

Transparenter Umgang mit Zielkonflikten für eine gewässerschonende Schweizer Landwirtschaft

Anne Dietzel¹, Pascal Zaffarano² und Christian Stamm³

¹VSA-Plattform Wasserqualität c/o Eawag, 8600 Dübendorf, Schweiz

²Bundesamt für Landwirtschaft, 3097 Liebefeld, Schweiz

³Eawag, 8600 Dübendorf, Schweiz

Auskünfte: Anne Dietzel, E-Mail: anne.dietzel@eawag.ch

<https://doi.org/10.34776/afs11-217> Publikationsdatum: 2. Dezember 2020



Zielkonflikte zwischen Produktion und Gewässerschutz prägen die Schweizer Landwirtschaft. Diese wurden mit einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA) untersucht. (Foto: Markus Zeh)

Zusammenfassung

Gemäss Verfassungsauftrag ist die Schweizer Landwirtschaft stark multifunktional ausgerichtet. Diese Multifunktionalität kann Zielkonflikte auslösen zwischen der sicheren Versorgung der Bevölkerung, der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, der Pflege der Kulturlandschaft und der dezentralen Besiedlung des Landes. Um derartige Zielkonflikte systematisch zu analysieren, künftige Forschungsvorhaben zu priorisieren und Massnahmen zur Ressourcenschonung zu formulieren, haben die Eawag, das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs, und das BLW unter Einbezug von Agroscope 2013 bis 2015 das Projekt Zukunftsfähige, gewässerschonende landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz (AProWa) durchgeführt. Methodisch wurde die umfassende Auslegung in eine multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) eingebettet. Folgende Resultate wurden durch das Projekt erarbeitet:

1. Eine systematische Aufstellung und Gliederung von Produktionszielen (z. B. hohe Ertragsmenge) und Erhaltungszielen (z. B. geringe Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser) in Form einer Zielhierarchie.
2. Ein Vorschlag an messbaren Indikatoren («Attribute» genannt) zur Quantifizierung der Zielerreichung.
3. Eine Sammlung von relevanten Massnahmen im Bereich einer gewässerschonenden Landwirtschaft.
4. Testen des MCDA-Ansatzes zur quantitativen Bewertung verschiedener Handlungsoptionen hinsichtlich ihrer Wirkungen im Gesamtsystem.
5. Vorschläge für zukünftige Forschungsfragen basierend auf dem aufgezeigten Forschungsbedarf.
6. Vorschläge für den weiteren Einsatz der MCDA-Methode in der Praxis.

Folgende Forschungslücken konnten identifiziert werden: der Zustand von stehenden Kleingewässern, Massnahmen im Bereich Pflanzenschutz, sowie die Verringerung der Konnektivität zwischen landwirtschaftlichen Flächen und Oberflächengewässern (teilweise sind dies Massnahmen, die auch Teil des im 2017 in Kraft getretenen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel sind). Die verwendete Form der MCDA-Methodik erwies sich angesichts der untersuchten Komplexität als wenig praktikabel für den routinemässigen Einsatz in der Verwaltung und Praxis. Das Verfahren sollte daher vereinfacht angewendet werden. Die Werkzeuge können in der verwendeten Form aber bereits zu mehr Transparenz in Entscheidungsfindungen, die häufig von vielen unausgesprochenen Bewertungen geprägt und damit schwer nachvollziehbar sind, beitragen.

Key words: multi-criteria decision analysis, multifunctional, agriculture, water protection, conflicting objectives.

Einleitung

Die Schweizer Landwirtschaft ist gemäss Verfassungsauftrag stark multifunktional ausgerichtet (SR 101 a., 2014). Sie soll sowohl die Produktion qualitativ hochwertiger, vielfältiger und marktfähiger Lebensmittel garantieren, als auch den natürlichen Lebensgrundlagen grösstmöglichen Schutz gewähren. Der Schutz der natürlichen Ressource Wasser hat dabei eine hohe Priorität, da Wasser Lebensraum und -grundlage für eine Vielzahl von Lebewesen ist, als Trinkwasser für Mensch und Tier genutzt wird und für eine landwirtschaftliche Produktion zur Ernährungssicherung eine Notwendigkeit ist.

Diese geforderte Multifunktionalität stellt die Landwirtschaft vor grosse Herausforderungen und bringt verschiedene Zielkonflikte mit sich. Oft werden einfache Lösungen zu Teilproblemen vorgeschlagen. Doch jede Änderung im stark vernetzten Agrarsystem kann komplexe Auswirkungen haben. Hinterfragt man potenzielle Massnahmen nicht kritisch, können vermeintliche Lösungen irgendwo anders im System ein Problem verstärken oder gar hervorrufen. Es gibt zahlreiche Beispiele, in denen die Zielerreichung im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion oder des Gewässerschutzes nur zu Lasten des anderen Bereichs möglich ist. Diese Zielkonflikte stellen Verwaltung und Praxis vor das schwierige Entscheidungsfindungsproblem, jeweils die optimale Lösung zu finden. Was die «beste» Massnahme zum Umgang mit Zielkonflikten ist, hängt nicht nur davon ab, wie die verschiedenen Ziele durch eine bestimmte Massnahme objektiv erreicht werden, sondern auch davon, wie stark die unterschiedlichen Ziele gegeneinander gewichtet werden.

Vor diesem Hintergrund wurde 2013 bis 2015 das Projekt AProWa – Zukunftsfähige gewässerschonende landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz in Zusammenarbeit von Eawag, BLW und Agroscope durchgeführt. Es zielte einerseits darauf ab, aufgrund einer breiten, transparenten Analyse möglicher Synergien und Zielkonflikte zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Gewässerschutz Empfehlungen abzugeben, welche Forschungslücken in diesem Bereich prioritär zu untersuchen sind. Im Rahmen des Projekts konnte auch die Praxistauglichkeit einer Methodik zur Entscheidungsunterstützung, der so genannten multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA, aus dem Englischen *Multi-criteria Decision Analysis*; Eisenführ, Weber & Langer, 2010), für diese komplexe Problemstellung getestet werden. Anhand dieser Methodik ist eine ganzheitliche Systembetrachtung möglich. Sie stellt sowohl den bewertenden

Teil der Entscheidungsfindung, sowie den beschreibenden (objektiven) Teil transparent dar.

Im Folgenden wird zuerst die Methode der MCDA mit ihren wichtigsten Elementen kurz vorgestellt. Anschliessend werden die Zielhierarchie, die Wertfunktionen sowie die Massnahmenliste erläutert. Darauf basierend stellen wir die wichtigsten inhaltlichen Ergebnisse vor.

Multikriterielle Entscheidungsanalyse

Die Vorgehensweise bei AProWa folgt der multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA). Wir stellen hier die sieben Schritte mit ihren wichtigsten Aspekten vor. Eine detaillierte Beschreibung einschliesslich Glossar liegt im Projektbericht vor (Dietzel, Zaffarano, & Stamm, 2015).

- Schritt 1** Bestimmung des Entscheidungskontextes des Projekts basierend auf dem Verfassungsauftrag der Landwirtschaft und den projektspezifischen Systemgrenzen.
- Schritt 2** Identifizierung der relevanten Ziele und deren Strukturierung in einer Zielhierarchie im Rahmen eines Projekt-Workshops und von Expertengesprächen. Jedem Ziel wurde ausserdem ein Attribut, ein messbarer Indikator, zur Quantifizierung der Zielerreichung zugewiesen.
- Schritt 3** Erstellung eines Katalogs von Handlungsoptionen.
- Schritt 4** Prognose der Auswirkungen der einzelnen Handlungsoptionen auf die Zielerreichung anhand von Literatur und Expertenbefragungen.
- Schritt 5** Klassierung der Handlungsoptionen in die Kategorien Empfehlenswert (positive (Teil-)Wirkung, geringe Zielkonflikte), Konfliktreich ((sehr) positive (Teil-)Wirkung, grosse Zielkonflikte), Forschungslücken (potenziell positive Wirkung, aber zahlreiche offene Forschungsfragen).
- Schritt 6** Erhebung der Präferenzen zur gewünschten Erreichung (Wertfunktionen, Abb. 1) einzelner Ziele. Wertfunktionen dienen dazu, die

geschätzten Auswirkungen einzelner Handlungsoptionen anhand eines einheitlichen Massstabs der Zielerreichung zu benoten. Dieser Schritt ist das wesentliche Mittel, um im Rahmen der Entscheidungsfindung «Äpfel mit Birnen» zu vergleichen, da so unterschiedliche Ziele, wie z.B. Nitratgehalt im Grundwasser und Einkommensveränderung bei Landwirten, verglichen werden können. Im Rahmen der MCDA wird diese Vergleichbarkeit hergestellt, indem Wertfunktionen die mögliche Zielerreichung für alle einzelnen Ziele auf die einheitliche Skala von null bis eins abbilden (null ist der denkbar schlechteste Zustand, 1 der bestmögliche; Abb. 1). Die dadurch erreichte Normierung ermöglicht die Bewertung von Handlungsoptionen hinsichtlich ihrer Wirkungen im Gesamtsystem, indem die Noten aller Zielerreichungsgrade zu einer Gesamtnote aggregiert werden. Für die Aggregation können Gewichte erhoben werden, die angeben, welche Ziele als prioritär und welche als weniger wichtig betrachtet werden. Wertfunktionen und Gewichte können individuell erhoben werden und aufzeigen, in welchen Bereichen Entscheidungsträger unterschiedliche Präferenzen haben.

Schritt 7 Quantitative Analyse am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung sowie Identifizierung von Forschungslücken.

Resultate

Zielhierarchie

Auf der obersten Ebene der Zielhierarchie stehen gemäss dem Verfassungsauftrag und der Projektvorgabe, die sich auf die Erhaltung aquatischer Lebensräume konzentrierte, die vier Ziele Ernährungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit, Erhaltung der natürlichen Produktionsfaktoren in der Landwirtschaft sowie die Erhaltung der aquatischen Lebensräume. Um diese Oberziele konkreter zu beschreiben und messbar zu machen, müssen sie in ihre Unterziele aufgeteilt werden, die sich im Rahmen dieses Projekts auf zehn Hierarchiestufen verteilen. Zuerst in der Hierarchie stehen die Ziele, deren Zielerreichung direkt mit ihren Attributen erfasst werden können. Insgesamt umfasst die entwickelte Zielhierarchie 130 Ziele auf der untersten Ebene. Das zeigt, wie breit und auch komplex die Analyse von Zielkonflikten

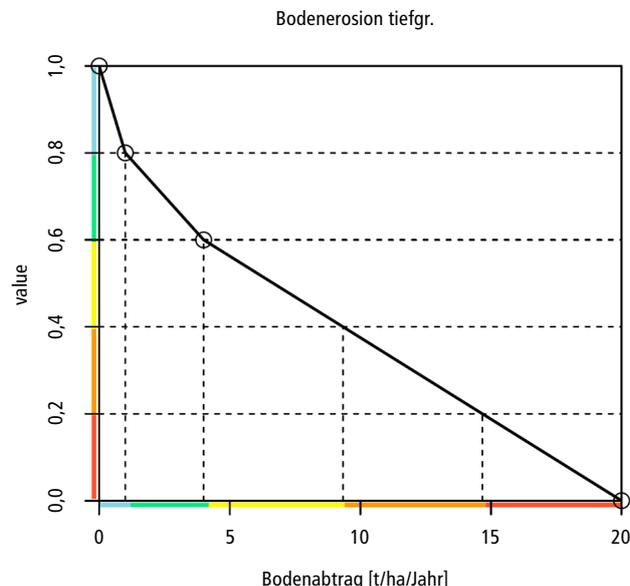


Abb. 1 | Illustration einer Wertfunktion anhand des Beispiels der Bodenerosion. Blau: sehr guter Zustand = das Ziel ist sehr gut erreicht, Wert 0,8–1 / Grün: gut, Wert 0,6–0,8 / Gelb: mässig, Wert 0,4–0,6 / Orange: unbefriedigend, Wert 0,2–0,4 / Rot: schlecht, Wert 0–0,2. Die Grenze zwischen «gut» und «mässig» wird durch den Richtwert der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBB) für tiefgründige Böden (4 t/ha/Jahr) angegeben (SR 814.12).

im Bereich landwirtschaftlicher Produktion und Gewässerschutz ist.

Die erarbeitete Zielhierarchie wurde im Software-Paket R (R Development Core Team, 2011) so abgebildet, dass sie für andere Anwendungen in der Zukunft zur Verfügung steht.

Wertfunktionen

Aus der hohen Anzahl von Unterzielen wird es offensichtlich, wie zahlreich auch die Bewertungen sind, die in eine Entscheidungsfindung einfließen. Um diese transparent zu machen, verwendet die MCDA Wertfunktionen (Abb. 1). Für gewisse Ziele lagen solche schon vor, beispielsweise im Bereich der Wasserqualität aus dem Modul-Stufen-Konzept (BUWAL, Eawag, BWW & AWEL, 1998; Schlosser, Haertel-Borer, Liechti & Reichert, 2013; www.modul-stufen-konzept.ch.) Für andere Ziele konnten diese auf rechtliche Grundlagen abgestützt werden. In den meisten Fällen liegen jedoch keine quantitativen Angaben vor, wie die Zielerreichung zu bewerten ist (Tab. 1). Dies gilt auch für Ziele von hoher Relevanz wie z.B. dem Selbstversorgungsgrad. Das zeigt, dass in die Diskussion um Zielkonflikte viele implizite, d.h. unausgesprochene Bewertungen einfließen.

Hauptziele	# unterste Ziele und Attribute	nichts vorhanden	Zieldefinitionen	Attribute	numerische Anforderung	Wertfunktionen
Hohe Ernährungssicherheit	5	4	1	1	0	0
Hohe Wettbewerbsfähigkeit	5	5	0	0	0	0
Erhalt der natürlichen Produktionsfaktoren in der Landwirtschaft	18	3	15	15	10	0
Naturnaher ökologischer Zustand des Flussnetzwerks	57	2	55	46	≤ 46	46
Naturnaher und ökologischer Zustand der Seen und stehenden Kleingewässer	38	3	35	27	≤10	10
Naturnaher ökologischer Zustand des Grundwassers	7	0	7	4	0	0
Summe	130	17	113	93	10–66	56

Tab. 1 | Übersicht über die Unterziele und Attribute in der Zielhierarchie.

Wo solche Wertfunktionen fehlten, wurden aufgrund von Expertengesprächen und Analogieschlüssen für alle 130 Ziele solche Wertfunktionen hergeleitet. Diese sind als Diskussionsgrundlage zu verstehen. Die Wertfunktionen sind im oben erwähnten Software-Paket enthalten und können direkt weiterverwendet oder modifiziert werden. Um zu einer Gesamtbewertung zu kommen, muss mit Hilfe von Gewichten eine Aggregation auf die nächsthöhere Ebene in der Zielhierarchie durchgeführt werden. Für das gezeigte Beispiel wurden als einfachste Annahme alle Ziele gleich gewichtet.

Massnahmen und die Abschätzung ihrer Auswirkungen

Insgesamt wurden im Rahmen des Projekts 149, vornehmlich betriebliche, Massnahmen berücksichtigt. Diese konnten in 39 Gruppen eingeteilt werden. Kombiniert mit 130 Unterzielen ergibt das 19370 Kombinationen, für welche die Auswirkung einer Massnahme auf ein bestimmtes Unterziel erfasst werden sollte (Abbildung 2 zeigt die Zielhierarchie bis und mit Ebene 6, insgesamt umfasst sie bis zu 10 Ebenen). Würden Expertinnen und Experten nur zwei Minuten für die Einschätzung einer Auswirkung aufwenden, wären dazu rund 650h oder fast vier Monate Arbeit notwendig. Das zeigt einerseits den Umfang und die Komplexität der Aufgabe, andererseits ist es aber auch ein klarer Hinweis, dass die Methode bei einer derartigen Problemstellung an ihre Grenzen stösst.

Im Rahmen von AProWa wurden 14 Expertinnen und Experten um qualitative Einschätzungen zur Auswirkung der Massnahmen aus ihrem Fachbereich befragt. Sie haben Einschätzungen geliefert, ob die Massnahme auf ein bestimmtes Ziel eine sehr positive, positive, keine, negative oder sehr negative Auswirkung hat. Ausserdem

gab es die Kategorien «Unsicher» und «Unbekannt», um Unsicherheit und Forschungslücken zu identifizieren. Anhand der Ergebnisse konnten die Massnahmen in die drei Kategorien «Empfehlenswert», «Konfliktreich», «Forschungslücken» eingeteilt werden. Empfehlenswerte Massnahmen sind dadurch gekennzeichnet, dass keine negativen Effekte erwartet wurden. Beispiele dazu sind optimiertes Weidemanagement sowie Massnahmen zur Förderung der Dünger- und Pflanzenschutzmitteleffizienz. Insgesamt wurden 11 von 149 Massnahmen dieser Kategorie zugeordnet.

Die meisten Massnahmen sind erwartungsgemäss mit Zielkonflikten verbunden (98 von 149). Interessanterweise dominierten zahlenmässig nicht die Konflikte zwischen den landwirtschaftlichen Produktionsaspekten und dem Erhalt der aquatischen Lebensräume. Nur in 21 der Massnahmen trat der Konflikt zwischen diesen Oberzielen auf. In 77 der Fälle bestanden schon innerhalb der Produktions- oder Erhaltungsziele Konflikte. Bei 40 Massnahmen wurden einerseits positive Auswirkungen zu einem Teil der Ziele, bei vielen anderen Zielen Nichtwissen angegeben. Das deutet darauf hin, dass in diesen Bereichen Potenzial für erfolgversprechende Massnahmen liegen, welche durch weitere Forschung abgeklärt werden können. Gewässerrelevant waren v. a. Handlungsoptionen im Bereich des Pflanzenschutzmitteleinsatzes, der Bodenbearbeitung, des Erosionsschutzes und der Verminderung des direkten Anschlusses an Oberflächengewässer.

Quantitative Analyse für konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat

Für die Massnahmen der konservierenden Bodenbearbeitung wurde die MCDA auch quantitativ durchgeführt. Das Thema wurde gewählt, da vergleichsweise

gute, wenn auch nicht ausreichende, quantitative Daten vorliegen. Das Beispiel dient zur Veranschaulichung der Methode und basiert auf Daten aus einzelnen Fallbeispielen. Für eine korrekte Analyse müssten für alle Attribute Abschätzungen der Auswirkungen der Massnahme

sowie Daten zu schweizweiten durchschnittlichen Umweltbedingungen vorhanden sein. Im ersten Schritt wurde der Ist-Zustand quantifiziert, d.h. in welchem Ausmass heute ein Ziel schweizweit erreicht wird. Die Zielerreichung für einige Attribute

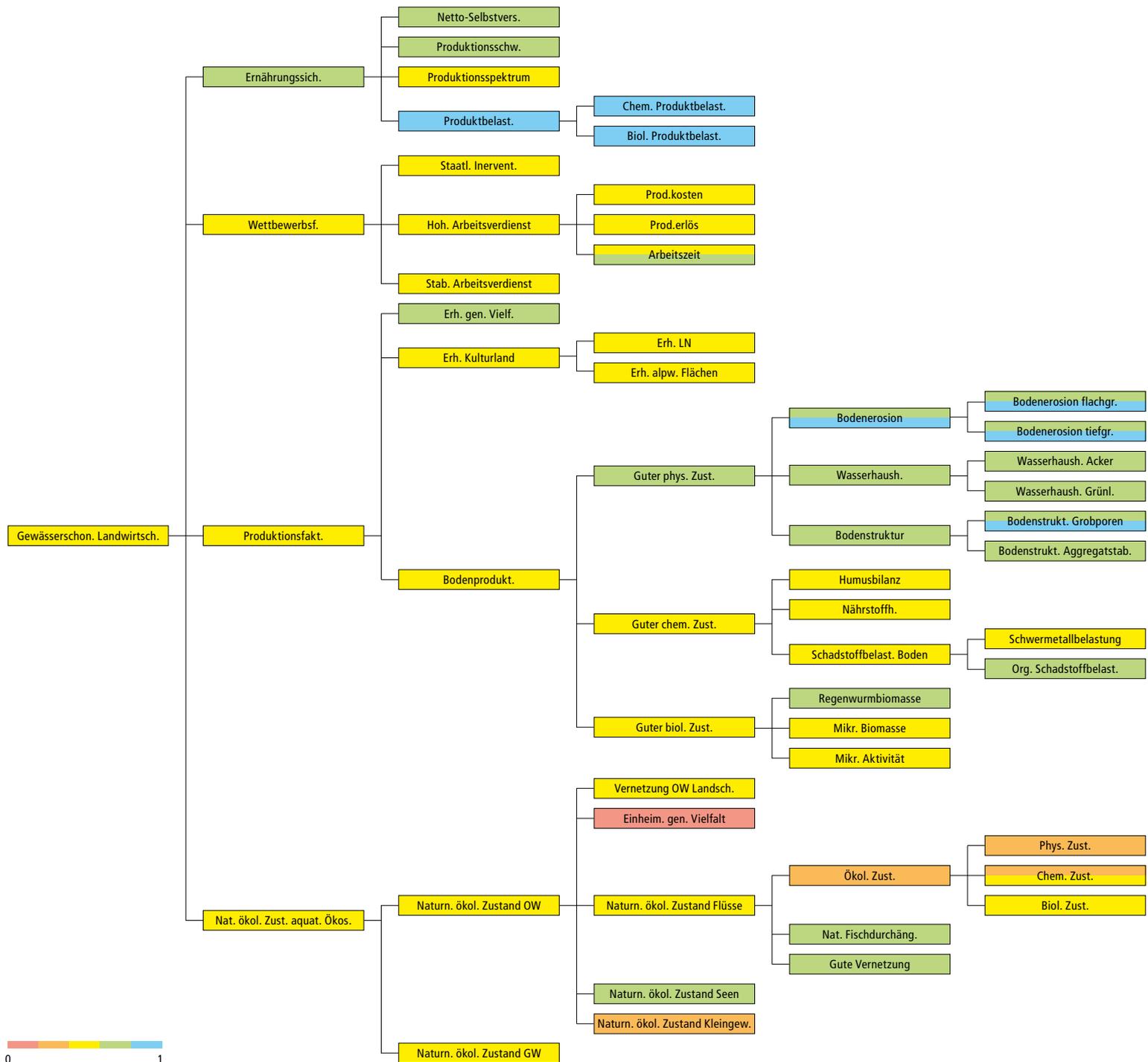


Abb. 2 | Vergleich der Bewertung des Ist-Zustands (jeweils oben) anhand der Zielhierarchie (bis zur 6. Ebene) mit der Bewertung der Massnahme Direktsaat (jeweils unten). Die Farben innerhalb der Boxen geben die Zustandsklassen (schlecht=rot bis sehr gut=blau) an. (Unterschiede die sich nur im Wert zwischen 0 und 1 zeigen, dabei aber keine Änderung in der Zustandsklasse ergeben, sind hier nicht dargestellt.)

konnte anhand vorliegender Daten gut erfasst werden. Für andere Attribute musste der heutige Zustand grob abgeschätzt werden. Diese unterschiedlich grosse Unsicherheit bei der Bestimmung der einzelnen Attributwerte wurde mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen abgebildet und die Unsicherheit der Gesamtbewertung ermittelt. Im zweiten Schritt wurde abgeschätzt, wie sich die Zielerreichung bei einer weitergehenden Anwendung des Direktsaatverfahrens verändern würde. Wiederum wurden nicht nur der wahrscheinlichste Wert der Zielerreichung auf allen Stufen der Zielhierarchie, sondern auch die geschätzten Unsicherheiten untersucht.

Für eine Abschätzung der Auswirkungen einer Zunahme des Direktsaatverfahrens wurde im Szenario Direktsaat angenommen, die Direktsaatfläche in der Schweiz erhöhe sich auf 50 % der Fruchtfolgeflächen (190 000 ha). Obwohl schon einige Feldversuche mit diesem Verfahren im Vergleich zum konventionellen Pflugeinsatz (Schaller, Nemecek, Streit, & Zihlmann, 2006) vorliegen, erwies sich die quantitative Abschätzung der Effekte als schwierig. Ein Hauptgrund liegt darin, dass die experimentellen Ergebnisse standortbedingt sehr unterschiedlich ausfallen. Es zeigt sich somit wie für den Ist-Zustand, dass die Abschätzung der Auswirkungen teilweise mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist.

Vergleicht man die Bewertung des Ist-Zustands mit derjenigen des Szenarios Direktsaat sind in verschiedenen Bereichen Verbesserungen auszumachen (Abb. 2). Positive Auswirkungen zeigen sich bezüglich bodenphysikalischem Zustand, Regenwürmern und dem Risiko für Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträge in die Gewässer. Auch die Arbeitszeit dürfte leicht sinken. Auf der anderen Seite bedeutete eine Vergrößerung der Direktsaatfläche auf 190 000 ha auf Grund der damit verbundenen Direktzahlungen zur Förderung dieser Massnahme eine Erhöhung der staatlichen Zahlungen um 43 Millionen Franken pro Jahr (Stand 2014).

An diesem Beispiel lassen sich verschiedene Aspekte illustrieren. Zum einen hilft die breite Zielhierarchie, Auswirkungen auf Ziele im Blick zu haben, die nicht im engeren Bereich der beabsichtigten Wirkung liegen. Hier wäre z. B. die Auswirkung auf die deutlich grössere Unsicherheit bezüglich der Vielfalt des Anbauspektrums auf den Ackerflächen durch die Förderung der Direktsaat zu nennen. Andererseits zeigt sich, dass eine einzelne Massnahme bei den Oberzielen kaum eine wesentliche Veränderung bewirken kann. Die Beurteilung einzelner Massnahmen einzig auf Ebene der Oberziele ist daher kaum sinnvoll. Die Verbesserung des Gesamtsystems kann ausserdem nur erreicht werden, indem zahlreiche Massnahmen, die sich gegenseitig nicht negativ beeinflussen, umgesetzt werden.

Diskussion

Das Projekt verfolgte das Ziel, Entscheidungsunterstützung im komplexen Spannungsfeld von landwirtschaftlicher Produktion und Gewässerschutz in der Schweiz zu leisten. Dieses Themenfeld ist durch viele Wechselwirkungen und Trade-offs sowie z. T. divergierende Werthaltungen von Akteuren gekennzeichnet. Die erarbeitete Zielhierarchie liefert einen guten Überblick über die Breite und Komplexität des Themas. Daraus ergibt sich aber gleich auch die Komplexität des Entscheidungsproblems: neben 130 Wertfunktionen für die Attribute sind zusätzlich über 180 Bewertungen vorzunehmen, wie unterschiedliche Teilziele in die jeweiligen Oberziele zusammengefasst werden sollen, um eine Bewertung des Gesamtsystems zu erhalten. Werden mit einer Zielhierarchie dieser Breite eine grosse Anzahl möglicher Handlungsoptionen bewertet, in diesem Fall 149, werden 19 370 Prognosen aus Expertenbefragungen, Modellierungsstudien, Feldstudien oder Literaturrecherchen benötigt.

Gerade in einer Situation, wo viele Themen und Fachpersonen involviert sind, ist eine Zielhierarchie bei der Kommunikation zwischen den beteiligten Personen, Institutionen oder Disziplinen sehr hilfreich. Zudem sorgen Wertfunktionen für Transparenz bei der Entscheidungsfindung. Gerade in diesem Bereich hat aber unsere Analyse gezeigt, dass selbst für wichtige Oberziele keine expliziten Wertungen vorliegen. Diese sind in der Vergangenheit nur implizit in Entscheidungen eingeflossen. So werden Entscheide nach aussen nicht nachvollziehbar dargestellt. Zudem besteht die Gefahr, dass die Bewertungen eines Ziels je nach Kontext unterschiedlich vorgenommen werden, wodurch Entscheidungen untereinander inkonsistent werden.

Die vorgeschlagene MCDA kann diesen Problemen vorbeugen. Andererseits hat die Anwendung der Methode gezeigt, dass sie bei komplexen Problemen in ihrer jetzigen Form, zumindest für die konkrete Entscheidungsfindung, kaum anwendbar ist.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus dem Projekt lassen sich verschiedene inhaltliche und methodische Folgerungen ziehen. An konkreten Produkten stehen die erarbeitete Zielhierarchie, die zusammengestellten bzw. vorgeschlagenen Wertfunktionen und die Massnahmen-Liste in einem Software-Tool zur Verfügung. Gerade die wertenden Aspekte bei der Entscheidungsfindung sollten zukünftig transparent

dargestellt werden. Die vorgeschlagenen Wertfunktionen können als Ausgangspunkt für eine entsprechende Diskussion verwendet werden. Um die transparente Methode der MCDA breiter in der Praxis zu verankern, ist aber auch eine methodische Weiterentwicklung nötig, um den nötigen Aufwand auf ein machbares Mass zu reduzieren. Gleichzeitig braucht es auch Ausbildungsangebote, um Personen in der Praxis mit diesen Methoden vertraut zu machen.

Spezifisch für die Zielkonflikte zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Gewässerschutz haben sich Handlungsoptionen im Bereich des Pflanzenschutzmitteleinsatzes, der Bodenbearbeitung, des Erosionsschutzes und der Verminderung des direkten Anschlusses an Oberflächengewässer als prioritäre Forschungslücken herausgestellt. ■

Literatur

- BUWAL, Eawag, BWL & AWEL. (1998). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz. Modul-Stufen-Konzept. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- Dietzel, A., Zaffarano, P. & Stamm, C. (2015). Zukunftsfähige gewässerschonende landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz. Schlussbericht zum Projekt AProWa. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft.
- Eisenführ, F., Weber, M. & Langer, T. (2010). Rational Decision Making. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- R Development Core Team. (2011). R: a language and environment for statistical computing. Wien: R Foundation for Statistical Computing.
- Schaller, B., Nemecek, T., Streit, B. & Zihlmann, U. (2006). Vergleichsökobilanz bei Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung Schweiz*, 13 (11–12), 482-487.
- Schlosser, J. A., Haertel-Borer, S., Liechti, P. & Reichert, P. (2013). Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz. Anleitung zur Entwicklung und Anwendung von Beurteilungsmethoden. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- SR 101 a. (18. April 1999). Bundesverfassung (Stand am 18. Mai 2014). Art.104 Landwirtschaft Abs. 1 Bst. a BV.
- SR 814.12. (1. Juli 1998). Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo).