

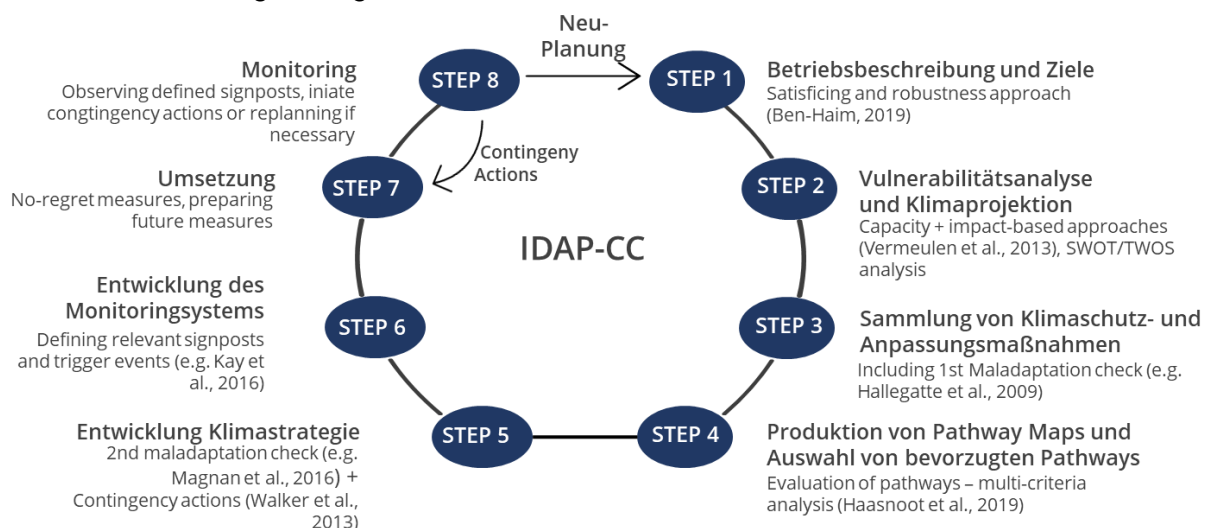
Entwicklung und Anwendung eines dynamischen Frameworks für die Planung von Klimaschutz und -anpassung auf Betriebsebene – Fallstudie eines landwirtschaftlichen Betriebs in Nordhessen - *Executive Summary (short version)*

1.0 Kurzdarstellung:

- Klimaschutz und Klimaanpassung auf Betriebsebene konzentriert sich momentan auf inkrementelle und autonome Maßnahmen. Unsicherheiten bezüglich Auswirkungen des Klimawandels, das Risiko von Fehlanpassung und die Notwendigkeit transformativer Anpassung werden größtenteils nicht berücksichtigt.
- Ein umfassendes Framework für die Planung von Klimaschutz und -anpassung auf Betriebsebene wurde entwickelt. Dieses integriert die zuvor genannten Defizite und entspricht dem dynamischen und unsicheren Verlauf des Klimawandels.
- Die virtuelle Anwendung des Frameworks auf einen Beispielbetrieb zeigt, dass die entwickelte Strategie für Klimaschutz und -anpassung das Potential hat, betriebspezifische Ziele zu erfüllen und Treibhausgasemissionen (THG) zu reduzieren.
- Erste qualitative Hinweise für das Potential des Frameworks gute sowie transformative Klimaanpassungsentscheidungen zu unterstützen wurden erbracht.

2.0 Das IDAP-CC Framework – Beschreibung und Anwendung

Das IDAP-CC Framework (“integrated and dynamic agricultural planning for climate change”) basiert auf “Decisionmaking under Deep Uncertainty” (“Entscheidungsprozesse bei tiefer Unsicherheit“; Marchau et al., 2019) und “Farm Strategic Planning” („Strategische Betriebsplanung“; Barnard and Nix, 1979; Kay et al., 2016). Der “Dynamic Adaptive Policy Pathways” (DAPP) Ansatz ist die methodische Grundlage (“Dynamische und adaptive Maßnahmen-Pfade“; Haasnoot et al., 2013; Haasnoot et al., 2019). Dieses Konzept bearbeitet das Problem von Unsicherheit dadurch, dass es dem Anwender ermöglicht, proaktiv zu planen. Dabei werden Anpassungsmaßnahmen flexibel gestaltet und im Verlauf der Zeit umgesetzt, dargestellt in so genannten „adaptation pathways“. Für das IDAP-CC wurden die einzelnen Schritte der DAPP-Methode genutzt und modifiziert. Dabei flossen Erkenntnisse aus der strategischen Betriebsplanung, Praxis-Projekten (z.B. AgriAdapt, SOLMACC) sowie weiterer Forschung bzgl. Klimawandel und Landwirtschaft mit ein. Eine Übersicht des Frameworks ist in Fig. 1 dargestellt.

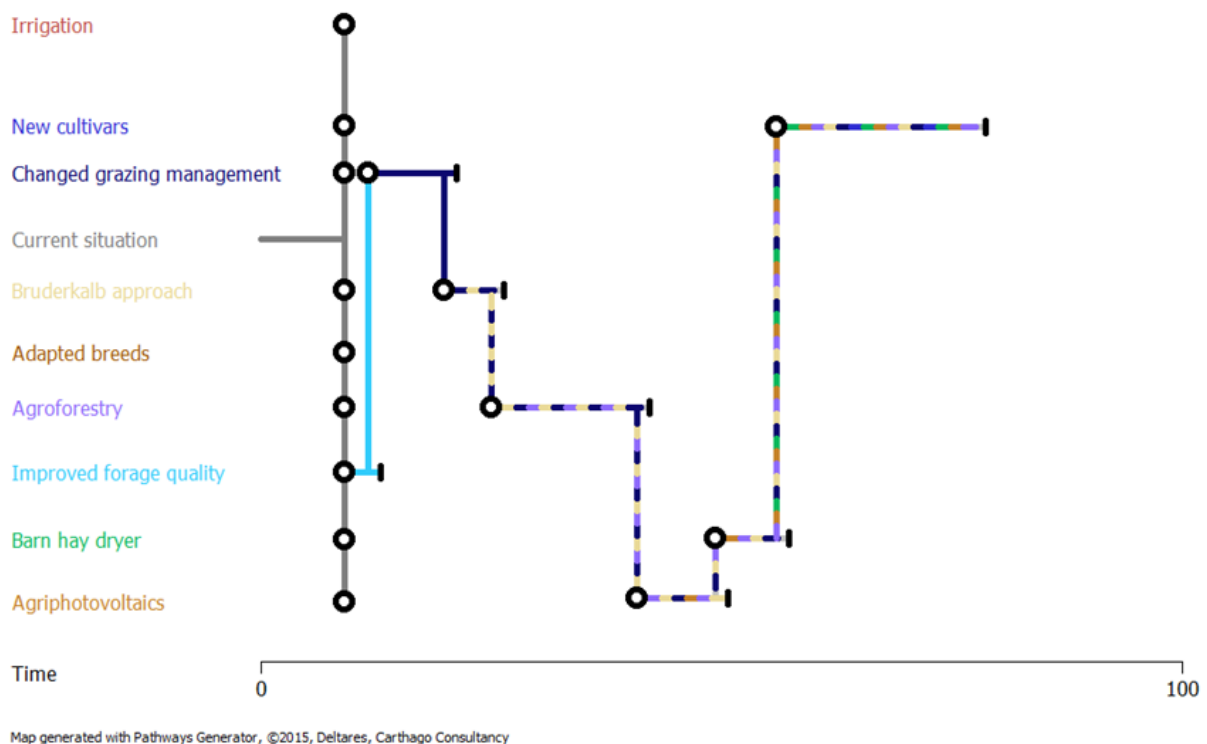


Figur 1: Grundgerüst des IDAP-CC Frameworks

Anwendung des Frameworks anhand eines Beispielbetriebs

Beispielbetrieb: Der landwirtschaftliche Betrieb befindet sich in Calden-Fürstenwald in der Nähe der Stadt Kassel in Nordhessen, Deutschland. Es handelt sich um einen Nebenerwerbsbetrieb mit 55ha und den Betriebszweigen Mutterkuhhaltung mit Fleisch-Direktvermarktung (12 GV), Getreideanbau und Pensionspferdehaltung (25 Pferde). Der Betrieb ist Mitglied des Gäa Anbauverbandes und wirtschaftet entsprechend den Richtlinien des ökologischen Anbaus. Die bewirtschafteten Böden sind größtenteils Grenzertragsstandorte mit Bodenzahlen kleiner 30.

Das Hauptprodukt der Framework Anwendung sind mehrere „Pathway Maps“ („Fahrpläne“), die verschiedene Sequenzen von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen darstellen. Dafür wurden zuerst auf Basis der betrieblichen Merkmale und regionaler Klimaprojektionen (*Step 1* und *Step 2*) verschiedene Maßnahmen gesammelt (*Step 3*). Diese wurden in Pathway Maps organisiert, aus denen anschließend bevorzugte Pathways ausgewählt wurden (*Step 4*; dargestellt in Fig. 2 für den Produktionszweig „Rinderhaltung“). Auf Basis der erstellten Pathways wurde anschließend eine betriebsindividuelle Klimastrategie entwickelt (auch genannt „BK-Pathway“), die die einzelnen Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen spezifiziert, koordiniert sowie deren Wirksamkeit kontrolliert (*Step 5*). Eine Zusammenfassung der Klimastrategie ist in Fig. 3 dargestellt. Anschließend wurde das Monitoringsystem gestaltet (*Step 6*). Umsetzung (*Step 7*) und Start des Monitorings (*Step 8*) konnten im Rahmen der Thesis nicht umgesetzt werden.



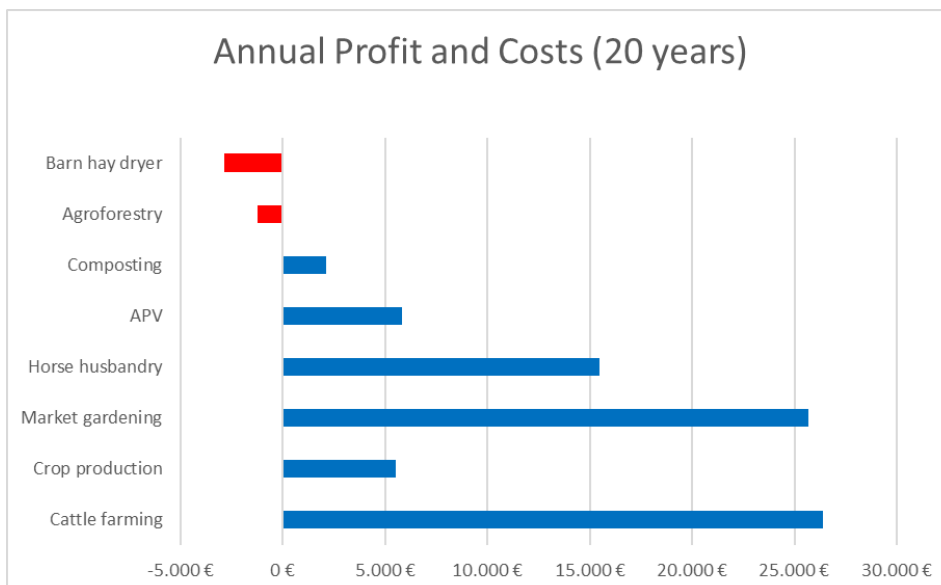
Figur 2: Die Pathway Map für den Betriebszweig Rinderhaltung. Gezeigt werden verschiedene Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen und ein potentieller „Adaptation Pathway“ (Abfolge bzw. Kombination der einzelnen Maßnahmen)

Betriebsindividuelle Klimastrategie – outline		
Umsetzungs- und Testphase (kurzfristig)	Vorbereitung (mittelfristig)	Zukunft (langfristig)
<ul style="list-style-type: none"> – Umwandlung von marginalem Ackerland in Grünland – Einführung trockenheitstoleranter Grass- und Leguminosensorten – Modifiziertes Weidemanagement – Neue Feldfrüchte (z.B. Kichererbse) – Market gardening (Diversifizierung) 	<ul style="list-style-type: none"> – Bruderkalb (Aufzucht von männlichen Tieren aus Milchviehhaltung) – Agroforst – Agriphotovoltaik (APV) – Kompostierung – Heutrocknung 	<ul style="list-style-type: none"> – Erweiterte Regenwassergewinnung – Angepasste Rinderrassen – Betriebseigene Verarbeitung (z.B. Getreide) – Gastronomie – Bewässerung – Gewächshaus oder Hydroponische Nahrungsmittelerzeugung – Verstärkung der nicht-landwirtschaftlichen Einkommensquellen

Figur 3: Darstellung der einzelnen Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen aus denen die betriebsindividuelle Klimastrategie besteht, aufgeteilt in verschiedene zeitliche Phasen

3.0 Ergebnisse und Diskussion

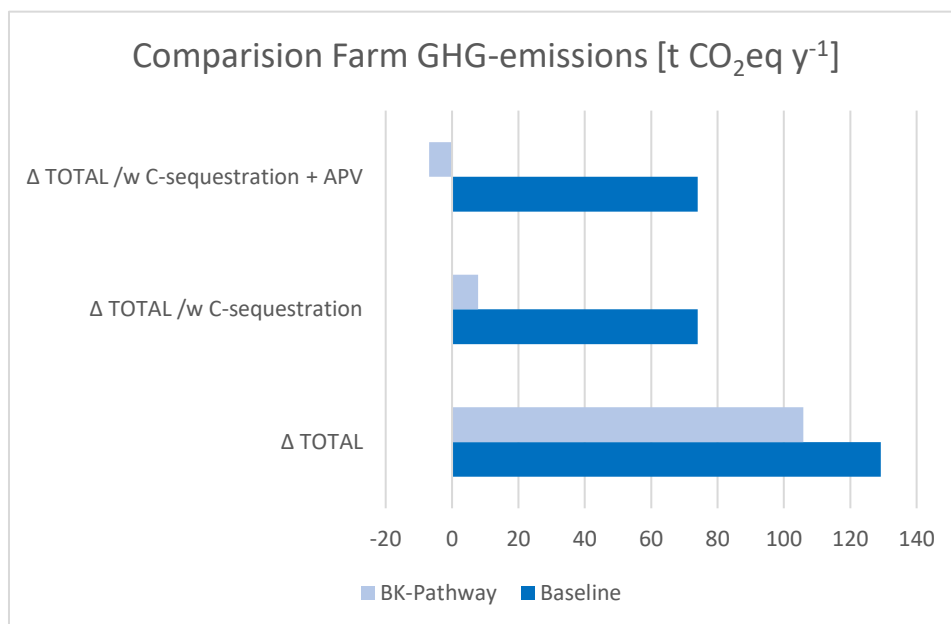
Ökonomische Bewertung: Das ökonomische Potential der entwickelten Klimastrategie wurde mit Hilfe von Net Margin Analysis bewertet (Firth, 2002; vergleichbar mit „Einzelkostenfreie Leistung“). Diese Analyse zeigt, dass auf Basis der verschiedenen Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen eine jährliche Net Margin von 74.397€ erzielt werden kann (Betriebsindividuelles Ziel: 60.000€). Damit müssen Gemeinkosten und Betriebsleiter bzw. die Betriebsfamilie finanziert werden. Detaillierte Angaben über die einzelnen Maßnahmen finden sich in Fig. 4. Es muss beachtet werden, dass dieses Ergebnis begrenzte Aussagekraft besitzt und nur als Trendindikator bewertet werden sollte. Für die Berechnungen mussten mehrere Vereinfachungen und Annahmen getroffen werden, da ein höherer Detailgrad den Rahmen der Thesis überschritten hätte.



Figur 4: Die ökonomische Auswertung der Klimastrategie, aufgeteilt nach den verschiedenen Maßnahmen und Produktionszweigen, dargestellt in € (Net Margin) pro Jahr (Betrachtungszeitraum: 20 Jahre)

Klimabilanz: Aufgrund der Heterogenität der Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen wurden die verschiedenen Maßnahmen einzeln analysiert. Dafür wurden verschiedene Methoden verwendet. Das Potential der Kohlenstoffspeicherung wurde mit Methoden des IPCC (2019) bewertet.

Insgesamt können die betrieblichen THG-Emissionen von 74t CO₂eq y⁻¹ (Baseline) auf -7t CO₂eq y⁻¹ (BK Pathway) reduziert werden. Die Einsparungen resultieren hauptsächlich aus der relativen Reduktion der Tierzahl und der erhöhten C-Sequestration infolge der Umwandlung von Acker- in Grünland (linear kalkuliert über einen Zeithorizont von 20 Jahren; IPCC, 2019). Im Allgemeinen kann festgehalten werden, dass das THG-Reduktionspotential stark von der Art und Weise abhängig ist, wie und ob C-Sequestration in die Kalkulationen miteinbezogen werden. Dies wird in Fig. 5 verdeutlicht. Zusätzliche Emissionen im Vergleich zu den Referenzemissionen ergeben sich aus den Maßnahmen „Market gardening“, „Kompostierung“ und „Heutrocknung“.



Figur 5: Vergleich der gesamtbetrieblichen Klimabilanz vor und nach der Anwendung der Klimastrategie, unterteilt nach der Einbeziehung von C-Sequestration und PV-Strom (Betrachtungszeitraum: 20 Jahre)

Sensitivitätsanalyse: Daten aus dem Jahr 2018 wurden genutzt, um zu simulieren, wie sich bestimmte Parameter in einen Extremjahr (Hitze und Dürre) verändern und wie sich dies auf den ökonomischen Erfolg der Klimastrategie auswirken könnte. Einbezogene Faktoren umfassen Rückgang von Grünland- und Futtererträgen, Erhöhung von Raufutterpreisen und Rückgang von Getreideerträgen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Klimastrategie auch unter extremen Wetterbedingungen die betriebspezifischen ökonomischen Ziele erreichen kann (Net Margin: 57.634€ y⁻¹). Jedoch sind viele relevante Faktoren noch nicht berücksichtigt (z.B. Entwicklung von Krankheiten und Schaderregern oder veränderte Preisstrukturen) und das Ergebnis muss unter Berücksichtigung dieser Limitierung betrachtet werden.

Framework Anwendung: Der Prozess der Anwendung wurde schrittweise analysiert, um Potential und Einschränkungen des Frameworks zu identifizieren (vgl. Haasnoot et al., 2013). Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- Moderate Klimaveränderungen, wie sie von den verwendeten Projektionen für die nahe Zukunft gezeigt werden, decken sich nicht mit den jüngsten Erfahrungen der Betriebsangehörigen bzgl. schwerer Hitze und Dürreperioden. Dies limitierte den

Nutzen, der aus den Klimaprojektionen gezogen werden konnte. Ausgehend von Brown et al. (2019) wird vermutet, dass zu große Aufwendungen für das Auswählen bestimmter Klimaprojektionen auf Betriebsebene nicht lohnend sind aufgrund der verbundenen Unsicherheiten.

- Die Integration von weiteren ökologischen und sozialen Zielen wurde erschwert durch die Abwesenheit messbarer Parameter bzw. der Formulierung qualitativer Ziele. Das Framework könnte erweitert werden durch die Nutzung weiterer Bewertungsverfahren, z.B. das Punktesystem Biodiversität, entwickelt von dem Bioland Anbauverband.
- Die Integration von Computer-Modellen könnte Experten und Betriebsangehörige bei der Anwendung des Frameworks unterstützen und die das Problem der Subjektivität verringern. Jedoch sind die meisten Modell-Ansätze in der jetzigen Form nicht praktikabel für die Betriebsebene.
- Die Analyse von möglichen Fehlanpassungen ist subjektiv und anfällig für Fehler. Die Schaffung von Netzwerken aus Experten und Landwirten, die gegenseitig entwickelte Klimastrategien und Maßnahmen co-evaluieren, könnte ein Ansatz sein, diesem Problem zu begegnen (auch genannt „Red-Teaming“).

Des Weiteren wurde untersucht, ob das IDAP-CC Framework in der Lage ist gute und transformative Anpassungsentscheidungen zu unterstützen. Dies wurde qualitativ durchgeführt, auf Basis der Indikatoren von Jones et al. (2014) und Vermeulen et al. (2018), zusammengefasst in Fig. 6. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die meisten Indikatoren erfüllt werden und somit erste Hinweise bestehen, dass das entwickelte Framework die Entwicklung guter und transformativer Anpassungsentscheidungen unterstützt.

4.0 Zusammenfassung

Das IDAP-CC Framework hat das Potential robuste und betriebsindividuelle Klimaschutz- und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Diese sind theoretisch fähig ökonomische Betriebsziele zu erreichen und THG-Emissionen zu senken. Dennoch, diverse Annahmen und Vereinfachungen mussten getroffen werden, welche die Aussagekraft der Ergebnisse reduzieren. Zu diesem Zeitpunkt können keine Aussagen bzgl. den tatsächlichen Auswirkungen der entwickelten Klimastrategie auf Ökonomie und Klimaschutz gemacht werden, da keine reale Implementierung der Maßnahmen durchgeführt wurde. Gleichermaßen kann keine Aussage dazu getroffen werden, ob Landwirte, Experten und Wissenschaftler das Framework als nützlich und praktikabel wahrnehmen werden.

Trotz diesen Einschränkungen kann festgehalten werden, dass das IDAP-CC Framework einen neuen Ansatz bietet, um betriebsindividuelle Klimastrategien zu entwickeln, die sowohl Klimaschutz und -anpassung, sowie ökonomische, ökologische und soziale Faktoren berücksichtigen. Es bietet einen Ausgangspunkt um Unsicherheiten, das Risiko von Fehlanpassung sowie transformative Anpassung aktiv in den betrieblichen Planungsprozess zu integrieren. Auch wenn der praktische Nutzen noch nicht bewertet werden kann, so kann es doch als Ausgangspunkt zukünftiger Forschung dienen. Beispielsweise könnte das Framework in einer weiter aufgestellten Feldstudie getestet werden, in der Experten und Landwirte gleichermaßen involviert werden, um die Anwendung auszuwerten. Auf Basis dieser Erkenntnisse könnte das Framework weiterentwickelt und optimiert werden. Anschließend könnten Langzeitstudien durchgeführt werden, um zu überprüfen, ob die entwickelten Klimastrategien tatsächlich von den landwirtschaftlichen Betrieben umgesetzt werden und ob die Nutzung des Frameworks Lernprozesse anregt und langfristig die Gestaltungskompetenz der Anwender erhöht.

Good adaptation decisions – Jones et al. (2014)	Auswertung	Transformative adaptation – Vermeulen et al. (2018)	Auswertung
Ziele werden entsprechend der Zielgruppen formuliert	++	Anpassungsentscheidungen werden aufgrund des Klimawandels getroffen, können aber mehrere Ziele haben	++
Anpassungsentscheidungen respektieren die Eigenschaften des betreffenden Systems	++	Mehr als ein Drittel der Produktionsfaktoren Arbeit, Land oder Kapital wird innerbetrieblich umverteilt	Nicht ausgewertet
Diverse Optionen werden betrachtet, um die formulierten Ziele zu erreichen	++	Mehr als ein Drittel des landwirtschaftlich erzeugten Outputs verschiebt sich zwischen bestehenden oder zu neuen Produktionszweigen	++
Die best möglichen Quellen wurden genutzt um potentielle Konsequenzen der Optionen zu erfassen	+	Die Veränderungen bzgl. der Produktionsfaktoren oder des landwirtschaftlichen Outputs findet innerhalb von 25 Jahren statt	++
Vor- und Nachteile der einzelnen Optionen werden beurteilt	++		
Verschiedene Perspektiven werden eingenommen, um Entscheidungen und Optionen zu bewerten	+		
Die Entscheidungen sind inklusiv und berücksichtigen alle direkt oder indirekt Beteiligten	++		
Der Erfolg der Entscheidungen wird überwacht	++		
Der Erfolg wird mit bestimmten Indikatoren überwacht. Diese zeigen an, wenn Anpassungsentscheidungen überarbeitet werden müssen	+		

Figur 6: Kriterien für die vor-läufige Auswertung des IDAP-CC Frameworks.
Auswertung: ++ = Kriterium komplett erfüllt, + = Kriterium teilweise erfüllt

5.0 Literatur

AgriAdapt. (2019). Landwirtschaft und Anpassung – Handbuch zur nachhaltigen Anpassung der Europäischen Landwirtschaft an den Klimawandel.

Barnard, C., & Nix, J. (1979). Farm Planning and Control (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511559914

Brown, C., Steinschneider, S., Ray, P., Wi, S., Basdekas, L., Yates, D. (2019). Decision Scaling (DS): Decision Support for Climate Change. In: V. A. W. J. Marchau et al. (eds.). (2019). Decision Making under Deep Uncertainty. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2_4

Firth, C. (2002). The use of gross and net margins in the economic analysis of organic farms.

Haasnoot, M., Kwakkel, J-H., Walker, W-E., Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. Global Environmental Change. 23, Issue 2. 485-498. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.006>

Haasnoot, M., Warren, A., Kwakkel, J-H. (2019). Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP). In: V. A. W. J. Marchau et al. (eds.). (2019). Decision Making under Deep Uncertainty. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2_4

IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, eds. E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, S. Federici. Switzerland: IPCC.

Jones, R.N., Patwardhan, A., Cohen, S.J., Dessai, S., Lammel, A., Lempert, R.J., Mirza, M.M.Q., and von Storch, H. (2014). Foundations for decision making. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, 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, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 195-228.

Kay, R. D., Edwards, W. M., Duffy, P. A. (2016). Farm Management. McGraw-Hill Education. New York.

Marchau, V. A. W. J., Walker, W. E., Bloemen, P. J. T. M., Popper, S. W. (2019). Decision Making under Deep Uncertainty - From Theory to Practice. Springer Nature Switzerland AG. ISBN 978-3-030-05252-2 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2>

SOLMACC. (2018). Climate-friendly practices on your farm – A practical manual. FiBL. Frankfurt.

Vermeulen, S. J., Dinesh, D., Howden, S. M., Cramer, L., Thornton, P. K. (2018). Transformation in Practice: A Review of Empirical Cases of Transformational Adaptation in Agriculture Under Climate Change. Frontiers in Sustainable Food Systems 2:65.