, könnte für 1kg Wolle ein Wert von 1,8 kg CO<sub>2</sub>eq angenommen werden [6]. Dies würden für den Pflanztopf entsprechend weitere 51,8g CO<sub>2</sub>eq bedeuten, also insgesamt 57,3g CO<sub>2</sub>eq. Der Vergleich zu Kunststofftöpfchen fiel auch in dem Fall also zugunsten der Schafwolle aus.

Da der Kohlenstoffanteil in Zellstoff ähnlich zu dem von Schafwolle ist, können beim Papp-/Zellstoff-Töpfchen also pro kg ähnliche Emissionen angenommen werden [6]. Bei einem Topfgewicht von rund 10g kämen beim Papp-/Zellstofftöpfchen dementsprechend weitere 18,7g CO<sub>2</sub>eq hinzu, was dessen Gesamtemissionen auf 25,8 CO<sub>2</sub>eq anheben würde. Aus THG-Perspektive wäre in dem Fall also der Papp-/Zellstofftopf geeigneter. Da hier jedoch einige nicht zufriedenstellend begründete Annahmen getroffen werden mussten, ist dieses Ergebnis als Diskussion zu verstehen und nicht als Endergebnis.

Auch war der Fokus, wie sich Wolle zu Kunststoff verhält, und diese Bilanz ist in jedem Fall zugunsten der Wolle ausgefallen.

## 2.7 Fazit

Mit einem Einsparpotential von rund 84,6g CO<sub>2</sub>eq gegenüber einem Kunststoff-Pflanztöpfchen bietet der Einsatz von Wolle auch hier eine hervorragende Nutzung statt der Entsorgung. Zwar sind Pflanztöpfchen keine so große Stellschraube wie der Einsatz als Dünger, trotzdem lohnt sich der Mehraufwand.

Neben dem THG-Nutzen bietet Wolle aufgrund ihres restlosen Abbaus im Boden außerdem vor allem den Vorteil, dass die ohnehin schon enorme Menge an Plastikmüll nicht vergrößert wird. Auch das Gelangen von Mikroplastik in die Umwelt ist hierbei kein Thema.

Pflanztöpfe aus Pappe/Zellstoff bieten ähnliche Vorteile, jedoch muss hier auf eine nachhaltige Quelle (FSC/PEFC) geachtet werden bzw. sollte das Ausgangsmaterial aus Recycling stammen. Dann wiederum ist es schwierig, Freiheit von Schadstoffen sicherzustellen. Bei unbehandelter Wolle aus regionaler Erzeugung ist dies einfacher.

Der Einsatz von sonst ungenutzter Wolle als Pflanztöpfchen ist also in vielerlei Hinsicht empfehlenswert.

# Quellenverzeichnis

- [1] floraPell, Jahr unbekannt: Ökobilanz für floraPell® Der ökologische Langzeitdünger aus Schafwolle - Ein LCA nach DIN ISO EN 14040 Umweltmanagement - Ökobilanz
- [2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2013: Quantitative Klimabilanz landwirtschaftlicher Maßnahmen und Verfahren - Abschlussbericht
- [3] duengerfuchs.de, Düngemittelrechner der SKW Piesteritz  
<https://www.duengerfuchs.de/wissenswertes/oekonomie-und-oekologie/duengemittelrechner/>  
abgerufen am 29.07.2024
- [4] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2015: Stickstoffdüngemittel  
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/n-duengemittel-pdf.pdf>  
abgerufen am 29.07.2024
- [5] Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV)  
[https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_mv\\_2012/](https://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/)  
abgerufen am 29.07.2024
- [6] The Woolmark Company, 2019: Wolle und der Kohlenstoffkreislauf  
[https://www.woolmark.jp/globalassets/\\_06-new-woolmark/industry/research/factsheets/de/2021/woolmark\\_where\\_does\\_carbon\\_come\\_from\\_4pp\\_de.pdf](https://www.woolmark.jp/globalassets/_06-new-woolmark/industry/research/factsheets/de/2021/woolmark_where_does_carbon_come_from_4pp_de.pdf)  
abgerufen am 29.07.2024
- [7] YARA GmbH & Co. KG, Jahr unbekannt: Ich will Ertrag, kein CO<sub>2</sub> – Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Düngemitteln
- [8] <https://pelletzentrum-alb.de/1-5kg-langzeitduenger-aus-schafwolle/wp1500>
- [9] <https://www.eigengut.de/garten/filztoepfe>
- [10] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021: Informationsblatt CO<sub>2</sub>-Faktoren
- [11] [https://mehrweg-mach-mit.de/wp-content/uploads/231130\\_Klimaauswirkungen\\_Kaltgetraenkebecher.pdf](https://mehrweg-mach-mit.de/wp-content/uploads/231130_Klimaauswirkungen_Kaltgetraenkebecher.pdf)
- [12] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 2021: Klimaneutralität braucht koordinierte Maßnahmen zur Stärkung von hochwertigem Recycling  
[https://doi.org/10.18723/diw\\_wb:2021-26-1](https://doi.org/10.18723/diw_wb:2021-26-1)  
abgerufen am 29.07.2024
- [13] [https://www.meingartencenter24.de/markenwelt/geli/geli-blumentopf-standard-8-cm-weiss\\_24743\\_8136](https://www.meingartencenter24.de/markenwelt/geli/geli-blumentopf-standard-8-cm-weiss_24743_8136)
- [14] <https://www.romberg.de/48-Anzuchttoepfe-8-cm-OE-rund/10091108>