

Ein transdisziplinärer Ansatz zur Unterstützung eines integrierten Wassermanagements unter Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen

Tuck Fatt Siew, Petra Döll

Zusammenfassung

Die Umsetzung des transdisziplinären Ansatzes ist eine große Herausforderung und es bedarf vor allem der Anpassung des Ansatzes an die lokalen politischen und sozio-kulturellen Rahmenbedingungen. In diesem Fachbeitrag stellen wir einen angepassten transdisziplinären Ansatz vor, den wir zur Unterstützung Land- und Wassermanagement im ariden Einzugsgebiet des Tarims in Nordwesten Chinas unter Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen, angewandt haben. Der Ansatz besteht aus drei Schritten und wird durch partizipative Methoden unterstützt, einschließlich Baye'sche Netze (BN). Mit Hilfe eines BNs werden die Auswirkungen von Managementmaßnahmen auf die ausgewählten Ökosystemdienstleistungen in einer semi-quantitativen Weise bewertet. Das BN ist ein Wissensintegrations-, Kommunikations- und Learning-Tool. In wieweit unser transdisziplinärer Ansatz zur Wissensintegration beigetragen hat, muss noch am Ende des Projektes evaluiert werden.

1. Einführung

Das IWRM (Integriertes Wasserressourcenmanagement) Konzept ist international erprobter und akzeptierter Ansatz um die nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen zu unterstützen. IWRM koordiniert die Nutzung und das Management von Wasser, Land und daran angeknüpfte Ressourcen mit dem Ziel, das wirtschaftliche und soziale Wohl der Gesellschaft zu maximieren, ohne dabei die Funktion von Ökosystemen zu gefährden (GWP 2000). Jedoch ist die Umsetzung des IWRM Konzeptes auf nationaler Ebene durch verschiedene institutionelle, rechtliche und finanzielle Hürden erschwert (UNEP 2012). Es bedarf einer engeren Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und Stakeholdern um diese Hürden bei der Implementierung von IWRM zu überwinden (PAHL-WOSTL et al. 2013). Dazu eignet sich ein transdisziplinärer Forschungsansatz, der die Entwicklung einer nachhaltigen Managementstrategie durch die Koproduktion und Integration von Stakeholder-Wissen und wissenschaftlichen Erkenntnissen unterstützt (SIEW & DÖLL 2012). Transdisziplinäre Forschung ist laut POHL & HIRSCH HADORN (2007) die Steigerung von disziplinärer, zu multi-disziplinärer und interdisziplinärer Forschung.

Ein transdisziplinärer Forschungsansatz eignet sich um reale, gesellschaftliche Probleme, deren Charakteristika ein hohes Maß an Komplexität, daran geknüpfte Unsicherheit, Veränderung und Unvollkommenheit ist (BAMMER 2005). Durch die starke Verknüpfung von gesellschaftlichen und forschungsrelevanten Problemen im Mensch-Umwelt-System, können diese Probleme weder von einer einzelnen Disziplin noch von einer einzelnen Gruppe von Stakeholdern gelöst werden. Unterstützt durch die Anwendung geeigneter partizipativer Methoden, kann der transdisziplinäre Forschungsansatz dazu beitragen, dass die Komplexität des Problems erfasst, mit der Unsicherheit des Problems umgegangen und die Diversität der Problemperspektiven in dem gesamten Problemlösungsprozess berücksichtigt werden können (POHL & HIRSCH HADORN 2007). Neben dem Fokus auf der gemeinsamen Wissensproduktion, transdisziplinäre Forschung zielt darauf ab, dass Wissenschaftler und Stakeholder in dem Prozess voneinander lernen (POHL & HIRSCH HADORN 2007, STAUFFACHER et al. 2008). Transdisziplinäre Forschungsprozesse sind rekursiv und iterativ, manche Schritt-

te im Forschungsprozess müssen eventuell wiederholt oder bei Bedarf angepasst werden (POHL & HIRSCH HADORN 2007).

Der transdisziplinäre Forschungsansatz wurde in verschiedenen Fallstudien im Bereich Umweltmanagement verfolgt (BRANDT et al. 2013). Zu den Anwendungsgebieten zählen Land- und Wassermanagement (SCHOLZ et al. 2000, SIEW & DÖLL 2012, SCHNEIDER & RIST 2014), nachhaltige Landwirtschaft (VANDERMEULEN & VAN HUYLENBROECK 2008) und Regionalplanung und -entwicklung (STAUFFACHER et al. 2008, WIEK & WALTER 2009). Auch wenn die Popularität des transdisziplinären Forschungsansatzes in den letzten Jahren wächst, bedeutet die Umsetzung des Ansatzes immer noch die Überwindung von Hürden, teilweise durch den Unterschied in Theorie und Praxis (BRANDT et al. 2013, ZSCHEISCHLER & ROGGA 2014). LANG et al. (2012) beschreibt fundamentale Unterschiede zwischen transdisziplinären Forschungsprojekten in verschiedenen kulturellen Kontexten. Von daher ist es notwendig den transdisziplinären Ansatz und die angewandten Methoden für die Koproduktion und Integration von Wissen an die unterschiedlichen kulturellen Kontexte anzupassen (SIEW et al. 2014). Desweiteren befindet sich der transdisziplinäre Forschungsansatz und seine Methoden in der Entwicklung und von daher gibt es keine klar definierte Methodologie (BRUCE et al. 2004, ANGELSTAM et al. 2013).

Dieser Fachbeitrag präsentiert einen transdisziplinären Forschungsansatz der im chinesischen Kontext entwickelt und angepasst wurde. Das Forschungsprojekt (SuMaRiO, Sustainable Management of River Oases along the Tarim River; www.sumario.de) zielt darauf ab das integrierte Wassermanagement unter Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen im Tarim Einzugsgebiet in Nordwesten Chinas (Abb. 1) zu unterstützen. Ökosystemdienstleistungen sind verschiedene Dienstleistungen die Menschen durch die Natur kostenlos bereitgestellt bekommen, darunter Nahrungsmittel, Fasern für Kleidung und Trinkwasser (MEA 2005). Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen hilft Zielkonflikte zwischen Land- und Wassermanagement (z.B. sozio-ökonomische Ziele vs. naturschutzfachliche Ziele) in der ariden Region zu überwinden (SIEW et al. 2014). Das Forschungsprojekt wird vom BMBF gefördert. Im nächsten Teilabschnitt des Beitrages beschreiben wir unseren transdisziplinären Forschungsansatz mit den angewandten Methoden. Darauf folgt die Beschreibungen der Entwicklung von Bayes'schen Netzen um die Auswirkungen von Managementmaßnahmen auf bestimmte Ökosystemdienstleistungen im Tarim Einzugsgebiet zu untersuchen. Am Ende des Beitrags diskutieren wir die Ergebnisse bzw. Erfahrungen und ziehen relevante Schlussfolgerungen aus der Diskussion.

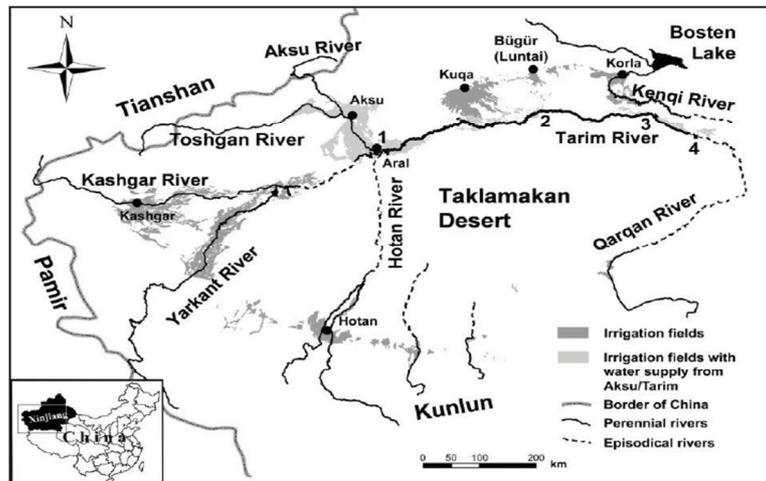


Abb.1: Tarim Einzugsgebiet in Xinjiang im ariden Nordwesten von China (THEVS 2011). Die Wasserressourcen des Einzugsgebietes stammen fast ausschließlich aus den umliegenden Gebirgen (Tianshan, Pamir, Kunlun). Das Wasser aus Gletscher und Schneeschmelze wird durch Nebenflüsse (Aksu, Yarkant und Hotan) dem Tarim zugeführt. Das Hauptproblem im Einzugsgebiet ist die Verteilung der knappen Wasserressourcen zwischen konkurrierenden Wassernutzern, insbesondere zwischen der Bewässerung in der Landwirtschaft (Baumwollanbau) und der Ufervegetation des Tarims.

2. Transdisziplinärer Ansatz im SuMaRiO

Abbildung 2 zeigt unseren angepassten transdisziplinären Forschungsansatz. Der Ansatz beinhaltet drei Schritte: (1) Stakeholderanalyse und interdisziplinäre Wissensgenerierung und Integration; (2) Erhebung der Perspektiven von Forschern und Stakeholdern, die Entwicklung von Szenarien und die gemeinsame Identifikation von umsetzbaren Managementstrategien; (3) Evaluation des transdisziplinären Forschungsansatz hinsichtlich Wissensintegration und sozialem Lernen. In jeden Schritt kommen verschiedene Methoden zum Einsatz.

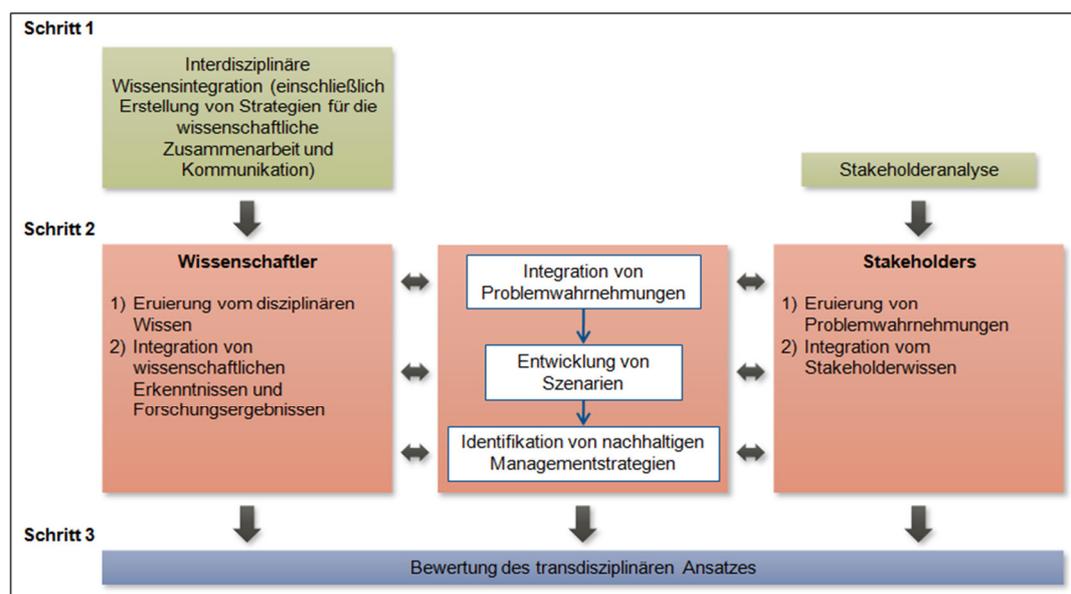


Abb. 2: Transdisziplinärer Ansatz in SuMaRiO (modifiziert, SIEW et al. 2014)

Schritt 1: Stakeholderanalyse und interdisziplinäre Wissensgenerierung und Integration

Eine Stakeholderanalyse zielt darauf ab, alle für das Problem relevanten Stakeholder, die Beziehungen zwischen den Stakeholdern und ihre Rolle in dem Entscheidungsprozess zu definieren (REED et al. 2009). Relevante Stakeholder sind zum Beispiel Politiker, Regierungsmitarbeiter, Nicht-Regierungs-Organisationen und Nutzer von Ressourcen wie Landwirte. Stakeholder arbeiten auf verschiedenen Skalen wie globale, nationale über regionale bis hin zur lokalen Skala. Stakeholder werden als solche definiert, wenn sie (1) in den Entscheidungsprozess involviert sind, (2) sie durch die Entscheidungen beeinflusst werden oder (3) nicht in den Entscheidungsprozess involviert sind, aber wichtig für die erfolgreiche Umsetzung der Entscheidung sind (GRIMBLE & WELLARD 1997). In unserem Forschungsansatz sind die meisten Stakeholder institutionelle Stakeholder wie z.B. Repräsentanten einer Organisation. Unserer Erfahrung nach war es jedoch schwierig, Stakeholder aus Regierungs- und Nicht-Regierungsorganisationen für eine Teilnahme an dem transdisziplinären Forschungsprojekt zu gewinnen (SIEW et al. 2014). Darum haben wir zunächst hauptsächlich chinesische Forscher aus dem Tarim Einzugsgebiet in den transdisziplinären Forschungsprozess eingebunden. In China spielen Forscher eine große und aktive Rolle bei der Unterstützung von Land- und Wassermanagement (SIEW & DÖLL 2012).

Verschiedene partizipative und nicht-partizipative Methoden stehen für eine Stakeholderanalyse zur Verfügung (REED et al. 2009). Es gibt technische Methoden, die eine bestimmte Computersoftware wie z.B. "Stakeholder Network Analysis" nutzen bis hin zu Methoden, die relativ einfach und schnell genutzt werden können wie z.B. eine Interessen-Einfluss-Matrix. Die Wahl der Methode hängt zum einen vom Umfang und Ziel der Analyse ab (REED et al. 2009; HERMANS & THISSEN 2009) als auch von den Fähigkeiten des Forscherteams (REED et al. 2009). Für das SuMaRiO Projekt haben wir den Ansatz von GRIMBLE (1998) für eine Stakeholderanalyse gewählt und angepasst. Die Schritte innerhalb der Stakeholderanalyse sind: (1) Ziel der Analyse bestimmen, (2) das Thema im systemaren Kontext einordnen, (3) relevante Entscheidungsträger und Stakeholder auswählen, (4) Interessen der ausgewählten Stakeholder analysieren (5) Beziehungs-, Abhängigkeits- und Interaktionsmuster untersuchen (wie z.B. mögliche Konflikte wie Konkurrenz, Zielkonflikte aber auch Synergieeffekte).

Aufgrund der Schwierigkeit Stakeholder aus Regierungs- und Nicht-Regierungsorganisationen im Projekt zu involvieren, haben wir die transdisziplinäre Herangehensweise angepasst und uns zunächst auf die Integration von interdisziplinärem Wissen fokussiert. Neben dem Wissen der chinesischen Forscher aus der Region haben wir auch die Erkenntnisse deutscher SuMaRiO-Forscher über das regionale Land- und Wassermanagement integriert. Die Integration von Wissen der Forscher in einem transdisziplinären Projekt genauso wichtig ist, wie die Integration des Wissens von Stakeholdern (SIEW et al. 2014). Die involvierten Wissenschaftler sind Klimaexperten, Hydrologen, Ökologen, Bodenkundler oder Agrarökonomien aus unterschiedlichen Universitäten und Forschungsinstituten.

Um die Integration von Forschungsergebnissen verschiedener Disziplinen sicherzustellen müssen in einem Forschungsprojekt verschiedene Kriterien erfüllt sein. Laut PODESTÁ et al. (2013), brauchen die Forscher in einem Projekt eine offene Einstellung gegenüber interdisziplinärer (bzw. transdisziplinärer) Forschung. Daneben bedarf es der Entwicklung einer ge-

meinsamen, interdisziplinären (bzw. transdisziplinären) Sprache, als auch der allgemeinen Beachtung von Redundanz in Kommunikation. Auseinanderdriftende Ziele und mögliche Spannungen zwischen der Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellungen und der Erzeugung für die Politik relevanter Ergebnisse, sind unvermeidlich in einem transdisziplinären Projekt. Daher müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, um diese Konflikte zu vermeiden.

Zusammengefasst stellt der erste Schritt in dem transdisziplinären Forschungsansatz eine strategische Analyse und Planungsphase für denkbare Zusammenarbeiten und mögliche Kommunikationsstrategien dar.

Schritt 2: Erhebung der Perspektiven von Forschern und Stakeholdern, die Entwicklung von Szenarien und die gemeinsame Identifikation von umsetzbaren Managementstrategien

Schritt zwei stellt den zentralen Kern des gesamten transdisziplinären Forschungsprozesses dar. Dieser Schritt beginnt mit der Erhebung und Integration der Problemwahrnehmung verschiedener Wissenschaftler und Stakeholder. Danach werden gemeinsam qualitative Zukunftsszenarien entwickelt und letztendlich nachhaltige Managementstrategien gemeinsam mit den Stakeholdern identifiziert. Den technischen Part, wie die Integration der Problemwahrnehmung, die Entwicklung quantitative Szenarien und die Untersuchung von Auswirkungen von Managementmaßnahmen ist Aufgabe der im Projekt involvierten Forscher. Wie bereits unter Schritt 1 erläutert, können die Problemwahrnehmungen der Forscher zuerst erarbeitet werden und dann den Stakeholdern präsentiert werden, falls eine aktive Partizipation von Stakeholdern in Schritt 2 nicht möglich ist. Gleichmaßen können auch qualitative Szenarien und mögliche Managementmaßnahmen zunächst von den Forschern erstellt werden. Anschließend können Stakeholder Feedback zu den Szenarien und Managementmaßnahmen geben. Dadurch werden die Bedürfnisse von Stakeholdern berücksichtigt. Der eingesetzte Prozess in Schritt 2 wird in SIEW et al. (2014) detailliert beschrieben.

Um die Koproduktion und die Integration von Wissen zu gewährleisten, braucht es geeignete qualitative und quantitative Methoden (POHL & HIRSCH HADORN 2008). Die Auswahl der Methode ist abhängig von dem sozio-kulturellen Kontext, dem Ziel des Prozesses, der Anzahl und Art der Teilnehmer und den Kompetenzen des Forschungsteams (SIEW & DÖLL 2012). In dem beschriebenen Projekt nutzen wir Interviews, um die Problemwahrnehmung in Wahrnehmungsgraphen zu erheben. Daneben gibt es moderierte Diskussionen in Workshops, partizipative Modellierung (Akteursmodellierung und Baye'sche Netze) und partizipative Szenarienentwicklung. Die Anwendung dieser Methoden wird in DÜSPOHL et al. (2012) und SIEW & DÖLL (2012) diskutiert. Im chinesischen Kontext ist ein Fragebogen eine gute Methode um spezifische Informationen von Teilnehmern zu erfragen, insbesondere von denen, die in Gruppen nicht ihre Meinung teilen wollen oder dürfen (SIEW et al. 2014).

Schritt 3: Evaluation des transdisziplinären Ansatzes in SuMaRiO

Evaluation ist ein wesentlicher Teil transdisziplinärer Forschung (KLEIN 2008; JAHN et al. 2012). Die Bewertung kann vor (ex ante), während (formativ) bzw. nach (ex-post) einem transdisziplinären Forschungsprojekt durchgeführt werden, um das Design und die Ausfüh-

rung des Projekts in Bezug auf Wissenskoproduktion und -integration zu bewerten (LANG et al. 2012). Im Schritt 3 fokussiert sich die Evaluation auf die Bewertung der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen des Projekts. Zu den wissenschaftlichen Auswirkungen gehören theoretische und methodische Innovationen und die Entstehung neuer Forschungsfragen, während die gesellschaftlichen Auswirkungen die Umsetzung von Strategien, geänderte Rechtsvorschriften oder innovative Technologien umfassen (JAHN et al. 2012). Aus sozialkognitiver Sicht können die gesellschaftlichen Auswirkungen auch soziales Lernen und erhöhte Entscheidungsfähigkeit der Stakeholder sein. Jedoch ist die Abschätzung solcher Auswirkungen schwierig, weil sie häufig mit erheblichen Verzögerungen auftreten. Es ist daher nicht leicht, solche sozialkognitiven Effekte direkt am Ende eines Projekts zu bewerten. Daher wird in SuMaRiO zunächst die Wissensintegration zwischen Wissenschaftlern und Akteuren, die zur Entwicklung von Managementstrategien und Werkzeuge führt, bewertet (SIEW et al. 2014).

Die Evaluation erfolgt mit einer Kombination von Methoden, einschließlich Fragebögen, Interviews und SWOT (Stärke, Schwäche, Chancen und Gefahren). Zusätzlich kann der transdisziplinäre Ansatz durch Selbstreflexion der Wissenschaftler bewertet werden, gestützt zum Beispiel von den Leitfragen von LANG et al. (2012).

3. Entwicklung eines Baye'schen Netzes durch die Anwendung des angepassten transdisziplinären Forschungsansatzes

Schritt 1 und Teile von Schritt 2 des transdisziplinären Forschungsansatzes wurden durchgeführt und an den kulturellen Kontext der Fallstudie im Tarim Einzugsgebiet im Nordwesten Chinas angepasst. Die Umsetzung des transdisziplinären Prozess, dessen Ergebnisse (Ergebnisse der Stakeholder-Analyse, gesamte Problemwahrnehmungen, Systembeschreibung des SuMaRiO Entscheidungsunterstützungssystems, zwei qualitative Szenarien und mögliche Managementmaßnahmen) und die Herausforderungen werden ausführlich in SIEW et al. (2014) dargestellt. Derzeit fokussieren wir uns auf die Entwicklung eines Bayes'schen Netzes (BN) zur Bewertung der Auswirkungen von Maßnahmen des Land- und Wassermanagements auf die ausgewählten Ökosystemdienstleistungen im Tarim Einzugsgebiet mit Hinblick auf den Klimawandel. BNs sind azyklische Graphen (kausale Netze), die aus "Boxen" (Variablen oder Knoten) bestehen. Die kausalen Zusammenhänge zwischen den "Boxen" sind probabilistisch beschrieben. BNs dienen dazu, komplexe Systeme durch die Auswahl von Schlüsselvariablen und ihrer Beziehungen zu vereinfachen, das Wissen zu eruieren und die Unsicherheit zu berücksichtigen (LYNAM et al. 2007). Außerdem werden sie als Kommunikations- und Learning-Tool verwendet.

Wir haben die Schritte für die Entwicklung eines BNs, die von KRAGT (2009) entwickelt wurden, angepasst, um unser BN Modell zu bauen. Die Schritte sind: (1) Konstruktion eines kausalen Netzes basierend auf der Systembeschreibung des SuMaRiO Entscheidungsunterstützungssystems (Abb. 3), (2) Definition der Zustände der einzelnen Variablen, (3) Parametrisierung des Modells mit Daten, einschließlich Daten aus anderen SuMaRiO Teilprojekten, Informationen aus der Literatur und Expertenwissen, (4) Bewertung des Modells und (5) Analyse der Szenarien. Die Entwicklung eines BN Modell ist ein stetiger Prozess. Es bedarf einer iterativen Bearbeitungen, bevor ein funktionierendes und damit einsetzbares BN erstellt

werden kann (FARMANI et al. 2009). Die Erstellung eines BNs sollte in einem partizipativen Rahmen durchgeführt werden. Aufgrund der begrenzten Zeit werden wir eventuell das Feedback von chinesischen Stakeholdern und Wissenschaftlern nicht in den letzten beiden Schritten der BN Modellentwicklung einbinden.

Unsere BN Modellierungsergebnisse werden die Ergebnisse des SuMaRiO Entscheidungsunterstützungssystem ergänzen (das Entscheidungsunterstützungssystem ist ein Hauptprodukt des Projektkonsortiums von SuMaRiO (RUMBAUR et al. 2014)). Die gesamten Ergebnisse werden für die Identifizierung von Land- und Wassermanagementstrategien, die die Ökosystemdienstleistungen berücksichtigen, genutzt (dargestellt unter Schritt 2 des transdisziplinären Ansatzes). Idealerweise sollte das entwickelte BN in Kombination mit einer quantitativen Bewertung der Ökosystemleistungen und als Baye'schen Entscheidungsnetz angewendet werden. Dadurch könnten Entscheidungen besser unterstützt werden (KRAGT et al. 2011). Derzeit gibt es jedoch einen Mangel an empirischen Daten zu Ökosystemdienstleistungen im Untersuchungsgebiet. Der Mangel an Daten führt dazu, dass wir die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen mit Hilfe des Baye'schen Netzes in einer semi-quantitativen Weise, durch die Einschätzung Stakeholdern und wissenschaftlichen Experten, durchführen werden.

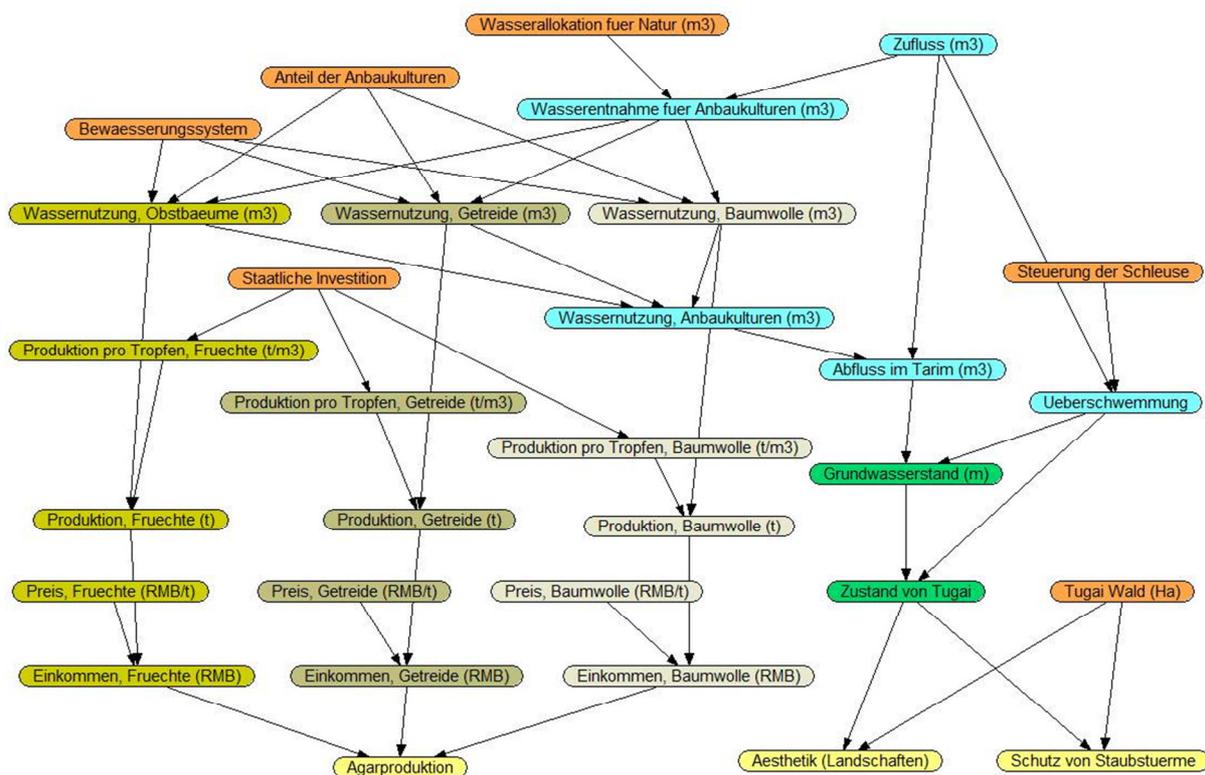


Abb. 3: Ein kausales Netz, das mit Hilfe der Baye'schen Netze Software NETICA (www.norsys.com), entwickelt wurde. Orange: Managementmaßnahmen, blau: Wasser, hellgrün/grau: Landwirtschaft, dunkelgrün: Ufervegetation (Tugai), gelb: Ökosystemdienstleistungen.

4. Schlussfolgerungen

Transdisziplinäre Forschung besitzt das Potenzial, integriertes Wasserressourcenmanagement zu unterstützen. Unter Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen kann der Konflikt zwischen der sozioökonomischen Entwicklung und dem gleichzeitigen Umweltschutz überwunden werden, vor allem in einem wasserarmen Gebiet wie das Tarim Einzugsgebiet. Es ist eine große Herausforderung, den transdisziplinären Ansatz in unserem Untersuchungsgebiet umzusetzen, um die Koproduktion und die Integration des Wissens von Wissenschaftlern und Stakeholdern zu ermöglichen. Wir haben unseren transdisziplinären Forschungsansatz an den spezifischen sozio-kulturellen Kontext angepasst. Wie in SIEW et al. (2014) dargestellt, hat der angepasste Ansatz zur fachübergreifenden und sektor-übergreifenden Kommunikation unter und zwischen der beteiligten Wissenschaftlern und Stakeholdern beigetragen. Darüber hinaus wurden die Kenntnisse der Wissenschaftler und der Stakeholder, vor allem ihr System- und Zielwissen, mit einer Kombination der ausgewählten partizipativen Methoden integriert. Jedoch gibt es aufgrund der Schwierigkeiten, relevante und wichtige Stakeholder in unseren transdisziplinären Forschungsprozess einzubeziehen einen Mangel an Wissen von Stakeholdern, wie zum Beispiel Repräsentanten der Landwirte und anderen hochrangigen Entscheidungsträgern. Infolge des fehlenden Wissens, insbesondere des Transformationswissens, sind die Akzeptanz der zu identifizierenden Managementstrategien und ihre Umsetzung ungewiss.

Unser transdisziplinärer Forschungsprozess geht weiter: Bis 2015 wollen wir die nachhaltigen Managementstrategien identifizieren und unseren transdisziplinären Ansatzes bezüglich der transdisziplinären Wissensintegration evaluieren. Wir wollen nochmal hervorheben, dass der transdisziplinäre Prozess ein rekursiver und iterativer Prozess ist. Der Prozess bzw. der Ansatz muss kontinuierlich angepasst werden.

Danksagung

Wir möchten dem BMBF für die Finanzierung des Projekts im Rahmen des Förderungsprogramms "Nachhaltiges Landmanagement" Modul A danken. Wir danken auch unseren deutschen und chinesischen Projektpartnern für die gute Zusammenarbeit und die Unterstützung, insbesondere Assoc. Prof. Dr. Yiliminuer Imit und Mihrigul Mamat für die Unterstützung bei der Organisation von Interviews und Workshops in Xinjiang. Last but not least, bedanken wir uns ganz herzlich bei dem kürzlich verstorbenen Prof. Dr. Hamid Yimit, der sehr engagiert diese herausfordernde Forschung im Untersuchungsgebiet möglich gemacht hat.

Literatur

- ANGELSTAM, P., ANDERSSON, K., ANNERSTEDT, M., AXELSSON, R., ELBAKIDZE, M., GARRIDO, P., GRAHN, P., INGEMAR JÖNSSON, K., PEDERSEN, S., SCHLYTER, P., SKÄRBÄCK, E., SMITH, M. & I. STJERNQUIST (2013): Solving problems in social-ecological systems: Definition, practice and barriers of transdisciplinary research. *AMBIO* 42: 254-265.
- BAMMER G. (2005): Integration and implementation sciences: building a new specialization. *Ecology and Society* 10: 6. <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art6/>

- BRANDT, P., ERNST, A., GRALLA, F., LUEDERITZ, C., LANG, DJ., NEWIG, J., REINERT, F., ABSON, DJ. & H. VON WEHRDEN (2013): A review of transdisciplinary research in sustainability science. *Ecological Economics* 92: 1-5.
- BRUCE, A., LYALL, C., TAIT, J. & R. WILLIAMS (2004): Interdisciplinary integration in Europe: the case of the fifth framework programme. *Futures* 36: 457-470.
- DÜSPOHL, M., FRANK, S., SIEW, TF. & P. DÖLL (2012): Transdisciplinary research for supporting environmental management. In: SEPPELT, R., VOINOV, AA., LANGE, S. & D. BANKAMP (Hrsg.): *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012 - International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany, 01-05.07.2012*. <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2012-proceedings>
- FARMANI, R., HENRIKSEN, HJ. & D. SAVIC (2009): An evolutionary Bayesian belief network methodology for optimum management of groundwater contamination. *Environmental Modelling & Software* 24: 303-310.
- GRIMBLE R. (1998): Stakeholder methodologies in natural resource management. *Socio-economic methodologies best practice guidelines*. Natural Resources Institute, The University of Greenwich.
- GRIMBLE R. & K. WELLARD (1997): Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural System* 55: 173-193.
- GWP (2000): *Integrated Water Resources Management, TAC Background Paper no. 4*. Global Water Partnership, Stockholm.
- HERMANS, LM. & WAH. THISSEN (2009): Actor analysis methods and their use for public policy analysts. *European Journal of Operational Research* 196: 808-818.
- JAHN, T., BERGMANN, T. & F. KEIL (2012): Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics* 79: 1-10.
- KLEIN, JT. (2008): Evaluation of interdisciplinary and transdisciplinary research – a literature review. *American Journal of Preventive Medicine* 35: 116-123.
- KRAGT, ME. (2009): *A beginner guide to Bayesian network modelling for integrated catchment management*. Landscape Logic Technical Report No. 9: S. 1-22. Australia.
- KRAGT, ME., NEWHAM, LTH., BENNETT, J. & AJ. JAKEMAN (2011): An integrated approach to linking economic valuation and catchment modelling. *Environmental Modelling & Software* 26:92-102.
- LANG, DJ., WIEK, A., BERGMANN, M., STAUFFACHER, M., MARTENS, P., MOLL, P., SWILLING, M. & CJ. THOMAS (2012): Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability Science* 7: 25-43.
- LYNAM, T., DE JONG, W., SHEIL, D., KUSUMANTO, T. & K. EVANS (2007): A review of tools for incorporating community knowledge, preferences, and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society*, 12: 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art5/>
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, MEA (2005): *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington DC.

- PAHL-WOSTL, C., VÖRÖSMARTY, C., BHADURI, A., BOGARDI, J., ROCKSTRÖM, J. & J. ALCAMO (2013): Towards a sustainable water future: shaping the next decade of global water research. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 708-714.
- PODESTÁ, GP., NATENZON, CE., HIDALGO, C. & FR. TORANZO (2013): Interdisciplinary production of knowledge with participation of stakeholders: A case study of a collaborative project on climate variability, human decisions and agricultural ecosystems in the Argentine Pampas. *Environmental Science and Policy* 26: 40-48.
- POHL, C. & G. HIRSCH HADORN (2007): *Principles for Designing Transdisciplinary Research*. Oekom, Munich.
- POHL, C. & G. HIRSCH HADORN (2008): Methodological challenges of transdisciplinary research. *Natures Sciences Sociétés* 16: 111-121.
- REED, MS., GRAVES, A., DANDY, N., POSTHUMUS, H., HUBACEK, K., MORRIS, J., PRELL, C., QUINN, CH. & LC. STRINGER (2009): Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management* 90: 1933 -1949.
- RUMBAUR, C., THEVS, N., DISSE, M., AHLHEIM, M., BRIEDEN, A., CYFFKA, B., DOLUSCHITZ, R., DUETHMANN, D., FEIKE, T., FRÖR, O., GÄRTNER, P., HALIK, Ü., HILL, J., HINNENTHAL, M., KEILHOLZ, O., KLEINSCHMIT, B., KRYSANOVA, V., KUBA, M., MADER, S., MENZ, C., OTHMANLI, H., PELZ, S., SCHROEDER, M., SIEW, TF., STENDER, V., STAHR, K., THOMAS, FM., WELP, M., WORTMANN, M., ZHAO, X., CHEN, X., JIANG, T., ZHAO, C., ZHANG, X., LUO, J., YIMIT, H. & R. YU (2014): Sustainable management of river oases along the Tarim River in North-Western China under conditions of climate change. *Earth System Dynamics* 5: 1221-1273.
- SCHNEIDER, F. & S. RIST (2014): Envisioning sustainable water futures in a transdisciplinary learning process: combining normative, explorative, and participatory scenario approaches. *Sustainability Science* 9: 463-481.
- SCHOLZ, RW., MIEG, HA., JE. OSWALD (2000): Transdisciplinarity in groundwater management – towards mutual learning of science and society. *Water, Air, and Soil Pollution* 123: 477-487.
- SIEW, TF. & P. DÖLL (2012): Transdisciplinary research for supporting the integration of ecosystem services into land and water management in the Tarim River Basin, Xinjiang, China. *Journal of Arid Land* 4: 196-210.
- SIEW, TF., DÖLL, P. & H. YIMIT (2014): Experiences with a transdisciplinary research approach for integrating ecosystem services into water management in Northwest China. In: BHADURI, A., BOGARDI, JJ., LEENTVAR, J. & S. MARX (Hrsg.): *The global water in the anthropocene. Challenges for science and governance*. Springer, Cham Heidelberg New York Dordrecht London. S. 303-319.
- STAUFFACHER, M., FLÜELER, T., KRÜTLI, P. & RW. SCHOLZ (2008): Analytic and dynamic approach to collaboration: A transdisciplinary case study on sustainable landscape development in a Swiss prealpine region. *Systemic Practice and Action Research* 21: 409-422.
- THEVS, N. (2011): Water scarcity and allocation in the Tarim Basin: decision structures and adaptations on the local level. *Journal of Current Chinese Affairs* 40: 113-137.

- UNEP (2012): The UN-Water Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management. UN-Water Report, United Nations Environment Programme.
- VANDERMEULEN, V. & G. VAN HUYLENBROECK (2008): Designing transdisciplinary research to support policy formulation for sustainable agricultural development. *Ecological Economics* 67: 352-361.
- WIEK, A. & AI. WALTER (2009): A transdisciplinary approach for formalized integrated planning and decision-making in complex systems. *European Journal Operational Research* 197: 360-370.
- ZSCHEISCHLER, J. & S. ROGGA (2014): Transdisciplinarity in land use science – A review of concepts, empirical findings and current practices. *Futures* (in press).