

Objekt-basierte Ableitung von Winderosionsflächen in RapidEye-Daten in der Sibirischen Kulundasteppe

IRENE WALDE¹, THOMAS THEISEL¹, SÖREN HESE¹ & CHRISTIANE SCHMULLIUS¹

Zusammenfassung: Der Großteil des Graslandes der sibirischen Kulunda Steppe in Russland wurde in den 1950er Jahren in intensiv genutztes Ackerland umgewandelt (MEINEL 2002, STADELBAUER 1987). Einerseits gewinnt die Region als Kornkammer Russlands an Bedeutung, andererseits führt die unsachgemäße Bewirtschaftung der Agrarflächen zu Bodenerosion und damit einhergehend Bodendegradation, Versalzung und Versandung (MEINEL 2002). Das vom BMBF geförderte Projekt „KULUNDA - Wie verhindert man die nächste Global Dust Bowl"? fokussiert die Entwicklung von ökologischen und ökonomischen Strategien zur nachhaltigen Landnutzung, um die landwirtschaftliche Produktion zu stabilisieren und die andauernden Degradationsprozesse zu stoppen. In dieser Arbeit wird die objekt-basierte Landbedeckungsklassifikation aus RapidEye-Daten beschrieben. Anschließend werden von Winderosion geschützte und ungeschützte Flächen auf Basis der klassifizierten Windschutzstreifen ausgewiesen.

1 Einleitung

Die Kulundasteppe wurde vor der agrarwirtschaftlichen Inwertsetzung (Neulandaktion) der 50er Jahre von nomadisierenden Steppenvölkern zur Beweidung und stellenweisen Ackerbau genutzt (MEINEL 2002). In der Altai Region (Altai-Krai) wurden mit der Neulandaktion 1954/55 mehr als 2,3 Mio ha in Ackerflächen umgewandelt (MEINEL 2002). Auf dem Gebiet der Kulundasteppe bedeutet das, dass man Niederschläge von weniger als 250mm pro Jahr für den Ackerbau in Kauf nahm und die agrarwirtschaftliche Nutzung der dunklen und hellen Kastanoseme der zentralen Steppe zusätzlich zu den Schwarzerden forcierte. Auch Altbrachen, die aufgrund von zu geringen Erträgen durch Dürren bereits vor dem 2. Weltkrieg aufgegeben wurden, wurden erneut bewirtschaftet (MEINEL 2002). Im Zuge der Neulandgewinnung wurde die Ausrichtung der neuen Felder (Nordwest) rechtwinklig zur Hauptwindrichtung (Südwest) beachtet. Einige Jahre nach dem Umbruch in Agrarflächen, wurden Ertragseinbuße und Bodenprobleme festgestellt. Die Ursache dafür waren Bodendegradationsprozesse, die durch unangepasste agrarwirtschaftliche Bodenbearbeitung und mangelhafte Anbaustrategien entstanden (MEINEL 2002, OLDEMAN 1988). Speziell für die Winderosion sind lockere, sandige Böden, die durch das fehlende Wurzelwerk nur wenig Wasser speichern können, sehr anfällig. Ziel des deutsch-russische Forschungsprojektes ist es, Strategien für die Minderung der Bodendegradation bei gleichzeitiger Erhöhung bzw. Sicherung der agrarwirtschaftlichen Erträge zu entwickeln. Die zukünftigen Ergebnisse für eine nachhaltige Landnutzung der Kulundasteppe können in ähnlichen Regionen weltweit Anwendung finden.

1) Lehrstuhl für Fernerkundung, Friedrich-Schiller-Universität Jena
E-Mail: irene.walde@uni-jena.de

2 Untersuchungsgebiet und Datenbeschreibung

Die Kulundasteppe ist ein Gebiet im Süden Westsibiriens, auf dem Territorium der Russischen Föderation, an der Grenze zu Kasachstan. Sie gehört zur Region Altai. Begrenzt wird das Untersuchungsgebiet im Westen durch die Grenze zu Kasachstan, im Osten durch Barnaul und Nordosten durch den Fluß Ob. Im Süden schließt sich die Halbwüste und das Altaigebirge an. Im Norden geht die Steppe in die Waldsteppe über. Das Zentrum der Kulundasteppe liegt ungefähr auf derselben geographischen Breite wie Berlin. Die Fläche des Untersuchungsgebietes beträgt ca. 80.000 km² und entspricht in etwa der Größe Tschechiens. Die Trockensteppe, die typische Steppe und die Waldsteppe unterteilen das Gebiet von Südwesten nach Nordosten in drei Naturräume.

Das in Abb. 1 dargestellte Mosaik entstand aus 15 Satellitenbildszenen des Satellitensystems RapidEye. Level 1B Daten, aufgenommen im August 2012, wurden vor der Mosaikierung mit ATCOR2 (RICHTER 2006) atmosphärenkorrigiert. Die RapidEye Szenen haben eine spektrale Auflösung von ca. 440-850 nm (RAPIDEYE 2012:6), verteilt auf 5 Kanäle: blau, grün, rot, red edge und nahes infrarot (NIR). Das Mosaik deckt das gesamte Untersuchungsgebiet mit einer

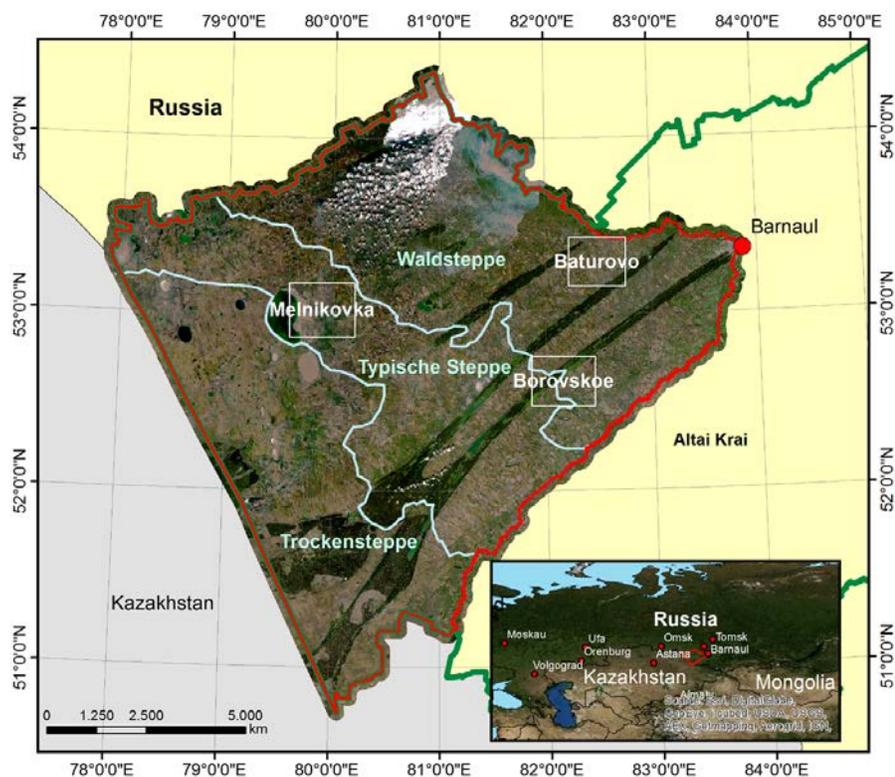


Abb. 1: Übersicht der Kulundasteppe, RapidEye Satellitenbildmosaik und Darstellung der Testgebiete (Übersichtskarte: ESRI Basemaps)

räumlichen Auflösung von 6,5 m/Pixel ab, jedoch sind die Szenen im Norden durch Wolken bedeckt, was eine Ableitung der Landbedeckung in diesem Bereich einschränkt. In Abb. 1 sind

außerdem die drei Testgebiete markiert, auf denen die Landbedeckung und Winderosion abgeleitet wurden: die Regionen Baturovo, Borovskoe und Melnikovo.

3 Methodik

3.1 Landbedeckung/Landnutzung

Unter Zuhilfenahme von Open Street Map Daten (OSM) wurden bebaute Flächen (Straßen und Siedlungen) im Vorfeld ausmaskiert und einer Klasse *Built up areas* zugewiesen. Dafür wurden die linienhaften Straßenelemente auf eine Breite von 15m gepuffert.

Die Klassen *Waterbodies*, *Closed to open low trees*, *Closed to open trees*, *Crops*, *Herbaceous vegetation*, *Sparse vegetation & bare areas* und *wind protection* (Windschutzstreifen) wurden unter Einbeziehung von spektralen, formbasierten und nachbarschafts-relationalen Merkmalen in einer object-basierten Klassifikation abgeleitet. Die Segmentierung in homogene Bildobjekte erstreckt sich über 5 Ebenen mit unterschiedlich großen Segmenten, um die verschiedenen Strukturen innerhalb des Bildes zu erfassen. Für die Trennbarkeitsanalyse der Klassen wurden Referenzdaten aus einer Geländekampagne aus dem Juni 2012 verwendet. Die Abtrennung der Wasserflächen erfolgte auf Basis des *Normalized Difference Water Index* (NDWI) nach MCFEETERS (1996). Die Ableitung der Klassen *Closed to open low trees*, *Closed to open trees*, *Crops*, *Herbaceous vegetation* sowie *Sparse vegetation & bare areas* basiert auf der Verwendung des *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), der mittleren Standardabweichung des normierten NIR-Kanals, der Helligkeitswerte der sichtbaren normierten Kanäle (Blau, Grün und Rot) und des Formmerkmals *Rectangular Fit*. Dabei sind Waldflächen durch hohe NDVI-Werte und geringe Helligkeitswerte im sichtbaren Bereich gekennzeichnet. Ackerflächen lassen sich durch ihre rechteckige Form und durch eine geringe Standardabweichung des NIR-Kanals (homogene Vegetationsreflektion) von anderen Klassen trennen. Die Steppen- und Grasflächen und die spärliche Vegetation und offenen Bodenflächen werden ebenfalls durch Verwendung des NDVI getrennt. Für die anschließende Erfassung der Windschutzstreifen werden die Objektfläche, Formmerkmale (Objektbreite, Länge zu Breite Verhältnis) und der NDVI verwendet. Unter Einbeziehung von verschiedenen relationalen Merkmalen und Nachbarschaftsbeziehungen werden im Anschluss Fehlklassifikationen behoben und Kontextinformationen zu Verbesserung der Klassifikationsgenauigkeit genutzt (Steppen- und Brachflächen werden aufgrund ihrer Nachbarschaft zu Windschutzstreifen in Ackerflächen umklassifiziert, unter der Annahme, dass Windschutzstreifen ausschließlich zwischen Ackerflächen angepflanzt wurden).

Für die Validierung der Klassifikationsergebnisse wurden innerhalb der Klassen *trees* (*trees* und *low trees* zusammengefasst), *crops*, *herbaceous vegetation*, *sparse vegetation & bare areas*, *water* und *wind protection* je 50 zufällig verteilte Punkte pro Klasse generiert (random sampling). Die Klasse *Built up areas* wurde nicht validiert, da sie aus den OSM-Daten abgeleitet wurde. Die Referenzpunkte wurden durch visuelle Interpretation und Expertenwissen auf Basis von Google Earth ausgewertet.

3.2 Winderosion

Die Ableitung der Winderosionsflächen basiert auf der Landbedeckungs- und Landnutzungsklassifikation. Da die Windschutzstreifen vor potentieller Winderosion schützen

soll, sind diese der Ausgangspunkt für die zu ermittelnden vor Winderosion geschützten und ungeschützten Flächen. Es werden die Klassen *crops*, *herbaceous vegetation* und *sparse vegetation & bare areas* als in Frage kommende Flächen für die Analyse betrachtet. Für die Flächenausweisung werden Entfernungswerte (Pufferdistanzen), die auf Basis einer Geländeuntersuchung erhoben wurden, verwendet (MEINEL 2002). Es sind Bereiche von ca. 25 m auf der Luv-Seite (windzugewandte Seite) und ca. 75m auf der Lee-Seite (windabgewandte Seite) von Windschutzstreifen vor Winderosion geschützt, entsprechend der Ergebnisse von Studien durch MEINEL (2002). Die Windschutzstreifen werden nach Ihrer Ausrichtung analysiert und anschließend räumlich gepuffert. Die durch Winderosion bedrohten Flächen entstehen durch die Invertierung der modellierten (geschützten) Flächen.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Landbedeckung/Landnutzung

Abb. 2 stellt den Ausschnitt des Satellitenbildes und die dazugehörige Klassifikation gegenüber. Dabei wurden für das Gebiet Baturovo eine Gesamtgenauigkeit von 80%, für Melnikovka 82% und für Borovskoe 77% erzielt. Fehlklassifikationen entstanden an Ackerflächen, die zeitnah zum Aufnahmezeitpunkt gepflügt wurden. Weitere Fehlklassifikation basieren auf der Inhomogenität des Bewuchses innerhalb eines Feldes. Resultierende Kleinstobjekte haben eine Klassifikation auf Basis von Formmerkmalen erschwert.

4.2 Winderosion

Abb 3. zeigt die von Winderosion geschützten und ungeschützten Bereiche für das Testgebiet Baturovo und einen vergrößerten Ausschnitt. Man erkennt, dass die Abstände der angepflanzten Windschutzstreifen zu groß gewählt sind und somit weite Teile des Acker- und Steppenlandes der Winderosion und damit Bodendegradation ausgesetzt sind. Circa 85% des Ausschnitts von Baturovo sind Flächen, die durch Winderosion gefährdet sind. Davon sind ca. 8% vor Winderosion geschützt und ca. 77% ungeschützt. Für das Testgebiet Melnikovka werden 72% der Fläche auf Winderosionsgefährdung untersucht. Während ein Flächenanteil von 4% durch die Windschutzstreifen geschützt ist, ist 68% der Fläche potentielle Gefährdungsfläche. Ähnliche Werte erhielt man für Borovskoe, mit 71% als potentielle Gefährdungsfläche, davon sind 4% geschützt und 67% ungeschützt. Die Genauigkeit der Winderosionsflächenanalyse ist abhängig von der vorher durchgeführten Landbedeckungsklassifikation. Zusätzliche Information, wie die Höhe der Windschutzstreifen oder die lokale Topographie, können die Qualität der abgeleiteten gefährdeten und geschützten Flächen verbessern. Um die Bodendegradation durch Winderosion zu mindern, muss der Abstand der Windschutzstreifen verringert werden.

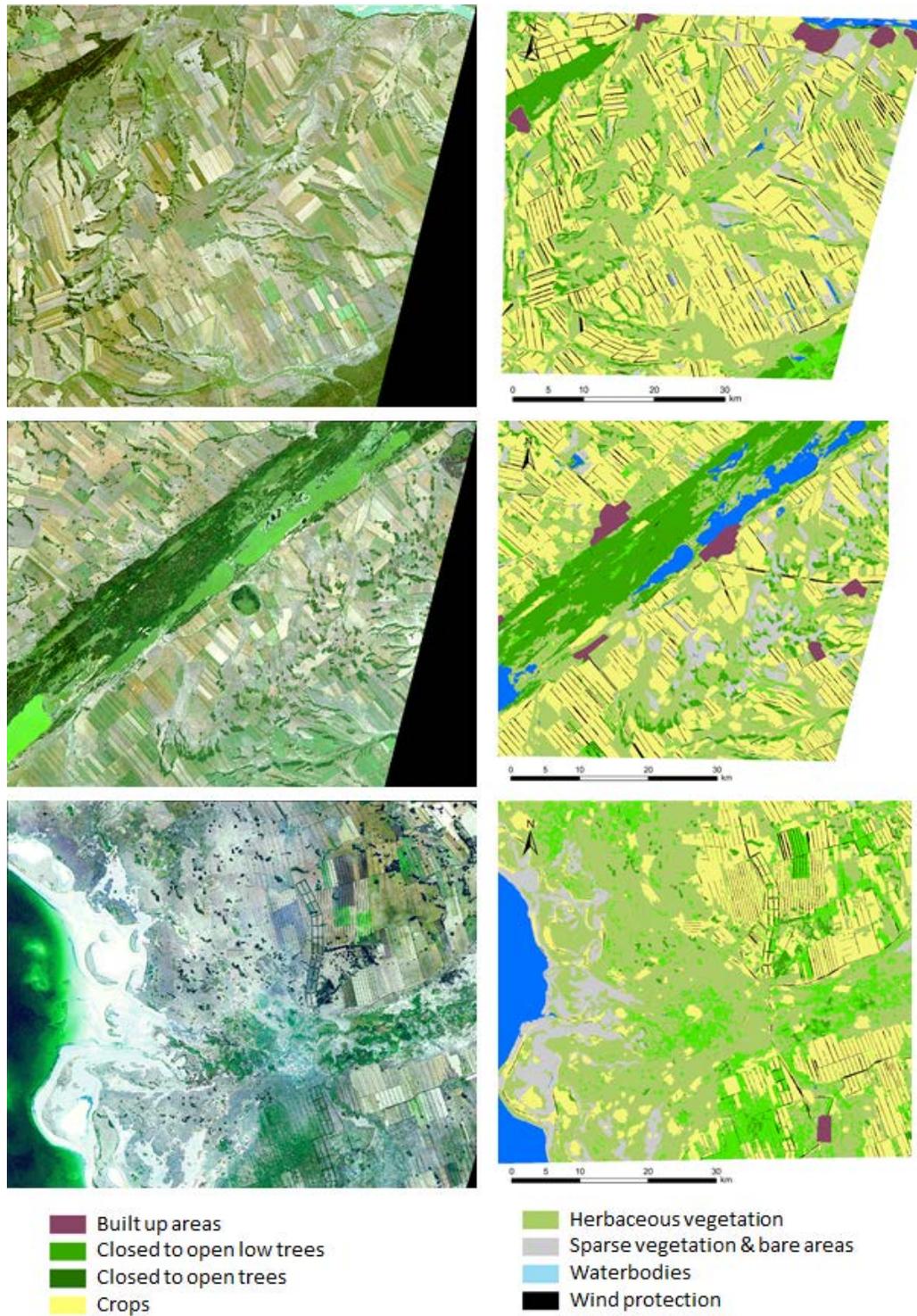


Abb. 2: : Links: RapidEye Daten-Ausschnitte der Testgebiete , rechts:, Klassifikationsergebnis, oben: Baturovo, mitte: Borovskoe, unten: Melnikovka.

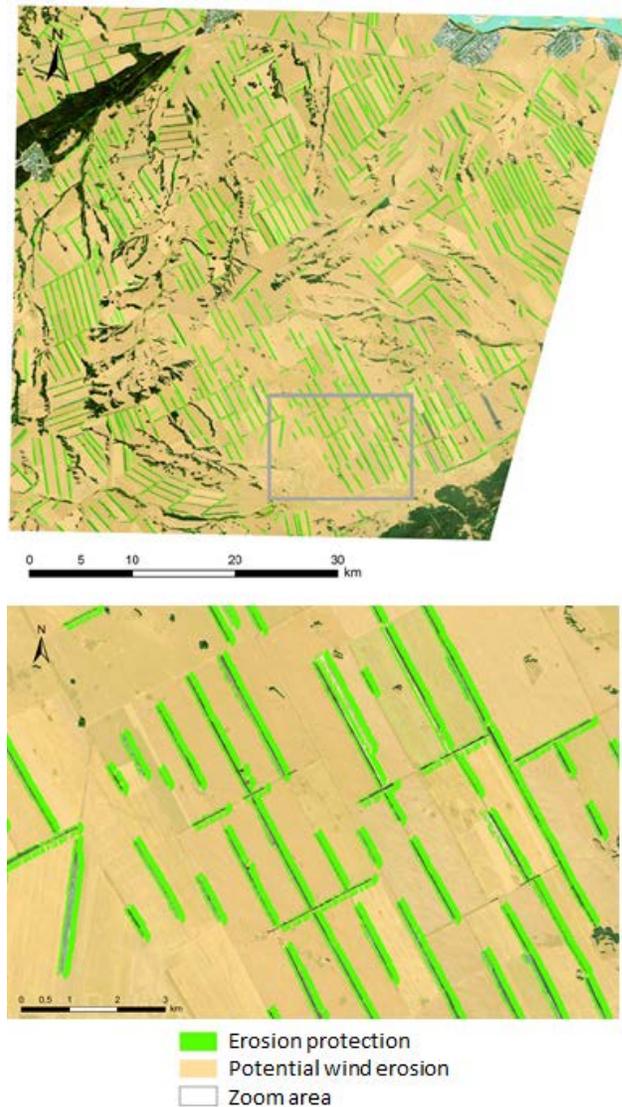


Abb. 3. Winderosion am Beispiel des Testgebietes Baturovo zeigt deutlich die geringe geschützte Fläche.

5 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde eine objekt-basierte Landbedeckungsklassifikation aus RapidEye-Daten beschrieben. Die Klassen *Waterbodies*, *Closed to open low trees*, *Closed to open trees*, *Crops*, *Herbaceous vegetation*, *Sparse vegetation & bare areas* und *wind protection* (Windschutzstreifen) wurden unter Einbeziehung von spektralen, formbasierten und nachbarschafts-relationalen Merkmalen abgeleitet. Die Klasse *bebaute Fläche* wurde unter Zuhilfenahme von Open Street Map Daten ausmaskiert. Abschließend wurden von Winderosion geschützte und ungeschützte Flächen auf Basis von Distanzwerten zu Windschutzstreifen und

unter Berücksichtigung der Hauptwindrichtung ausgewiesen. Es wurde festgestellt, dass die Abstände der angepflanzten Windschutzstreifen zu groß gewählt sind und somit weite Teile des Acker- und Steppenlandes der Winderosion und damit Bodendegradation ausgesetzt sind. Im Fokus des Teilprojektes steht die flächendeckende Ableitung der Landnutzungsclassifikation für die Kulundasteppe für mehrere Zeitschnitte, um die Landnutzungsveränderung zu dokumentieren. Weitere Degradationsprozesse, wie Versalzungsflächen und „Gully Erosion“, werden für Testgebiete ebenfalls auf Basis der hochaufgelösten RapidEye Daten kartiert.

6 Danksagung

Die RapidEye LIB Daten wurden vom RapidEye Science Archive (RESA) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zur Verfügung gestellt (RESA Projekt 501). Das KULUNDA Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und unter dem Schwerpunkt „Nachhaltiges Landmanagement“ durch das wissenschaftliche Begleitvorhaben GLUES (Global Assessment of Land Use Dynamics, Greenhouse Gas Emissions and Ecosystem Services) koordiniert.

7 Literaturverzeichnis

- MCFEETERS, S. K., 1996: The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. In: *International Journal of Remote Sensing* 17 (7), S. 1425–1432. DOI: 10.1080/01431169608948714.
- MEINEL, H. T., 2002: Die geökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Winderosion. Dissertation, Universität Halle-Wittenberg, Halle.
- OLDEMAN, L.R., 1988: Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. Working Paper and Preprint no. 88/4, Wageningen: ISRIC.
- RICHTER, R.; SCHLÄPFER, D.; MÜLLER, A., 2006: An automatic atmospheric correction algorithm for visible/NIR imagery. In *International Journal of Remote Sensing* 27 (10), pp. 2077–2085. DOI: 10.1080/01431160500486690.
- STADELBAUER, J., 1987: Neuland und Getreideversorgung. Möglichkeiten und Grenzen agrarpolitisch motivierter Raumerschließung in den Steppen der Sowjetunion, der VR China und der Mongolischen VR. In Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Hrsg.): *Hungersnöte. Freiburger Universitätsblätter*, 96. Freiburg: Rombach (96), pp. 129–145.