

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 50 (2009)

Heft: 1

Artikel: Umweltwandel und Naturgefahren : Landschaftssystemanalyse in Forschung und Anwendung

Autor: Kuhn, Nikolaus / Beising, Edith

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088311>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Umweltwandel und Naturgefahren – Landschaftssystemanalyse in Forschung und Anwendung

Nikolaus Kuhn und Edith Beising

Zusammenfassung

Die Gemeinden des westlichen Hochrheintals als Teil der Metropolitanregion Basel befinden sich grösstenteils in einem konstanten Wachstum. Dies zeigt sich in einem zunehmenden Flächenverbrauch und in einer ansteigenden Zersiedelung sowie Versiegelung. Gleichzeitig findet eine Intensivierung der Landwirtschaft statt. Die Konsequenz dieses Wandels der Kulturlandschaft ist ein stetig voranschreitender Umweltwandel. Da das Landschaftsökosystem aufgrund der andauernden Nutzung keinen Gleichgewichtszustand mehr erreichen kann, befinden sich Geosphären wie auch der Boden in einem Zustand der Transition (Übergang). Dieses Ungleichgewicht des Landschaftsökosystems bewirkt ein höheres Naturgefahrenrisiko. Dieses kann – je nach betrachteter Massstabsebene – unterschiedlich ausfallen.

1 Einleitung

Moderne physiogeographische Forschung befasst sich mit der aktuellen, vergangenen und zukünftigen dynamischen Interaktion zwischen den Geosphären in Landschaftsökosystemen. Dies schliesst sowohl den vom Menschen verursachten Wandel der Landnutzung und Landbedeckung und die daraus folgenden Veränderungen der Umweltqualität (beispielsweise in Gewässern, Böden oder Habitaten) wie auch die Folgen von Klimawandel für Mensch und Umwelt ein (Goudie & Stokes 2007). Der Umweltwandel bezeichnet folglich die sich aus der Veränderung der Landoberfläche durch den Menschen und den Klimawandel ergebenden Konsequenzen für die Umweltqualität. Naturgefahren und die zukünftige Entwicklung der von ihnen ausgehenden Risiken für Leib und Leben, Infrastruktur und Umweltqualität stellen einen wichtigen Bestandteil insbesondere für die angewandte physiogeographische Forschung dar. Der Umgang mit Umweltwandel erfordert nicht nur ein genaues Verständnis für die gegenwärtigen Abläufe in einem Landschaftssystem, sondern auch eine Prognose der zukünftigen Verhältnisse. Eine solche Prognose muss zwei Fakto-

Adresse der Autoren: Prof. Dr. Nikolaus Kuhn und Dipl. Geogr. Edith Beising, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Physiogeographie und Umweltwandel, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: Nikolaus.Kuhn@unibas.ch; Edith.Beising@unibas.ch

ren berücksichtigen, die in der traditionellen geographischen Arbeit teilweise nur eine untergeordnete Rolle spielten: funktionale Einheiten und Transition (Übergang). Dieser Beitrag hat zwei Ziele: Erstens, die aktuelle Bedeutung funktionaler Einheiten und das Auftreten von Transition in einem sich wandelnden Landschaftssystem zu illustrieren, und zweitens, konzeptionelle Ansätze zur Festlegung einer der Fragestellung entsprechenden funktionalen Einheit sowie eine Überprüfung der Wahrscheinlichkeit von Transitionseffekten vorzustellen.

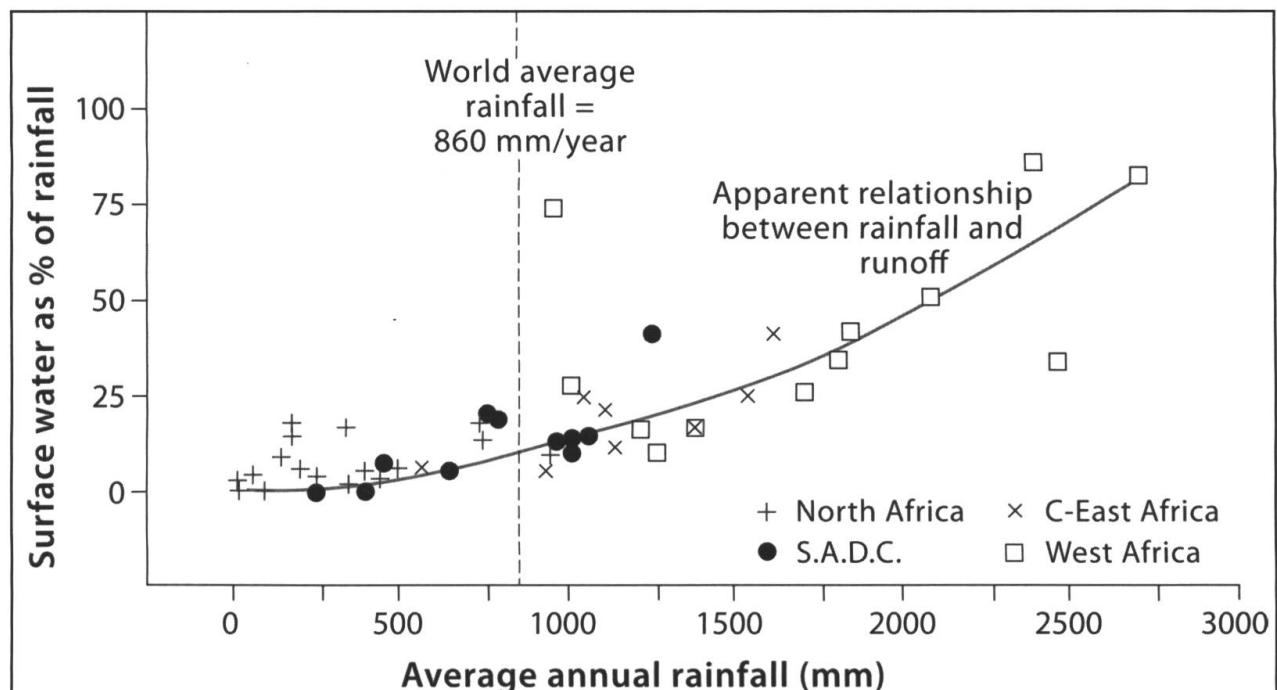
2 Landschaftssystemanalyse

Die Landschaftssystemanalyse befasst sich mit den Flüssen von Wasser, Sediment, Nähr- und Schadstoffen innerhalb der sie begrenzenden Einzugsgebiete. Ein so abgegrenztes Einzugsgebiet kann eine andere Grösse besitzen als ein Einzugsgebiet im hydrologischen Sinn und wird im Folgenden als funktionale Einheit oder Landschaftssystem bezeichnet. Ziel der Landschaftssystemanalyse ist die zielgerichtete quantitative Analyse ausgewählter Stoffkreisläufe. Voraussetzung für eine erfolgreiche Landschaftssystemanalyse ist ein detailliertes qualitatives Verständnis des bearbeiteten Landschaftsökosystems. Zu Beginn der Landschaftssystemanalyse steht die Formulierung einer konkreten Fragestellung, beispielsweise zu den Folgen von Landnutzungsveränderungen für Abfluss und Erosion. Dem folgt die Abgrenzung der für die Fragestellung relevanten funktionalen Einheit des zu untersuchenden Landschaftssystems. Dies kann je nach Fragestellung ein Acker, ein Kleineinzugsgebiet oder ein Flusssystem sein. Innerhalb dieses Landschaftssystems wird dann die räumliche Verteilung der der Fragestellung entsprechenden Stoffe erfasst, z. B. der Nährstoffgehalt der Böden bei Fragen zur Gewässerbelastung durch Auswaschung von Nährstoffen. In einem dritten Schritt findet eine Identifikation und Quantifizierung der Prozesse, die Stoffe innerhalb des Landschaftssystems bewegen, und der sie kontrollierenden Eigenschaften des Landschaftssystems statt. Transport kann durch Wasser, Wind und Massenbewegungen, aber auch durch den Menschen stattfinden. Kontrollierende Eigenschaften des Landschaftssystems im Zusammenhang von Abfluss und Erosion wären Relief, Boden und Vegetation. Auf Basis der erhobenen Daten kann nun eine Modellierung der Stoffflüsse innerhalb des Landschaftssystems erfolgen.

3 Landschaftssysteme als funktionale Einheiten

Landschaftssysteme können je nach Fragestellung unterschiedlich gross gewählt werden. Ihre Ausdehnung reicht von einem Kleineinzugsgebiet, beispielsweise in einer Erosionsstudie auf einer Fläche von wenigen hundert Quadratmetern, bis hin zu Regionen von tausenden Quadratkilometern Grösse, wenn diese von ähnlichen geomorphologischen Landschaftsformen eingenommen werden. Im Zusammenhang mit Umweltwandel hat sich geographische Forschung meist an den natürlich auftretenden Mustern externer Kontrollfaktoren orientiert, wie Klima, Topographie, Landbedeckung oder Landnutzung. Abbildung 1 zeigt eine solche klassische Analyse für den Zusammenhang zwischen Niederschlag und dem Auftreten von Oberflächengewässern in Afrika. Grundsätzlich kann eine positive Korrelation zwischen Niederschlagsmenge und der Grösse von Oberflächengewässern abgeleitet werden. Entsprechend solcher räumlichen Kovarianzen werden häufig Vorhersagen für die Reaktion eines Einzugsgebiets auf Klimawandel und somit das zukünftige Naturgefahrenpotenzial gemacht. Eine solches Vorgehen stösst jedoch an seine Grenzen, wenn geringere Unterschiede der Niederschlagsmenge betrachtet werden. Im Extremfall, bei-

spielsweise bei Niederschlägen zwischen 1'000 und 1'300 mm in Westafrika, verringert sich sogar der Anteil an Oberflächengewässern mit zunehmendem Niederschlag. Diese regional stärker variierten Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Größe der Oberflächengewässer lassen sich durch die spezifischen hydrologischen und klimatischen Verhältnisse erklären (Kuhn et al. 2009). Die teilweise negative Beziehung zwischen Niederschlag und Größe der Oberflächengewässer in Westafrika ist eine Folge der nur in der Regenzeit auftretenden Niederschläge. Trotz hohem Jahresniederschlag fallen viele Gewässer trocken. Bei ausgeglichener Verteilung des Jahresniederschlags reicht hingegen weniger Regen für den Erhalt eines dauerhaften Abflusses. Die je nach betrachteter Massstabsebene unterschiedlichen Beziehungen zwischen Niederschlag und der Größe der Oberflächengewässer machen deutlich, dass eine Prognose der Reaktion eines Einzugsgebiets auf Klimawandel nur dann auf der Basis von räumlichen Kovarianzen erstellt werden kann, wenn die verwendeten Daten und Modelle der Dimension des zu betrachtenden Landschaftssystems entsprechen. Dies gilt besonders dann, wenn durch synchrone Veränderungen der Landnutzung und des Klimas Synergieeffekte zwischen beiden Systemkomponenten auftreten können und dadurch das Risiko von Naturgefahren erhöhen (Myers 1996).



4 Transition

Neben der räumlichen Dimension der funktionalen Einheit muss für eine Prognose der Veränderung von Naturgefahren auch die Reaktionszeit eines Landschaftssystems nach dem Wandel eines externen Kontrollfaktors wie des Klimas oder einer Veränderung der Systemeigenschaften durch den Menschen berücksichtigt werden. Unser Verständnis für die Reaktion einer Landschaft auf Umweltwandel ist auf zwei Arten beschränkt (*Kuhn 2008*): Erstens ist die Reaktion einer Geosystemkomponente (z. B. Boden) auf die Veränderung in einer Geosphäre (z. B. Klima) nicht zeitlich diskret, sondern dauert mehrere Jahre bis Jahrzehnte an. Die unterschiedliche Variabilität der Erosion auf Böden mit verschiedener Dauer einer bestimmten Nutzung in Abb. 2 verdeutlicht dies (*Kuhn 2006*). Der Vertisol (FAO Klassifikation) wird seit mehreren Jahrzehnten ähnlich landwirtschaftlich genutzt, hingegen befindet sich der Kastanozem in einer Phase der Adaption an eine erst wenige Jahre zurückliegende Einführung der ackerbaulichen Nutzung. Es steht zu erwarten, dass sich auf dem Kastanozem ebenfalls stabilere Verhältnisse zwischen Erosion und Abfluss entwickeln. Bis dahin können die gesammelten Daten, die ohnehin eine sehr hohe Variabilität aufweisen, jedoch nicht für die Prognose zukünftiger Erosionsereignisse verwendet werden. Eine zweite Beschränkung der Prognose ergibt sich aus der Dynamik der Ursachen für den Umweltwandel. Landnutzung und Klima sind einer mehr oder weniger ständigen Veränderung unterworfen. Landschaftssysteme befinden sich daher in einem quasi-permanenten Zustand der Reaktion auf den Wandel dieser Kontrollfaktoren Klima und Landnutzung. Ein Landschaftssystem, das einem solchen permanenten Wandel unterworfen ist, erreicht daher keinen dynamischen oder metastabilen Gleichgewichtszustand mehr, sondern befindet sich in einem dauerhaften Zustand des Übergangs (engl. transition). Dementsprechend können aktuelle Daten über Zusammenhänge beispielsweise von Klima und Abfluss nur bedingt für die Prognose zukünftiger Extremereignisse verwendet werden.

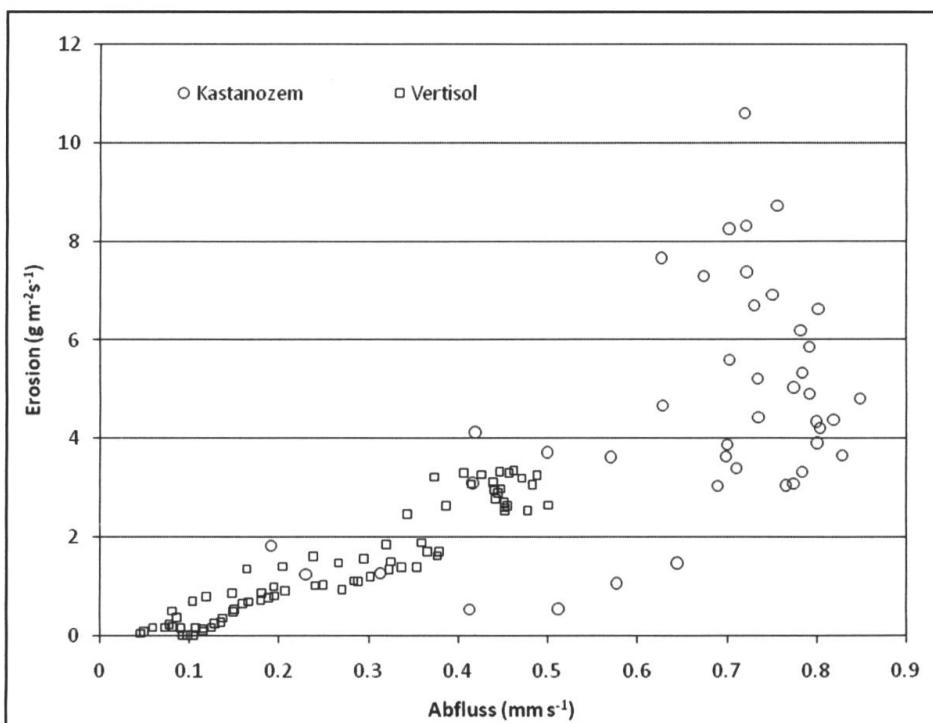


Abb. 2 Erosion im Gleichgewicht (Vertisol, Weide) und Transition (Kastanozem, junger Acker) auf zwei benachbarten Böden aus dem Nordosten Mexikos (verändert nach *Kuhn et al. 2002*).

5 Landschaftswandel und Naturgefahren im Hochrheingebiet

Der Kulturlandschaftswandel im eigentlichen Sinn setzte im Hochrheingebiet erst spät, zwischen 1950/55 und den Siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts ein, als der Wirtschaftsaufschwung nach dem Zweiten Weltkrieg begann. Das starke Wachstum der Städte und Gemeinden sowie Funktionsverlagerungen an den Stadtrand auf die grüne Wiese begann nach der Erdölkrisen. Dieses Wachstum hält bis heute an. Zahlen des Kantons Basel-Landschaft zeigen, dass zwischen 1950 und 1970 die Zahl der BewohnerInnen des Kantons um 95'883 BewohnerInnen auf 203'432 zunahm. Die Gründe hierfür sind zum einem in dem konjunkturellen Aufschwung und der damit verbundenen Nachfrage nach Arbeitskräften, zum anderen in einer durch den Boom bedingten Geburtenzunahme zu finden. Da vor allem Familien das Wohnen im Grünen favorisierten, stieg der Anteil an Einfamilienhäusern stark an. Der Bedarf an Wohnraum vergrösserte sich im Zuge dessen enorm: 1990 lag der Bedarf an Wohnungen bei 40 Wohnungen pro 100 BewohnerInnen, während 1970 noch 31 Wohnungen für 100 Bewohner ausreichten. Dieser grosse Wohnbedarf führte in Verbindung mit der Industrialisierung zu einer Verstädterung vieler Gemeinden (*Kanton Basel-Landschaft 1996*). Die Trends heute sind, neben einer Verdichtung nach innen, Gewerbeflächenausweisungen auf der grünen Wiese sowie ein Wachstum kleinerer Ortschaften auf den Höhenstufen von Schwarzwald, Jura oder Dinkelberg bzw. in den ländlichen Bereichen der Täler. Die Folge dieser Entwicklung ist, dass landwirtschaftliche Flächen oft zugunsten der Bauflächen aufgegeben werden. Dies zeigt sich u. a. an den Zahlen der Gemeinde Muttenz: Wurden 1952 noch 42.9 % der Gemeindefläche landwirtschaftlich genutzt, so sind es aktuell noch 16.0 % (vgl. Abb. 3). Im gleichen Zeitraum nahm die Einwohnerzahl von 7'129 auf aktuell 17'000 zu. Gleichzeitig findet eine Intensivierung der Landwirtschaft statt, die sich u. a. durch das Entfernen landschaftsgliedernder Elemente, das Bearbeiten der Felder mit grösseren Maschinen sowie einen höherem Düngereinsatz präsentiert. Die Folgen zeigen sich in einer geringeren Biodiversität und physikalischer sowie stofflicher Bodenbelastung (*Leser et al. 2007; Beising 2009*).

Aus der zunehmenden Besiedlung im Hochrheingebiet resultiert eine erhöhte Dichte an Strassen. Diese lässt sich am Beispiel der *unzerschnittenen verkehrsarmen Räume* (UVR) gut demonstrieren. UVR sind Räume, welche eine Fläche von mindestens 100 km² besitzen. Diese sind ausserorts durch Strassen abgegrenzt, die eine Verkehrsmenge von über 1'000 Fahrzeugen im 24-h-Mittel aufweisen, sowie von Eisenbahnlinien, sofern diese nicht in einem UVR enden (*Jaeger 2002*). Im Land Baden-Württemberg kommen solche Räume nur noch im Schwarzwald vor. Das Hochrheintal selber präsentiert sich als ein Gebiet mit kleinsten zerschnittenen Räumen. Vergleicht man die Naturräume in Baden-Württemberg, so zeigt sich, dass das Hochrheintal mit 0.78 km² am stärksten zerschnitten ist (*Esswein et al. 2002*). Im Vergleich besitzt der Landkreis Waldshut eine effektive Maschenweite von 8.83 km² bzw. 12.17 km². Hier kommen die weniger stark zerschnittenen Flächen des Hotzenwalds bzw. des Dinkelbergs zum Tragen, die in die Berechnung des gesamten Zerschneidungsgrades eines Kreises miteinbezogen werden. Die aufgrund der morphologischen Verhältnisse dichte Besiedlung und das enge Verkehrsnetz zeigte sich schon früh: Bereits 1930 hatte das Hochrheintal eine effektive Maschenweite von lediglich 1.41 km². Das bedeutet im Vergleich zu den Werten von 1998 eine Veränderung von -45 %. Das bedeutet, dass heute die Räume im Durchschnitt nur noch knapp halb so gross sind wie damals.

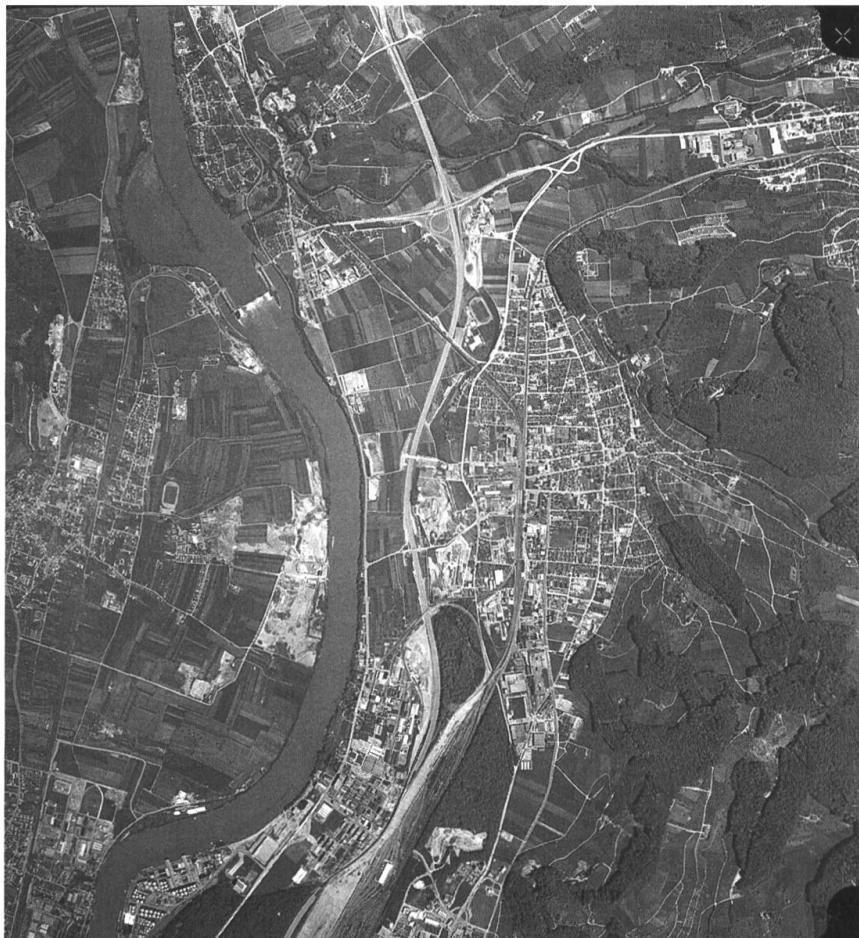
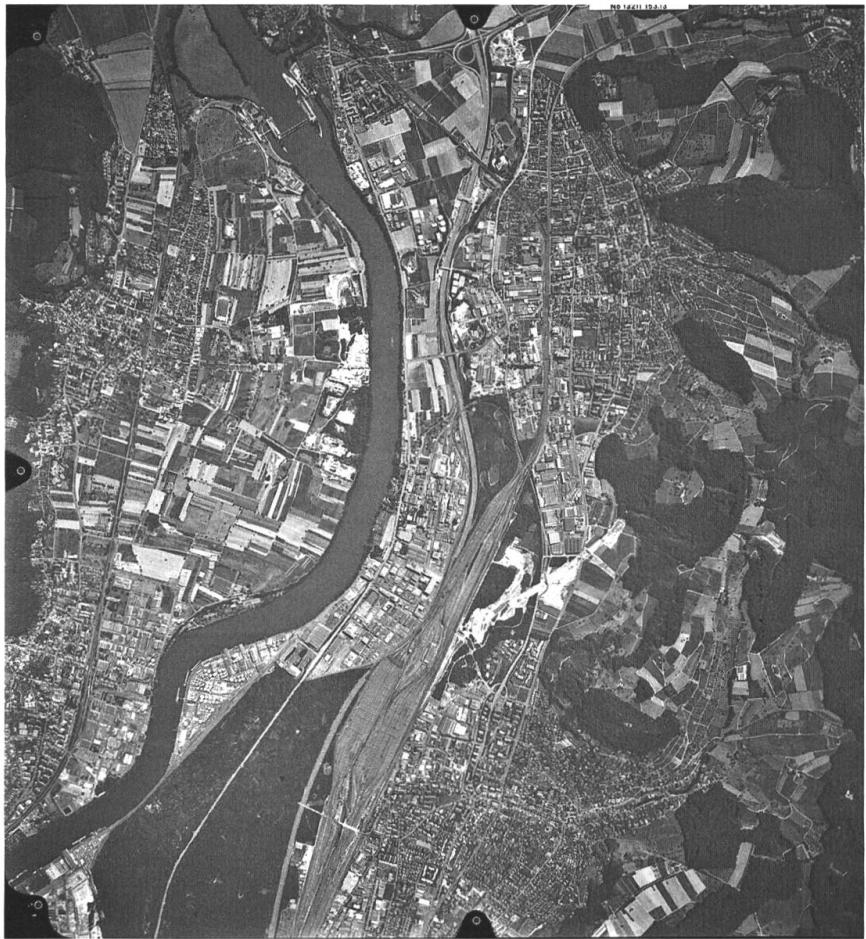


Abb. 3 Darstellung des Landschaftswandels anhand eines Luftbildvergleichs der Gemeinden Muttenz/Pratteln/Augst/Grenzach-Wyhlen 1970 (links) und 1994 (rechts). Deutlich zu erkennen ist das Wachstum der Gemeinden sowohl nach innen als auch nach aussen (Publikation genehmigt von SwissTopo).

6 Landschaftssysteme, Transition und Naturgefahren im Hochrheingebiet

Transition und die Identifikation der für eine Fragestellung relevanten funktionalen Einheit haben für die Bewertung der Veränderung des Naturgefahrenpotenzials eine entscheidende Bedeutung. Landschaftsveränderungen betreffen Gebiete unterschiedlichsten Massstabs. In der vorliegenden Studie setzt sich der Untersuchungsraum aus einem Mosaik von Gebieten mit unterschiedlichen Landnutzungen vielfacher Art, Intensität und Grösse zusammen. Diese sind u. a. intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen, Altlastenstandorte oder stark verbaute und belastete Industrie- und Gewerbeflächen (*Beising 2009*). Je nach betrachteter Massstabsebene steigt das Naturgefahrenpotenzial als Folge des Landschaftswandels unterschiedlich stark und auf unterschiedliche Weise an (*Kuhn & Zhu 2008*). Bebauung kann lokal das Risiko von Überflutung entlang von Bächen wesentlich stärker erhöhen als im grösseren Flusseinzugsgebiet. Die Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluss ist ebenfalls unterschiedlich: Je kleiner ein Einzugsbiet, umso grösser ist das Risiko einer nicht-linearen Reaktion. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn die Niederschlagsintensität den Schwellenwert, auf dessen Basis ein Kanalisationssystem angelegt wurde, überschreitet. Lokal findet in diesem Fall eine Überflutung, d. h. eine nicht-lineare Reaktion, und somit eine Veränderung des Naturgefahrenpotenzials mit dem Niederschlag statt. Regional, auf der Massstabsebene des Rheineinzugsgebiets, trägt der zusätzliche Abfluss kaum zu einer Erhöhung des schon bestehenden Naturgefahrenpotenzials bei.

Die Veränderung des Naturgefahrenpotenzials mit dem Massstab der Betrachtungsebene an sich ist nicht neu. Allerdings muss – als Folge von Klimawandel – die räumliche Dimension der betrachteten funktionalen Einheiten überprüft werden. Gebiete mit derzeit geringem Naturgefahrenpotenzial sind im Laufe des 21. Jahrhunderts möglicherweise einem höheren Risiko ausgesetzt, wenn sich extreme Niederschlagsereignisse häufiger und mit grösserer Magnitude ereignen werden. Die zeitliche Dimension der Landschaftsveränderung ist außerdem nicht konstant. Die Ausdehnung bebauter Fläche ist ein mehr oder weniger kontinuierlicher Vorgang. Dementsprechend verändern sich Niederschlag-Abfluss-Beziehungen in einem Einzugsgebiet ständig. Als Folge sind empirisch erhobene Daten zur Abflussprognose nur bedingt auf zukünftige klimatische Verhältnisse übertragbar. Gleichzeitig findet eine Veränderung der Landnutzung, zumindest aber der landwirtschaftlichen Praktiken statt. Entsprechend dem Beispiel in Abb. 2 benötigt der Boden, und damit auch seine Funktion im Einzugsgebiet, mehrere Jahre bis Jahrzehnte, um einen neuen Gleichgewichtszustand mit Nutzung und Klima zu erreichen. Dieser Gleichgewichtszustand wird in der Realität jedoch nicht erreicht, da die Veränderung von Klima und Landnutzung ebenfalls fortschreitet. Das Landschaftssystem Hochrhein befindet sich also in einem Zustand der Transition. Dementsprechend muss die Übertragbarkeit von Verfahren der Risikobewertung auf mögliche Einflüsse von Transition überprüft werden. Für die Vorhersage von Abfluss würde dies bedeuten, dass der Einfluss länger andauernder Veränderungen in der Landschaft, beispielsweise die Arrondierung von Nutzungsparzellen oder die Bodenverdichtung durch den Einsatz grösserer Maschinen, in die Modellierung zukünftiger Ereignisse einfließen muss.

7 Fazit

Am Hochrhein verstärkt sich der Landschaftswandel aufgrund der weiteren Bebauung, der Intensivierung der Landwirtschaft und des Klimawandels im 21. Jahrhundert. Als Konsequenz wird das komplexe Wirkungsgefüge innerhalb des Landschaftsökosystems verändert. Dieser Artikel zeigt die Schwierigkeiten bei der Bewertung der Folgen von Landschaftsveränderungen (Umweltwandel) für das Naturgefahrenpotenzial.

Die Landschaftssystemanalyse als Werkzeug zur Betrachtung einzelner, gezielt formulierter Fragestellungen bietet die Möglichkeit, die Veränderung der mit Naturgefahren verbundenen Risiken zu bewerten (Abb. 4). Zunächst muss eine klare Fragestellung in Bezug auf Naturgefahren und Umweltwandel formuliert werden. Auf Basis dieser Fragestellung und einem guten konzeptionellen Verständnis des Landschaftsökosystems können dann die auslösenden Prozesse und deren räumliches und zeitliches Muster, einschließlich deren zukünftiger Entwicklung, bestimmt werden. Dieser Schritt erfordert unter Umständen eine intensive Datenaufnahme der relevanten Parameter im Landschaftssystem sowie eine Auswertung bestehender Daten zu Klima, Landnutzung und, falls vorhanden, der für die Fragestellung relevanten Prozesse. Schliesslich werden diese Prozesse unter Berücksichtigung der Transition der steuernden Systemkomponenten quantifiziert. Somit kann das zukünftige Verhalten des Landschaftssystems in einem numerischen Modell prognostiziert werden. Für eine spezifische Fragestellung zum zukünftigen Naturgefahrenpotenzial liefert das Konzept der Landschaftssystemanalyse somit – auf Basis eines guten qualitativen Verständnisses der Landschaft – eine quantitative Prognose zu den Folgen von Umweltwandel.

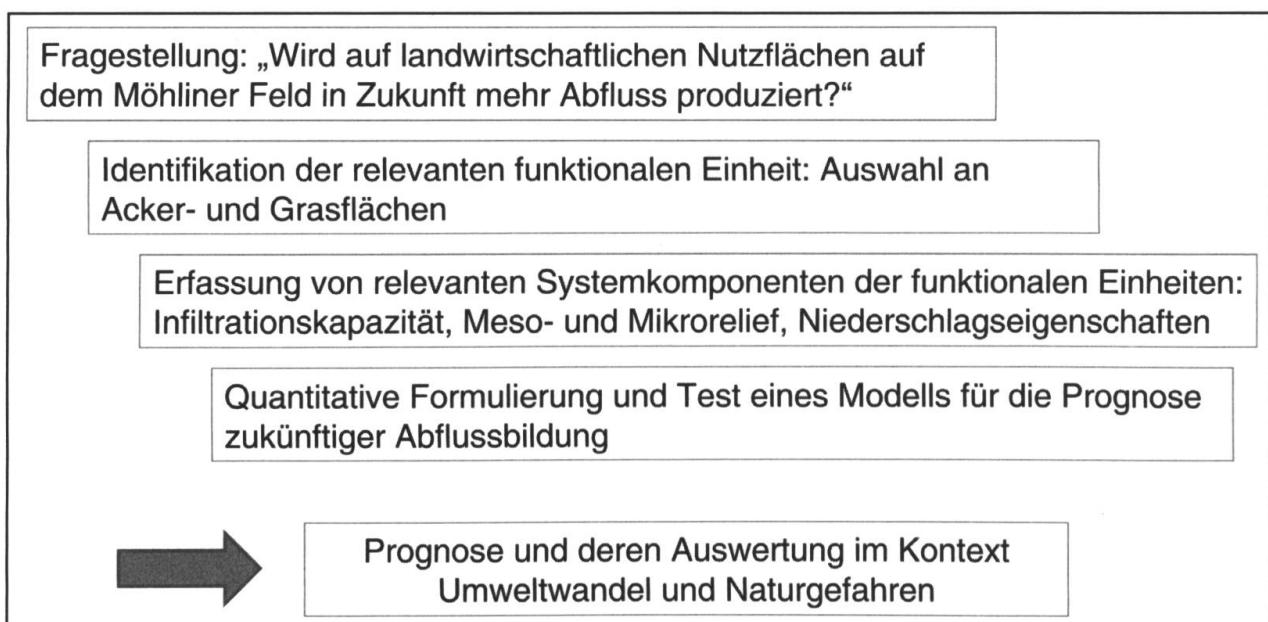


Abb. 4 Schritte der Landschaftssystemanalyse am Beispiel des Oberflächenabflusses im Hochrheintal.

Literatur

- Beising E. 2009. *Der ökologische Problemraum Hochrheintal – Wahrnehmung und Darstellung der Sensitivität der Landschaft (Arbeitstitel)*. Dissertation Geographisches Institut, Abteilung Physiogeographie und Umweltwandel, Universität Basel, in Arbeit.
- Esswein H., Jaeger J., Schwarz-von Raumer H.-G. & Müller M. 2002. *Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Zerschneidungsanalyse zur aktuellen Situation und zur Entwicklung der letzten 70 Jahre mit der effektiven Maschenweite*. Arbeitsbericht. Akademie für Folgeabschätzung in Baden-Württemberg 214, 1–124.
- Goudie A. & Stokes S. 2007. *Environmental Change*. Oxford, 1–372.
- Jaeger J. 2002. *Landschaftszerschneidung*. Stuttgart, 1–447.
- Kanton Basel-Landschaft (Hrsg.) 1996. *s Baselbiet*. Liestal, 1–287.
- Kuhn N.J., Bryan R.B. & Navar J. 2002. Seal formation and interrill erosion on a smectite-rich Kastanozem from NE-Mexico. *Catena* 52: 149–169.
- Kuhn N.J. 2006. Erodibility assessment in dynamic event-based erosion models. In: Owens P.N. & Collins A.J. (Hrsg.): *Soil Erosion and Sediment Redistribution in River Catchments: Measuring, Modelling, and Management*. Oxfordshire, 153–161.
- Kuhn N.J. 2008. Physical geographic research in transitional environments. Introduction to the special issue. *Geographica Helvetica* 1:2–3.
- Kuhn N.J. & Zhu H. 2008. GIS-based modeling of runoff source areas and pathways. *Geographica Helvetica* 1/2008: 48–57.
- Kuhn N.J., Schütt B. & Baumhauer R. 2009. Managing the Impact of Climate Change on the Hydrology of the Gallocanta Basin, NE-Spain. *Journal of Environmental Quality*: im Druck.
- Leser H., Beising E. & Freiberger H. 2007. Das deutsch-schweizerische Hochrheingebiet zwischen Basel und Bad Säckingen: ein verdeckter ökologischer Problemraum. In: Zepp H. (Hrsg.): *Ökologische Problemräume Deutschlands*. Darmstadt, 227–250.
- Myers N. 1995. Environmental Unknowns. *Science* 269: 358–360.

