

Dreißig Hektar täglich? Ein Blick in die Vergangenheit und Status quo

2

Im vorliegenden Beispiel wurden Satellitenbilder der Metropolregion Rheinland für 1975, 1984, 2001 und 2015 mit der Methode Random Forests klassifiziert (Breiman 2001, Abb. 2.1). Die aus der Klassifikation entstandenen Landbedeckungskarten unterscheiden dabei Wasser, Acker, Grünland, Laub-, Misch- und Nadelwald, Tagebaue sowie geringen, mittleren und hohen Versiegelungsgrad. Dabei bezieht sich geringe Versiegelung auf einen Anteil von weniger als 40 %, mittlere Versiegelung auf mindestens 40 bis 80 % und hohe Versiegelung auf mehr als 80 % versiegelter Flächen pro Pixel (ein Pixel hat eine Fläche von $30 \times 30 \text{ m}^2$). Abb. 2.1 zeigt deutlich, wie die Flächeninanspruchnahme das Siedlungsbild in der Region verändert hat. Die versiegelten Flächen nehmen seit 1975 konstant zu, während Acker-, Wiesen- und Weideflächen abnehmen (Abb. 2.1a–d). Die Satellitendatenanalyse der Landschaftskonfiguration in der Metropolregion Rheinland zeigt, dass im Jahr 1975 versiegelte Flächen ca. 126.800 ha einnahmen. Diese haben sich vierzig Jahre später fast verdoppelt und betragen im Jahre 2015 schon 245.600 (Abb. 3.2). In den Jahren 2010–2015 betrug der tägliche Flächenverbrauch allein in der Metropolregion Rheinland ca. 8 ha. Hier gilt es sich vor Augen zu führen, dass das 30-ha-Ziel im Jahr 2030 für das gesamte Bundesgebiet unterschritten werden soll. Der zunehmende Verbrauch von bislang nicht für Siedlungs- oder Verkehrsflächen genutzten Flächen sowie die Verdichtung von Siedlungsräumen haben nicht nur gravierenden Einfluss auf unsere unmittelbare Lebensumwelt, sie haben auch messbare Folgen für den Strahlungs- und Energiehaushalt und somit für das Mikro- und Mesoklima.

Der eigens zur Beobachtung der Dynamik an der Erdoberfläche entwickelte Satellitensensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) zeichnet seit 2000 Daten auf. Zu den vielfältigen Produkten, die aus seinen Daten abgeleitet werden, gehören Datensätze über den Zustand von Atmosphäre, Landoberflächen und Ozeanen sowie den Schnee- und Eisflächen der

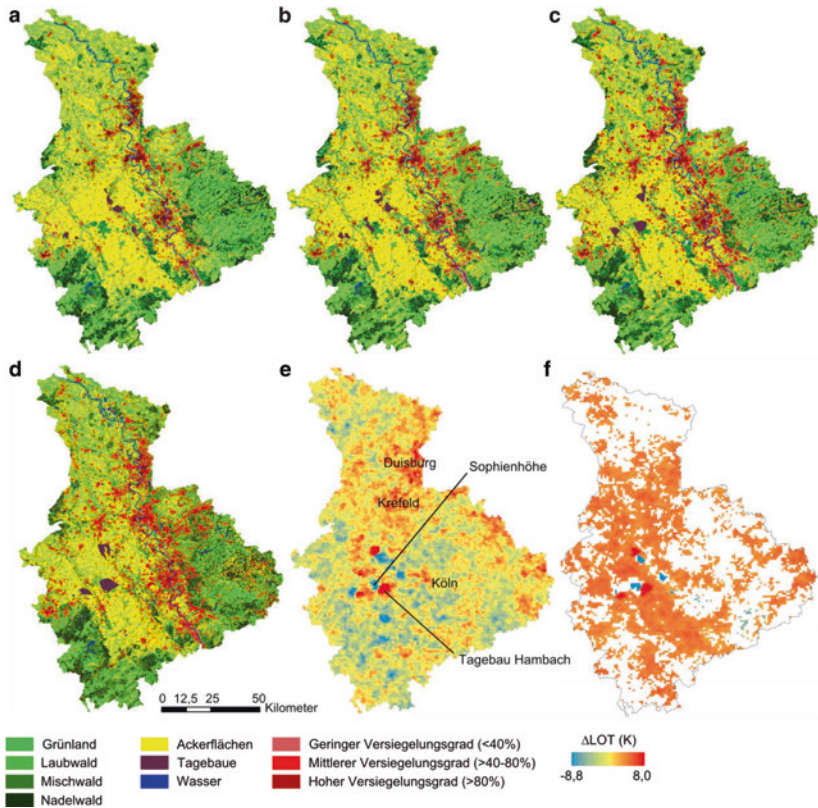


Abb. 2.1 Aus Satellitendaten abgeleitete Landnutzungs- und Landbedeckungskarten für die Jahre 1975 (a), 1984 (b), 2001 (c) und 2015 (d) sowie die Veränderung der Landoberflächentemperatur der Monate Juli/August zwischen 2000–2015 (e) und die Veränderung der Landoberflächentemperatur im gesamten Jahresverlauf zwischen 2000–2015. (MNULV (a–c); eigene Darstellung (d–f) auf Basis von Daten der NASA und des United States Geological Survey (USGS). Die Berechnung der Landoberflächentemperatur erfolgte in GoogleEarthEngine (e) und der Software R (f))

Erde (NASA LP DAAC 2016). Unter den Landprodukten ist auch der Datensatz MOD11A2 mit Informationen über die Landoberflächentemperatur (LOT) und Emissivität. Die Daten haben eine räumliche Auflösung von 1 km und werden als Komposite mit einer zeitlichen Wiederholrate von acht Tagen zur Verfügung gestellt (NASA LP DAAC 2017). Diese stehen zum Download

bereit oder können in Cloud-Umgebungen, wie dem für wissenschaftliche Anwendungen kostenfrei nutzbaren GoogleEarthEngine (<https://earthengine.google.com/>), ausgewertet werden. Durch die Berechnung von Trends kann visualisiert werden, welche Regionen in einem bestimmten Zeitraum eine Erwärmung oder Abkühlung erfahren haben. Hinsichtlich der Benennung von Ursachen für diese Trends sind weitere Analysen notwendig. Da das Muster jedoch räumlich stark differenziert ist, kann davon ausgegangen werden, dass es sich nicht um einen rein klimatisch bedingten, überregionalen Effekt handelt, sondern vielmehr die Ursachen lokal gesucht werden müssen. Die Abbildung der Landoberflächentemperaturtrends der Sommermonate Juli und August über den Zeitraum 2000–2015 (Abb. 2.1e) zeigt einige Hotspots der Erwärmung (rot) und einige Flächen mit einem negativen Trend (blau). Flächen, die keinen Trend aufweisen, sind gelb dargestellt. Statistisch nicht signifikante Bereiche wurden in der gewählten Darstellung nicht ausmaskiert. Bei den Flächen der Erwärmung handelt es sich vorrangig um urbane Gebiete. So sind die Stadtgebiete von Krefeld und Duisburg sowie der Westteil Kölns gut auszumachen. Die meisten der genannten Regionen weisen eine Zunahme des Versiegelungsgrades auf bzw. neu erschlossene Siedlungsgebiete. In der Regel erfolgen derartige Veränderungen auf Kosten von Grün- bzw. landwirtschaftlich genutzten Flächen, die aufgrund der Transpiration der Pflanzen eine kühlende Wirkung haben. Verdichtete Siedlungsräume sind demgegenüber häufig durch eine starke Aufheizung im Vergleich zum Umland gekennzeichnet. Darüber hinaus bilden die neu erschlossenen Tagebaubereiche im Rheinischen Braunkohlenrevier Regionen deutlicher Erwärmung. Dies ist dadurch zu erklären, dass im Bereich der Abgrabungen die Vegetation entfernt wurde und somit der von ihr ausgehende regulierende Effekt auf die Temperatur wegfällt. Im Abgrabungsbereich muss weiträumig Grundwasser abgepumpt werden, was dazu führt, dass Wasser fehlt und die kühlende Wirkung von Evapotranspiration gemindert ist. Außerdem treten im Tagebaubereich weitläufig Sande und Kohlenflöze an die Oberfläche, die sich viel stärker erwärmen als die vorher vorhandenen Acker- oder Waldflächen. Weitere Gebiete, in denen eine Erwärmung der Landoberflächentemperatur stattgefunden hat, befinden sich im Osten des Untersuchungsgebiets Richtung Sauerland. Vermutlich ist die Erwärmung hier eine Folge der Waldschäden und -verluste durch Stürme wie Kyrill in 2007.

Doch wie lassen sich die Flächen mit sommerlichem Abkühlungstrend erklären? Es handelt sich dabei einerseits vorrangig um Flächen, die sowohl 2001 als auch 2015 als Ackerflächen oder Grünland klassifiziert wurden, andererseits um renaturierte Tagebauflächen (Abb. 2.1). Eine mögliche Erklärung

für die Abkühlung innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen könnte sein, dass sich die Erntetermine zwischen 2001 und 2015 nach hinten verschoben haben, dadurch Felder länger vegetationsbestanden waren und infolgedessen länger eine kühlende Wirkung auf die Oberflächen gegeben war. Ein anderer Grund mag sein, dass anstelle von Wintergetreide, das im Juli bis Anfang August geerntet wird (z. B. Weizen und Gerste), andere Feldfrüchte angebaut werden. Dies könnten beispielsweise Mais oder Zuckerrübe sein, die erst später im Jahr geerntet werden. Die Auswirkung von Landnutzungsänderung auf die Landoberflächentemperatur ist noch nicht vollständig untersucht und zeigt für verschiedene Zeitintervalle unterschiedliche Muster. Während in Abb. 2.1e nur die Trends der sommerlichen Landoberflächentemperatur zwischen 2000 und 2015 dargestellt sind, zeigt Abb. 2.1f die statistisch signifikanten Trends ($p < 0,05$) für alle Messwerte, d. h. der gesamte Jahresverlauf wurde berücksichtigt. Die Muster sind zum Teil identisch, beispielsweise im Bereich der Tagebaue. Zum Teil unterscheiden sie sich jedoch deutlich. In Abb. 2.1f werden zwei Dinge deutlich. Zum einen beschränken sich die Gebiete mit statistisch signifikantem Trend fast ausschließlich auf urbane Räume und landwirtschaftliche Flächen. Zum anderen deutet der Trend nahezu überall einen Anstieg der Landoberflächentemperatur an – in den landwirtschaftlichen und urbanen Flächen um 2–3 °C. Lediglich einige wenige renaturierte Tagebaue weisen einen markanten Rückgang der Landoberflächentemperatur auf. Dass urbane Gebiete eine ansteigende Landoberflächentemperatur aufweisen, liegt an der Ausweitung und der Verdichtung der städtischen Strukturen. Die Landoberflächentemperaturzunahme landwirtschaftlich genutzter Flächen könnte an zunehmenden Trockenperioden in Frühjahr, Herbst und Winter liegen, wenn Flächen brach liegen und die fehlende Vegetation nicht temperaturregulierend wirken kann. Inwiefern geänderte Fruchtfolgen oder andere Ursachen infrage kommen, wurde hier nicht überprüft. Die Berechnung der Trends in Abb. 2.1f erfolgte mittels der Annual-Aggregated-Trends-Methode mit dem Paket „Greenbrown“ (Forkel et al. 2013, 2015) in der freien Software R (R Core Team 2017).

Die kühlende Wirkung von renaturierten Tagebauflächen ist in Abb. 2.2 der langzeitlichen Erwärmung neu erschlossener Tagebauflächen gegenübergestellt. Zur Abkühlung kommt es bereits, wenn sich eine erste Pioniervegetationsgesellschaft auf vorher vegetationsfreien Flächen ausgebildet hat. Diese hat eine regulierende Wirkung auf den Wasser- und Energiehaushalt. Im Laufe des Wachstums und der Sukzession dieser Flächen nehmen Biomasse, Transpirationsleistung und schließlich kühlende Wirkung zu. Die in Abb. 2.2 eingefügten Linien zeichnen einen linearen Trend nach, um die Landoberflächentemperaturentwicklung seit

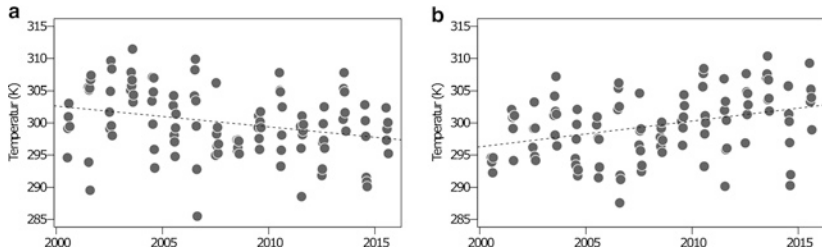


Abb. 2.2 Trends der sommerlichen Landoberflächentemperatur (gestrichelte Linie) für die Sophienhöhe (a), renaturierter Haldenbereich am Tagebau Hambach, und für einen neu erschlossenen Bereich des Tagebaus Hambach (b). (Eigene Darstellung)

2001 besser herauszustellen. Tatsächlich dürfte es sich zumindest bei der Erwärmung um eher sprunghafte Veränderungen von einem Zustand in einen anderen handeln. Abb. 2.2 zeigt, dass in einem renaturierten Bereich des Tagebaus Hambach auf der Sophienhöhe die Landoberflächentemperatur zwischen 2001 und 2015 um ca. 4,8 K abgenommen hat, während sie im neu erschlossenen Abgrabungsbereich im Tagebau Hambach um ca. 6 K zugenommen hat.

Dass sich Flächenverbrauch insbesondere durch Verdichtung innerhalb von Siedlungsstrukturen, aber auch durch die Neuerschließung von Siedlungen sowie großräumig durch Tagebauaktivitäten äußert, belegt Abb. 2.3. Im unteren Teil der Abbildung (Abb. 2.3c) sind die Veränderungen zwischen 1975 (a) und 2015 (b) in einem Gebiet bei Köln dargestellt. Bei den großen, geschlossenen Flächen veränderter Gebiete im linken Teil der Abbildung (Abb. 2.3c, weiß dargestellt) handelt es sich um renaturierte und neu erschlossene Tagebaue. Die vorrangig im rechten Teil der Abbildung erkennbaren, feingliedrigeren Strukturen sind im Wesentlichen auf Veränderungen im Bereich der Siedlungs- und Verkehrswege der Stadt Köln und ihres Umlands zurückzuführen.

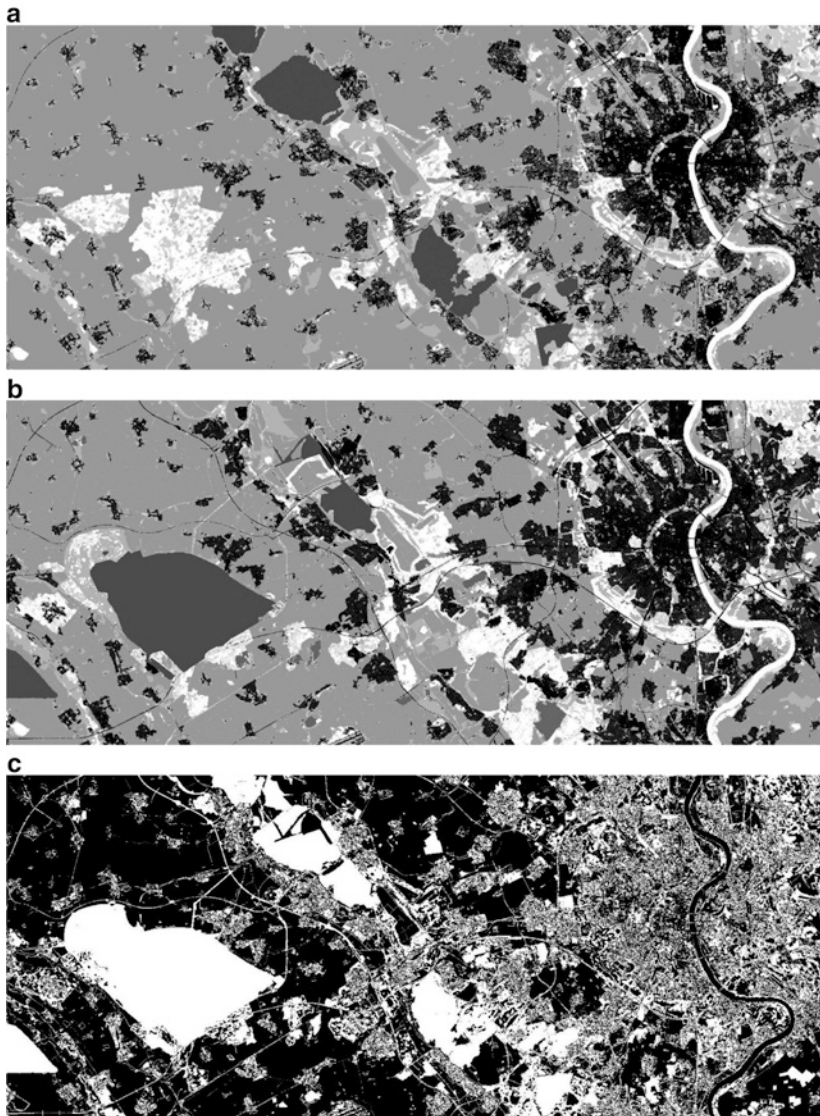


Abb. 2.3 Landbedeckungs- und Landnutzungsklassifikation für Teile des Rheinischen Braunkohlereviers und Köln für (a) 1975 und (b) 2015. Die veränderten Gebiete sind in (c) weiß dargestellt. Der Ausschnitt umfasst ca. $50 \times 21 \text{ km}^2$

Flächenverbrauch in der Metropolregion Rheinland
1975–2030

Regionaler Landnutzungswandel im Kontext von
Klimaanpassung

Rienow, A.; Thonfeld, F.; Valentin, A.

2018, IX, 26 S. 7 Abb., 2 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-20398-6