Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Ziel der Arbeit 1
2 Stand des Wissens 4
2.1 Klimawirkungen der Landwirtschaft und der Milchviehhaltung 4
2.2 Grundlagen der Energie- und Treibhausgasbilanzierung 4
2.2.1 Ökobilanzierung 4
2.2.2 Grundlagen der Energiebilanzierung 5
2.2.3 Treibhausgasquellen und -bilanzierung 6
2.2.3.1 Stoffwechselbedingte Treibhausgasemissionen 7
2.2.3.2 Anbaubedingte Treibhausgasemissionen 8
2.2.3.3 Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung 10
2.2.3.4 Prozessbedingte Treibhausgasemissionen 11
2.2.4 Energie- und Treibhausgasäquivalente 12
2.2.4.1 Kraftstoffe und Strom 12
2.2.4.2 Maschinen und Geräte 15
2.2.4.3 Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel 16
2.2.4.4 Baustoffe, bauliche Anlagen und Gebäude 19
2.2.4.5 Futtermittel 21
2.2.5 Allokation 22
2.3 Energie- und Treibhausgasbilanzen in der Milchviehhaltung 22
2.3.1 Energiebilanzen in der Milchviehhaltung 22
2.3.2 Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung 24
2.4 Hypothesen 26
3 Erarbeitung einer Methodik zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung 28
3.1 Das Modell REPRO 29
3.2 Aufbau des Moduls Milchviehhaltung 29
3.3 Energiebilanzierung und prozessbedingte Treibhausgasemissionen 32
3.3.1 Futtererzeugung 32
3.3.1.1 Berechnung des fossilen Energieeinsatzes und der prozessbedingten Treibhausgasemissionen in der eigenbetrieblichen Futtererzeugung 33
3.3.1.2 Berechnung des produktspezifischen Energieeinsatzes und der produktspezifischen Treibhausgasemissionen in der eigenbetrieblichen Futtererzeugung 39
3.3.1.3 Futteraufbereitung und -einlagerung 41
3.3.1.4 Bewertung von Zukauf- und Importfuttermitteln 42
3.3.2 Futter- und Einstreulagerung 43
3.3.2.1 Lagerstätten 44
3.3.2.2 Entnahme und Vorlage 46
3.3.3 Haltungssystem 46
3.3.4 Entmistung und Wirtschaftsdüngerlagerung 48
3.3.5 Milchgewinnung und Milchlagerung 49
3.4 Landnutzungsbedingte Treibhausgasemissionen 50

3.4.1 CO_2-Emissionen aus der Humusdynamik 50
3.4.2 Lachgasemissionen 50
3.5 Stoffwechselbedingte Treibhausgasemissionen 53
3.6 Treibhausgasemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung 53
3.7 Bewertung der Nachzucht 55
3.8 Allokationsregeln 57
3.9 Statistische Auswertung 60
3.10 Energetische Kennzahlen 61
3.11 Beschreibung der Pilotbetriebe 61
3.12 Beschreibung der Modellbetriebe 63
3.13 Sensitivitätsanalyse und Szenariorechnungen 68
4 Ergebnisse der Modellanwendung in Pilotbetrieben 69
4.1 Fossiler Energieeinsatz 69
4.1.1 Futtererzeugung 71
4.1.2 Futterlagerung 79
4.1.3 Haltungssystem 81
4.1.4 Entmistung und Düngerlagerung 82
4.1.5 Milchgewinnung 82
4.1.6 Nachzucht 83
4.1.7 Gesamtbetrachtung 85
4.2 Treibhausgasemissionen 88
4.2.1 Futtererzeugung und Futterlagerung 90
4.2.2 Methanemissionen 98
4.2.3 Wirtschaftsdüngerlagerung 99
4.2.4 Futterlagerung, Haltungssystem und Milchgewinnung 100
4.2.5 Nachzucht 101
4.2.6 Gesamtbetrachtung 103
5 Ergebnisse der Modellanwendung in Modellbetrieben 107
5.1 Energieeinsatz 107
5.1.1 Futtererzeugung 109
5.1.2 Futterlagerung, Haltungssystem, Entmistung und Düngerlagerung und Milchgewinnung 110
5.1.3 Nachzucht 112
5.1.4 Gesamtbetrachtung 113
5.2 Treibhausgasemissionen 116
5.2.1 Futtererzeugung 119
5.2.2 Methanemissionen aus der Verdauung 120
5.2.3 Wirtschaftsdüngerlagerung 121
5.2.4 Futterlagerung, Haltungssystem und Milchgewinnung 123
5.2.5 Nachzucht 123
5.2.6 Gesamtbetrachtung 123
5.3 Sensitivitätsanalyse 126
5.3.1 Methanemissionen 126
5.3.2 Kohlenstoffsequestrierung 127
5.3.3 Allokationsverfahren 129

5.4 Szenariorechnungen ... 131
5.4.1 Dieseleinsatz in der Futtererzeugung ... 132
5.4.2 Futterration ... 132
5.4.3 Nutzungsdauer der Milchkühe ... 133
6 Diskussion ... 135
6.1 Diskussion des methodischen Ansatzes ... 135
6.1.1 Energiebilanz ... 135
6.1.1.1 Modellaufbau ... 135
6.1.1.2 Energieäquivalente ... 135
6.1.1.3 Futtererzeugung ... 136
6.1.1.4 Futtermittellagerung, Wirtschaftsdüngerlagerung, Haltungssystem und Milchgewinnung ... 138
6.1.1.5 Nachzucht ... 139
6.1.2 Treibhausgasbilanz ... 140
6.1.2.1 Treibhausgasemissionen aus dem Einsatz fossiler Energie ... 140
6.1.2.2 Lachgasemissionen im Pflanzenbau ... 141
6.1.2.3 Kohlenstoffsequestrierung ... 142
6.1.2.4 Wiederkäuerverdauung ... 143
6.1.2.5 Wirtschaftsdüngerlagerung ... 143
6.1.3 Allokationsverfahren ... 144
6.1.4 Auswahl der Pilotbetriebe ... 145
6.1.5 Gestaltung der Modellbetriebe ... 146
6.1.6 Datenqualität ... 147
6.2 Ergebnisdiskussion ... 148
6.2.1 Energiebilanz der Milchviehhaltung ... 148
6.2.2 Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung ... 152
6.2.3 Synthese ... 156
6.3 Relevanz der Arbeit ... 157
6.4 Weiterer Forschungsbedarf und Schlussfolgerungen ... 158
7 Zusammenfassung ... 160
8 Summary ... 164
9 Literaturverzeichnis ... 167
10 Anhang ... 183

Helmut Andreas Frank
Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung
2014 / 206 Seiten / 19,80 € / ISBN 978-3-89574-863-9
Verlag Dr. Köster, Berlin / www.verlag-koester.de