Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

IAMO
Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien

GFA CONSULTING GROUP
Generalbeauftragter BMEL
Büro Berlin

KLIMASCHUTZ UND KLIMAANPASSUNG IN SAMBIA

Dr. Florian Schierhorn und Dr. Daniel Müller

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien

GFA CONSULTING GROUP
Generalbeauftragter BMEL
Büro Berlin

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Diese Studie wurde für die GFA Consulting Group im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durchgeführt.

Die Gesamtstudie, die für neun BMEL- Schwerpunktländer durchgeführt wurde, finden Sie hier.

Februar 2020

Autoren

Dr. Florian Schierhorn[1]

Dr. Daniel Müller[1,2,3]

[1] Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle (Saale)

[2] Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

[3] Integrative Research Institute on Transformations of Human-Environment Systems (IRI THESys), Humboldt- Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

Korrespondenzadresse:

E-Mail: schierhorn@iamo.de

Telefon: +49 345 2928-325

Inhaltsverzeichnis

1.1 Einleitung 4
1.2 Klimaschutz: Forschungsstand 4
1.3 Klimaschutz: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte 7
1.4 Klimaanpassung: Forschungsstand 7
1.5 Klimaanpassung: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte 9
1.6 Literatur 9

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. THG-Emissionen der Landwirtschaft in Sambia (in CO2-Äquivalenten) ohne Landnutzungsänderung; eigene Darstellung mit Daten der FAO (2019). 5

Glossar

CA	Konservierende Bodenbearbeitung (conservation agriculture)
CO_2	Kohlendioxid
COP	Vertragsstaatenkonferenz (Conference of Parties)
Mt	Megatonne
N	Stickstoff
RUE	Regenwassernutzungseffizienz (rain use efficiency)
SOC	Bodenkohlenstoff (soil organic carbon)
SPI	Standardized precipitaton index
THG	Treibhausgase

1.1 Einleitung

Wie in vielen anderen Gebieten Afrikas südlich der Sahara ist der Maisanbau auch in Sambia der Grundpfeiler der Landwirtschaft und Mais ist das mit Abstand wichtigste Grundnahrungsmittel für die Bevölkerung. Der Maisanbau nimmt eine mittlere Erntefläche von einer Millionen Hektar ein bei einem mittleren Ertrag von 2,6 Tonnen pro Hektar zwischen 2008 and 2017 (der weltweite Durchschnitt sind 5,5 t/(ha), wobei sowohl die Anbaufläche als auch die Erträge von Jahr zu Jahr stark schwanken (FAO, 2019). Der größte Teil der Maisproduktion wird von Kleinbauern ohne Bewässerung angebaut und dient der Selbstversorgung.

Der südliche Teil Afrikas ist eine der am stärksten negativ vom Klimawandel betroffenen Regionen weltweit und Anpassungsmaßnahmen sind daher in dieser Region umso dringlicher (Lobell *et al.*, 2008). Der erwartete Anstieg der Durchschnittstemperaturen und öfter auftretende Dürren werden zudem einhergehen mit einem starken Bevölkerungswachstum und niedrigen Einkommen, sowohl in Städten als auch auf dem Land (Godfray *et al.*, 2010; Lobell *et al.*, 2008).

Der letzte Sachstandsbericht des IPCC zu Afrika (Niang *et al.*, 2014) sagte vorher, dass die Durchschnittstemperaturen in Afrika mit hoher Wahrscheinlichkeit stärker als im globalen Mittel ansteigen werden und der Klimawandel die Ökosysteme, und damit auch die lokalen Ökonomien, mit hoher Wahrscheinlichkeit negativ beeinflussen wird. Zudem wird der Klimawandel zu größerer Wasserknappheit führen und vor allem in semiariden Gebieten die Vulnerabilität der Landwirtschaft vermindern. Ähnlich wie in vielen anderen Gebieten des südlichen Afrikas werden höhere Klimaschwankungen, vor allem größere Niederschlagsschwankungen inklusive häufigerer Dürren, weiter zunehmen und vor allem in zentralen und südlichen Regionen Sambias ökonomische Schäden, inklusive höherer Armutsraten, verursachen (Niang *et al.*, 2014; Thurlow *et al.*, 2012).

1.2 Klimaschutz: Forschungsstand

THG-Emissionen der sambischen Landwirtschaft

Im Jahr 2016 hatte die Landwirtschaft in Sambia einen Anteil von 0,5% an den Gesamtemissionen der weltweiten Landwirtschaft (FAO, 2019). Insgesamt emittierte Sambia ungefähr 28 Tg CO_2 Äquivalente in 2016 (Abbildung 1). Der größte Teil davon (mehr als 17 Tg, subsummiert in der Kategorie „Andere Quellen“) geht auf Feuer in den Savannen zurück, vermutlich aufgrund von Wanderfeldbau. Die Spitzen in den Emissionen in den Jahren 1996 bis 1999, und vor allem in 1998, sind vermutlich auf andauernde Trockenheit, eventuell im Zuge von El Niño, zurückzuführen (obwohl El Niño 1998 auch zu verheerenden Überschwemmungen in der Region geführt hat).

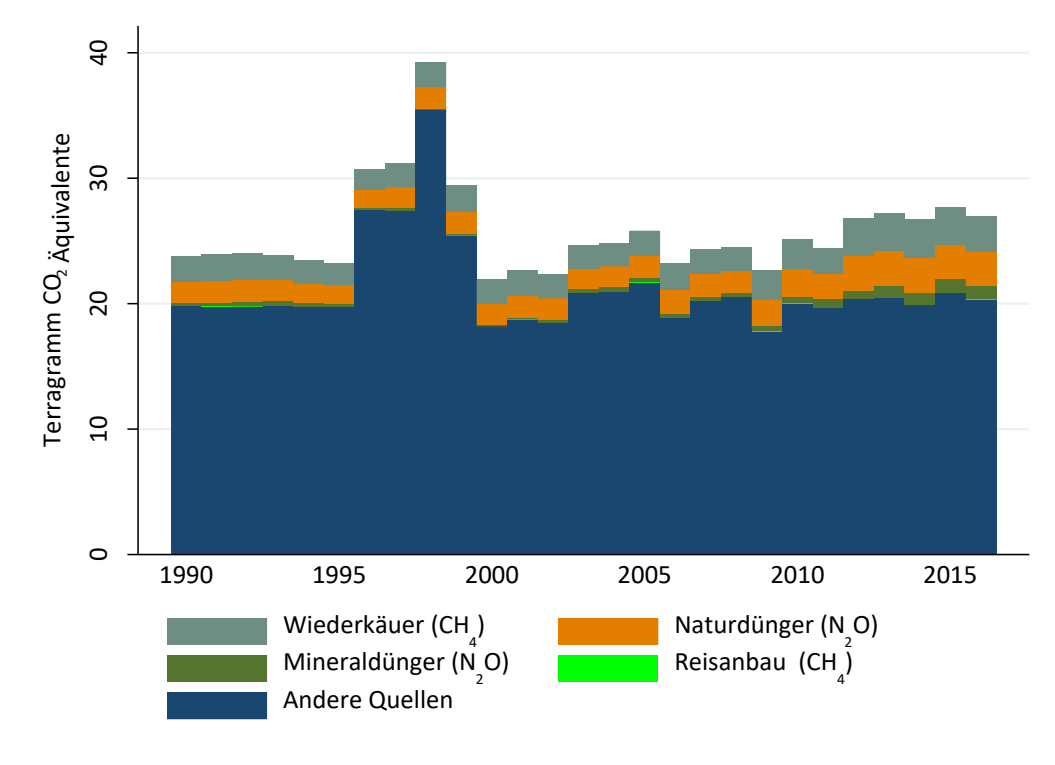

Abbildung 1. THG-Emissionen der Landwirtschaft in Sambia (in CO2-Äquivalenten) ohne Landnutzungsänderung; eigene Darstellung mit Daten der FAO (2019).

Konservierende Bodenbearbeitung und Bodenkohlenstoff

Konservierende Bodenbearbeitung (*conservation agriculture*, CA) hat wahrscheinlich auch vielfältige Vorteile in den vorherrschenden natürlichen Bedingungen im südlichen Afrika, so auch in Sambia, wo es 2016 bereits auf 316,000 Hektar eingesetzt wurde, auch in kleinbäuerlichen Betrieben (Friedrich *et al.*, 2012; Kassam *et al.*, 2019).

CA kann im südlichen Afrika die Wasserspeicherung im Boden verbessern, Bodenerosion und Wasserabfluss durch höhere Kohlenstoffspeicherung im Boden verringern und die Bodenfruchtbarkeit erhöhen (Thierfelder *et al.*, 2016). Allerdings sind CA-Systeme nicht auf allen Standorten ökonomisch sinnvoll einsetzbar. Außerdem blieben die Adoptionsraten von CA bei sambischen Kleinbauern zum Teil hinter den Erwartungen zurück, ähnlich wie beispielsweise in Marokko (siehe Kapitel 4 über Marokko). Gründe dafür sind die zusätzlich notwendige Kontrolle von Unkräutern, vor allem in den ersten Jahren nach der Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung, fehlende Maschinen und oftmals unzureichendes agronomisches Wissen bei der Implementierung und Anwendung von CA (Thierfelder *et al.*, 2016; Valbuena *et al.*, 2012).

Die Speicherung von Kohlenstoff in landwirtschaftlich genutzten Böden wird als eine der zentralen Strategien zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft

angesehen, so auch in Sambia. Allerdings sind die Effekte auf den Bodenkohlenstoff (SOC) schwer zu quantifizieren, da dafür tiefe Bodenproben in verschiedenen Landnutzungssystemen genommen werden müssen, um Änderungen des SOC robust abzuschätzen. Solche Messungen sind aufwendig und teuer und fehlen daher in vielen tropischen Regionen (Powlson *et al.*, 2016), wie auch in Sambia. Eine der wenigen verfügbaren Studien, die auf empirischen Daten und dem Vergleich von konventioneller Bodenbearbeitung und CA basiert, zeigte, dass der Kohlenstoffaufbau nur unter bestimmten Bedingungen funktioniert, wozu vor allem eine ausreichende Verfügbarkeit von Pflanzenrückständen zählt (Cheesman *et al.*, 2016). Vermutlich ist das Potenzial der Anreicherung von Kohlenstoff im Boden im südlichen Afrika, einschließlich Sambia, aufgrund der vorherrschenden Böden höher als beispielsweise auf dem indischen Subkontinent. Allerdings streuen die Ergebnisse in Anhängigkeit von Bodenstruktur und anderen Standortbedingungen erheblich (Powlson *et al.*, 2016).

Das Potenzial zur Anreicherung von Kohlenstoff in Böden ist vermutlich beschränkt, da ein Sättigungspunkt besteht, oberhalb dessen keine weitere Kohlenstoffspeicherung erfolgt. Außerdem sollte die Anreichung von Bodenkohlenstoff in abbauresistenter Form stattfinden, was bei pflugloser Bodenbearbeitung nur bedingt der Fall ist, da der Kohlenstoff zum Teil in „labiler“ Form gespeichert wird und bei Landnutzungsänderungen, wie erneutem Pflügen, wieder frei gegeben wird (Powlson *et al.*, 2016). Generell wird die höchste SOC-Speicherungsrate erreicht, wenn das Ackerland aufgegeben und in Brache überführt wird (Smith *et al.*, 2008). Da die Messung der inkrementellen Speicherung von Bodenkohlenstoff aufwendig und teuer ist und auch nur punktuell durchgeführt werden kann, sind die damit verbundenen Emissionsminderungen somit nur schwer messbar und es ist schwierig diese verlässlich in einem Monitoring-System nachzuweisen.

Das größte Potenzial zur Emissionsminderung im Zusammenhang mit reduzierter oder pflugloser Bodenbearbeitung liegt in Sambia in der Reduzierung der weitverbreiteten Praxis des Abbrennens der Pflanzenrückstände nach der Ernte, die als CO_2 in die Atmosphäre gelangen. Diese Emissionen, die direkt der Landwirtschaft zugeordnet werden, summieren sich in Sambia laut FAO auf 75%, oder 20 Tg CO_2-Äquivalenten, der Gesamtemissionen des Landes (Abbildung 1).

Neben Vorteilen in der Emissionsminderung können CA Systeme auch agronomische und ökonomische Vorteile für die vielen Kleinbauern haben, die in Sambia oftmals nah an der Armutsgrenze wirtschaften. Reduzierte oder pfluglose Bodenbearbeitung kann langfristig die Bodenstruktur verbessern und damit weitere Ökosystemdienstleistungen, wie eine verbesserte Wasserspeicherfähigkeit, erwirken. Insbesondere in Gebieten in denen unzureichende Wasserverfügbarkeit ein limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum ist, ist eine Verbesserung der Effizienz der Wasserversorgung wichtig. Allerdings sind die positiven Effekte der CA-Systeme vom ausreichenden Verbleib von Mulchmaterial und Pflanzenrückständen (*crop residues*) auf den Feldern abhängig. Da die Pflanzenreste im südlichen Teil Afrikas auch als Tierfutter und

Brennmaterial eingesetzt werden, ist die auf den Feldern verbleibende Biomasse häufig zu gering für den Aufbau einer verbesserten Bodenstruktur (Baudron *et al.*, 2015). Daher sollte vor der Einführung von CA sichergestellt werden, dass hinreichende Mengen an Biomasse auf den Feldern verbleiben, ohne das Nutzungskonflikte aufgrund der Einschränkung alternativer Biomassenutzungen entstehen. Um das zu erreichen sollten Ansätze entwickelt werden, die die benötigten Pflanzenrückstände substituieren können (Valbuena *et al.*, 2012). Eine Möglichkeit die Verfügbarkeit von Pflanzenrückständen zu verbessern ist die Einbindung von stickstoffbindenden Hülsenfrüchten (zum Beispiel Bohnen, Erbsen oder Kichererbsen) in die Fruchtfolgen (Manda *et al.*, 2016).

Ein weiterer großer Vorteil von CA im südlichen Afrika wäre eine Anbaudiversifizierung, und hier vor allem die Verbesserung der Fruchtfolgen (Powlson *et al.*, 2016). Trotz der bisher relativ geringen Adoption von verbesserten Fruchtfolgen zeigen einige Beispiele die positiven Folgen einer solchen Diversifizierung für die Bodenfruchtbarkeit und das Einkommen von Kleinbauern (Thierfelder *et al.*, 2013).

1.3 Klimaschutz: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte

Die für das südliche Afrika vorhergesagten Auswirkungen des Klimawandels werden vermutlich den Handlungsspielraum für CA vergrößern. Zum einen wird die verbesserte Wasserhaltekapazität zunehmend wichtig werden im Hinblick auf häufigere Perioden mit unterdurchschnittlichem oder länger ausbleibendem Niederschlag. Allerdings gilt auch hier, dass standortspezifische Charakteristika beachtet werden müssen, da es keine „one-size-fits-all“ Projekte geben wird. Weiterhin sollten Projekte, die eine größere Verbreitung von CA in Sambia zum Ziel haben, vor allem die Kapitalknappheit der Kleinbauern adressieren sowie agronomische Fortbildung bereitstellen.

Das größte Potenzial zum Klimaschutz haben in Sambia jedoch Maßnahmen, die die Emissionen durch Landnutzungsänderungen vermindern. Sambia hat eine der höchsten Entwaldungsraten weltweit, vor allem aufgrund der Expansion von kleinbäuerlicher Landwirtschaft, aber auch wegen der Ausbreitung größerer, ausschließlich kommerziell orientierter Agrarunternehmen (Searchinger *et al.*, 2015). Eine Verbesserung der Rentabilität der Landwirtschaft sollte daher auch in Sambia Rebound-Effekte auf mögliche Landnutzungsexpansion in Betracht ziehen, um effizienten Klimaschutz zu erreichen und um auch andern, in den vorherrschenden Trockenwäldern (dem Miombo) die bereitgestellten Ökosystemdienstleitungen und die endemische Biodiversität zu bewahren.

1.4 Klimaanpassung: Forschungsstand

Die Unterstützung von Anpassungsmaßnahmen an dem Klimawandel ist besonders in Afrika sehr wichtig, da viele Landwirte aufgrund vieler unterschiedlicher Barrieren wenig Möglichkeiten zur Anpassung besitzen. Die wichtigsten Einschränkungen sind fehlendes Kapital, schlechte

Infrastruktur, ungenügender Zugang zu Land und Wasser, minderwertige Qualität von Inputs wie Saatgut, fehlende technologische Möglichkeiten und oftmals mangelhafte institutionelle Unterstützung (Niang *et al.*, 2014).

Ackerbau

Die Anpassung des kleinbäuerlichen Ackerbaus an den Klimawandel wird eine entscheidende Stellschraube sein, um Armutsminderung nicht zu gefährden und eine nachhaltige ländliche Entwicklung in Sambia sicherzustellen. Eine wichtige Rolle wird dabei das Grundnahrungsmittel Mais spielen. Mais wird als C4-Pflanze teilweise von einem erhöhten CO_2-Gehalt in der Atmosphäre profitieren. Allerdings könnte dieser ertragssteigernde Effekt durch den vom Klimawandel verursachten Anstieg der Hitze- und Dürreperioden kompensiert werden (Cairns *et al.*, 2013). Daher sollte eine zentrale Anpassungsstrategie die Verbesserung des genetischen Materials der Maissorten sein (*germplasm improvement*) (Cairns *et al.*, 2013). Allerdings muss bei der Einführung neuer Sorten sorgfältig abgewogen werden, mit welchen Adoptionshürden die Einführung neuer Sorten, vor allem für die vulnerablen Kleinbauern, verbunden ist. Zum einen muss bei der Einführung neuer Sorten die Kapitalknappheit der Landwirte beachtet werden, wenn zum Beispiel neue Hochleistungsorten größere Mengen an Produktionsmitteln wie Dünger und Pflanzenschutzmittel beanspruchen, wodurch sich die Produktionskosten erheblich erhöhen können (Manda *et al.*, 2016).

Wassernutzung

Im Gegensatz zu vielen anderen Ländern im südlichen Afrika hat Sambia in den meisten Gebieten ausreichend Wasser für die Landwirtschaft zur Verfügung, da das Land zu einem großen Teil im Einzugsgebiet des Sambesi liegt. Allerdings werden die Niederschlagsmengen mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund des Klimawandels sinken, die Anzahl und Dauer der Hitzewellen steigen und somit tendenziell weniger Wasser zur Verfügung stehen. Außerdem weitet Sambia seine Bewässerungsflächen schnell aus, was, verbunden mit dem durch das schnelle Bevölkerungswachstum verursachten Wasserverbrauchs, in der Zukunft zu Wassermangel führen könnte und auch zu Konflikten mit flussabwärts gelegenen Ländern, vor allem mit Simbabwe (Beck & Bernauer, 2011). Gleichzeitig wird 1 km^3 virtuelles Wasser pro Jahr von Simbabwe aus Sambia in Form von Nahrungsmitteln importiert (Conway *et al.*, 2015). Niedrigere Wasserstände durch sinkende Niederschläge und Dürren gefährden auch den Energiesektor Sambias, das zu nahezu 100% seiner Energie mit Wasserkraftwerken produziert (Conway *et al.*, 2015).

Angesichts der Gefahr, dass sich die Schere zwischen zunehmendem Wasserbedarf und sinkender Wasserverfügbarkeit in Zukunft öffnet, sind Maßnahmen zur effizienteren Wassernutzung in der Landwirtschaft dringlich. In der Literatur wird effizientere Wassernutzung vorwiegend im Kontext von CA behandelt (siehe oben). Effizientere Bewässerungssysteme und CA werden die zentralen Stellschrauben im Pflanzenbau sein, um die Wassereffizienz zu erhöhen, wie in verschiedenen

Studien im südlichen Afrika gezeigt wurde (zum Beispiel Thierfelder *et al.*, 2015). Außerdem können auch Leguminosen als Zwischenfrüchte im Mais die Wassernutzugseffizienz, und somit auch die Ertragsstabilität, verbessern und zur Anbau- sowie Einkommensdiversifizierung beitragen (Sileshi *et al.*, 2011).

1.5 Klimaanpassung: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte

Sambia ist ein agrarisch geprägtes Land mit vielen kleinen und mittelgroßen landwirtschaftlichen Betrieben. Diese kleinbäuerlichen Akteure stellen die wichtigste Zielgruppe im Hinblick auf die Anpassung an zukünftige Herausforderungen im Zuge des Klimawandels dar. Die Herausforderungen sind vor allem wetterbedingt und mit Zugang und Verteilung von Wasser verknüpft. Eine zentrale Stellschraube wird die weitere Verbesserung der Adoptionsraten von *Conservation Agriculture* durch Abbau der Adoptionshemmnisse für kleine und mittelgroße Landwirte sein. Eine Erhöhung der Wassernutzungseffizienz kann ebenfalls durch agronomische Maßnahmen erreicht werden, wie durch verbessertes Pflanzenmaterial und der Bepreisung von der Wasserentnahme (für Bewässerung) als ökonomisches Steuerungsinstrument. Außerdem wird das Ertragsrisiko im Ackerbau vermutlich steigen, da das südliche Afrika häufiger von immer stärker zu werdenden Dürren heimgesucht wird, wie in den Jahren 2015 und 2016 und erneut in 2019 als Folge von offensichtlich vermehrt und stärker auftretenden El Niños in der Region.

1.6 Literatur

Baudron, F., Thierfelder, C., Nyagumbo, I., & Gérard, B. (2015). Where to Target Conservation Agriculture for African Smallholders? How to Overcome Challenges Associated with its Implementation? Experience from Eastern and Southern Africa. *Environments, 2*(3), 338-357.

Beck, L., & Bernauer, T. (2011). How will combined changes in water demand and climate affect water availability in the Zambezi river basin? *Global Environmental Change, 21*(3), 1061-1072.

Cairns, J. E., Hellin, J., Sonder, K., Araus, J. L., MacRobert, J. F., Thierfelder, C., & Prasanna, B. M. (2013). Adapting maize production to climate change in sub-Saharan Africa. *Food Security, 5*(3), 345-360.

Cheesman, S., Thierfelder, C., Eash, N. S., Kassie, G. T., & Frossard, E. (2016). Soil carbon stocks in conservation agriculture systems of Southern Africa. *Soil and Tillage Research, 156*, 99-109.

Conway, D., van Garderen, E. A., Deryng, D., Dorling, S., Krueger, T., Landman, W., . . . Dalin, C. (2015). Climate and southern Africa's water–energy–food nexus. *Nature Climate Change, 5*, 837.

FAO. (2019). FAOSTAT data. Retrieved from http://faostat.fao.org on 10 June 2019

Friedrich, T., Derpsch, R., & Kassam, A. (2012). Overview of the global spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports, Special Issue 6*([Online] http://journals.openedition.org/factsreports/1941).

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., . . . Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science, 327*(5967), 812-818.

Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2019). Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies, 76*(1), 29-51.

Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2008). Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science, 319*(5863), 607-610.

Manda, J., Alene, A. D., Gardebroek, C., Kassie, M., & Tembo, G. (2016). Adoption and Impacts of Sustainable Agricultural Practices on Maize Yields and Incomes: Evidence from Rural Zambia. *Journal of Agricultural Economics, 67*(1), 130-153.

Niang, I., Ruppel, O. C., Abdrabo, M. A., Essel, A., Lennard, C., Padgham, J., & Urquhart, P. (2014). Africa. In V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* (pp. 1199-1265). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Powlson, D. S., Stirling, C. M., Thierfelder, C., White, R. P., & Jat, M. L. (2016). Does conservation agriculture deliver climate change mitigation through soil carbon sequestration in tropical agro-ecosystems? *Agriculture, Ecosystems & Environment, 220*, 164-174.

Searchinger, T. D., Estes, L., Thornton, P. K., Beringer, T., Notenbaert, A., Rubenstein, D., . . . Herrero, M. (2015). High carbon and biodiversity costs from converting Africa's wet savannahs to cropland. *Nature Climate Change, 5*(5), 481-486.

Sileshi, G. W., Akinnifesi, F. K., Ajayi, O. C., & Muys, B. (2011). Integration of legume trees in maize-based cropping systems improves rain use efficiency and yield stability under rain-fed agriculture. *Agricultural Water Management, 98*(9), 1364-1372.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., . . . Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363*(1492), 789-813.

Thierfelder, C., Cheesman, S., & Rusinamhodzi, L. (2013). Benefits and challenges of crop rotations in maize-based conservation agriculture (CA) cropping systems of southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability, 11*(2), 108-124.

Thierfelder, C., Matemba-Mutasa, R., Bunderson, W. T., Mutenje, M., Nyagumbo, I., & Mupangwa, W. (2016). Evaluating manual conservation agriculture systems in southern Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 222*, 112-124.

Thierfelder, C., Rusinamhodzi, L., Ngwira, A. R., Mupangwa, W., Nyagumbo, I., Kassie, G. T., & Cairns, J. E. (2015). Conservation agriculture in Southern Africa: Advances in knowledge. *Renewable Agriculture and Food Systems, 30*(4), 328-348.

Thurlow, J., Zhu, T., & Diao, X. (2012). Current Climate Variability and Future Climate Change: Estimated Growth and Poverty Impacts for Zambia. *Review of Development Economics, 16*(3), 394-411.

Valbuena, D., Erenstein, O., Homann-Kee Tui, S., Abdoulaye, T., Claessens, L., Duncan, A. J., . . . van Wijk, M. T. (2012). Conservation Agriculture in mixed crop–livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Field Crops Research, 132*, 175-184.