

Leistungsabruf Nr. 48 zur Rahmenvereinbarung Umweltfachliche, raumordnerische und planerische Beratungsleistungen nach dem Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG)

Strategische Umweltprüfung
—
**Aufbereitung der Datengrundlage für die erosions-
empfindlichen und feuchten verdichtungsempfindlichen
Böden**

erstellt durch:

Planungsgruppe Umwelt
Dipl.-Geogr. Jan-Christoph Sicard
Stiftstraße 12, D-30159 Hannover
Tel.: 0511/ 51 94 97- 80
E-Mail: j.sicard@planungsgruppe-umwelt.de

Inhalt

| | | |
|----|--|----------|
| 1. | Aufgabenstellung und Grundlagen | 3 |
| 2. | Methodik und Datengrundlage | 3 |
| 3. | Ermittlung eines bundesweiten Datensatzes | 5 |
| 4. | Ergebnis | 6 |

Abbildungen

| | | |
|----------|--|----|
| Abb. 1: | Modellergebnis Ausschnitt Nordhausen | 8 |
| Abb. 2: | BGR-Karte Ausschnitt Nordhausen | 8 |
| Abb. 3: | Modellergebnis Ausschnitt Beckum | 8 |
| Abb. 4: | BGR-Karte Ausschnitt Beckum | 8 |
| Abb. 5: | Modellergebnis Ausschnitt Beckum | 9 |
| Abb. 6: | EroGef NRW Ausschnitt Beckum | 9 |
| Abb. 7: | Modellergebnis Ausschnitt Elm | 9 |
| Abb. 8: | BGR-Karte Ausschnitt Elm | 9 |
| Abb. 9: | Modellergebnis Ausschnitt Elm | 10 |
| Abb. 10: | NIBIS Wassererosion Ausschnitt Elm | 10 |

Tabellen

| | | |
|---------|--|---|
| Tab. 1: | Zuordnung des geschätzten Bodenabtrags zu Gefährdungsklassen | 6 |
|---------|--|---|

1. Aufgabenstellung und Grundlagen

Die Flächenkategorie „erosionsempfindliche Böden“ (Wassererosion) stellt ein wichtiges Bewertungskriterium im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung (SUP zum Bundesbedarfsplan dar. Bisher wird von Seiten der zuständigen BNetzA als Datengrundlage eine Auswahl von Bodeneinheiten anhand der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:1.000.000 (BÜK1000) genutzt. Mittlerweile stehen jedoch mit der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK200) bzw. im Maßstab 1:250.000 (BÜK250) verbesserte und detailliertere Datengrundlagen zur Verfügung.

Im Rahmen der Untersuchung sollte daher geprüft werden, ob auf Grundlage dieser höher aufgelösten und aktuelleren Datengrundlagen eine veränderte, verbesserte Datengrundlage generiert und für die SUP zum Bundesbedarfsplan nutzbar gemacht werden kann.

Für die Erosionsempfindlichkeit von Böden liegen in Deutschland auf Länderebene teils hochauflösende Daten vor. Da dies jedoch nicht für alle Bundesländer gilt und sich die zur Ermittlung der Erosionsempfindlichkeit verwendeten Grundlagendaten länderspezifisch teils stark unterscheiden, ist mit Blick auf die zu fordernde Einheitlichkeit der verwendeten Daten ihre Nutzung im Rahmen der SUP für den Bundesbedarfsplan nicht möglich. Als Alternative steht grundsätzlich ein bundesweiter Datensatz der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zur potenziellen Erosionsgefährdung (durch Wasser) zur Verfügung. Dieser basiert jedoch zum einen lediglich auf den sehr groben Bodendaten der BÜK1000, weist eine Rasterweite von 250 m auf und liegt zuletzt lediglich für ackerbaulich genutzte Böden vor. Insbesondere die Beschränkung auf die ackerbaulich genutzten Böden schließt eine (alleinige) Nutzung dieser Daten in der SUP für den Bundesbedarfsplan aus, da Leitungstrassen auch durch nicht ackerbaulich genutzte, z. B. bewaldete Flächen, verlaufen und auch hier durch die Entfernung der Vegetation zu Bodenerosion führen können. Aus diesem Grund wurde für die Abbildung der Bodenerosion in der SUP eine eigenständige bundesweite Modellierung der potenziellen Erosionsgefährdung von Böden vorgenommen. Diese Modellierung wird im Folgenden näher beschrieben.

2. Methodik und Datengrundlage

Zur Abschätzung der potenziellen Bodenerosion durch Wasser steht die empirisch ermittelte „Allgemeine Bodenabtragungsgleichung“ (ABAG, engl. USLE) zur Verfügung.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Die Formel setzt sich aus insgesamt fünf Faktoren zusammen (L- und S-Faktor werden in der Regel zum sog. LS-Faktor zusammengezogen) und schätzt im Ergebnis die potenzielle Erosion in Tonnen pro Hektar und Jahr ab. Nachfolgend werden die einzelnen Faktoren kurz beschrieben:

R-Faktor: Erosivitätsfaktor des Niederschlags, basierend auf Langzeitdaten zu Niederschlägen

K-Faktor: Erodibilität des Bodens in Abhängigkeit von Bodenart, Humus- und Skelettgehalt

L/S-Faktor: Topographiefaktor, Hanglänge und Hangneigung

C-Faktor: Bewuchs-/Nutzungsfaktor, Bodenbedeckungsgrad und Landnutzung

P-Faktor: berücksichtigt mögliche Erosionsschutzmaßnahmen

Für die Erzeugung eines Datensatzes, der im Rahmen der SUP zum Bundesbedarfsplan genutzt werden soll, können C- und P-Faktor außer Acht gelassen und somit gleich Eins gesetzt werden. Denn grundsätzlich kann im Bereich des Baufelds von Stromtrassen während der hier insbesondere bewertungsrelevanten Bauzeit davon ausgegangen werden, dass eine geschlossene Vegetationsdecke nicht vorliegen wird. Überdies werden hinsichtlich der Empfindlichkeitsbeurteilung im Rahmen der SUP Erosionsschutzmaßnahmen üblicherweise zunächst ausgeblendet. Hinzu kommt, dass sich die Schutzmaßnahmen, die durch den P-Faktor abgebildet werden können, ausschließlich auf die landwirtschaftliche Nutzung beziehen, die hier insbesondere während der Bauphase keine Rolle spielt.

Insoweit müssen für die Erzeugung eines SUP-geeigneten Datensatzes der bundesweiten Erosionsempfindlichkeit der Niederschlagsfaktor (R-Faktor), der Bodenfaktor (K-Faktor) und der Topographiefaktor (LS-Faktor) berücksichtigt werden. Dabei kann der LS-Faktor auf Grundlage eines bundesweiten Digitalen Geländemodells (DGM) selbstständig ermittelt werden, während für R- und K-Faktor auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden muss.

R-/K-Faktor

Im BGR-Datensatz zur Wassererosion ackerbaulich genutzter Böden werden die K-Faktoren aus den sehr groben Informationen der BÜK1000 verwendet. Diese werden zwar mit einer vglw. hohen Auflösung von 250 m-Rasterweite in die Erosionsberechnung eingestellt, jedoch kann diese Auflösung nicht die Defizite durch die sehr groben Grundlageninformationen der BÜK1000 beheben. Für den R-Faktor werden Daten des DWD mit einer Rasterweite von 1.000 m verwendet. Der Datensatz für den K-Faktor ist zudem lediglich für Ackerböden verfügbar. Daher mussten für die erforderliche flächendeckende Modellierung alternative, frei verfügbare Datensätze gefunden werden. Diesbezüglich konnte auf die Daten des European Soil Data Centre (ESDAC) zurückgegriffen werden. Das ESDAC stellt für den K-Faktor einen europaweiten, flächendeckenden Datensatz mit einer Rasterweite von 500 m zur Verfügung¹. Dieser beruht auf der sog. LUCAS²-Datenbank und der European Soil Database und ist für die Anwendung in der Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) vorgesehen, die von der USLE abweichende empirisch ermittelte Faktoren aufweist, aber hinsichtlich ihres Aufbaus identisch zu dieser ist. Da für den K-Faktor kein flächendeckender, hinreichend aufgelöster nationaler Datensatz in der Logik der ABAG vorhanden ist und die K- und R-Faktoren von ABAG und RUSLE nicht miteinander kombiniert werden können (jeweils eigenständige empirische Herleitung), mussten auch für den R-Faktor RUSLE-geeignete Daten gefunden werden. Auch hier stellt das ESDAC einen geeigneten Datensatz zur Verfügung³. Dabei handelt es sich um einen RUSLE-geeigneten R-Faktor, der auf der Rainfall Erosivity Database on the European Scale (REDES) basiert und Niederschlagsdaten in hoher zeitlicher Auflösung von 1.675 europäischen Niederschlagsstationen, wobei für Deutschland die beim DWD vorliegenden Daten einbezogen worden sind⁴, beinhaltet. Der Datensatz liegt in einer Auflösung von 500 m-Rasterweite vor und ist damit räumlich sogar höher aufgelöst als der von der BGR verwendete DWD-Datensatz für die USLE.

¹ <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-erodibility-k-factor-high-resolution-dataset-europe#tabs-0-description=0>, letzter Zugriff am 30.10.2025)

² The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union (Toth et al., 2013)

³ <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/rainfall-erosivity-european-union-and-switzerland>, letzter Zugriff am 30.10.2025

⁴ <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>

LS-Faktor

Somit lagen nunmehr geeignete Datensätze der K- und R-Faktoren für eine Modellierung nach RUSLE vor, sodass nur noch der LS-Faktor fehlte. Dieser sollte auf der Grundlage eines DGM selbst berechnet werden, sodass die zu verwendende DGM-Auflösung zu klären war. DGM sind in Deutschland in Auflösungen zwischen 1 x 1 und 1.000 x 1.000 m verfügbar. Mit Blick auf die bundesweite Betrachtung und die Auflösung der anderen Faktoren (500 m Rasterweite) erschien die Verwendung eines DGM1 oder auch DGM10 weder zweckmäßig noch konsistent. Auf der anderen Seite sollte gerade der Einfluss Hangneigung in möglichst hoher, auch deutlich höherer Auflösung als die anderen Faktoren, betrachtet werden. Als Kompromiss zwischen möglichst hoher Auflösung, Datenkonsistenz und Performanz fiel die Entscheidung zugunsten des DGM50 als Basisdatensatz der Topographiefaktor-Berechnung. In diesem Zusammenhang wurde sodann entschieden, dass der L-Faktor (so wie dies bspw. auch im BGR-Datensatz der Fall ist) ebenfalls gleich Eins gesetzt und somit nicht explizit betrachtet werden sollte. Zu begründen ist dies mit der Tatsache, dass für die RUSLE eine maximale Hanglänge von ca. 122 m (maximal 150 m) angegeben wird, oberhalb derer der L-Faktor pauschal auf Eins zu begrenzen ist⁵. Hintergrund für diese Begrenzung ist, dass sowohl ABAG als auch RUSLE ursprünglich für die Erosionsabschätzung im Rahmen der landwirtschaftlichen Flächennutzung entwickelt worden sind und die L-Faktoren auf empirischen Untersuchungen auf der Maßstabebene von Ackerschlägen beruhen. Größere Fließlängen und Rinnenerosion werden durch die Gleichungen nicht abgebildet, sodass die theoretisch mögliche Berücksichtigung von größeren Fließlängen zu unrealistischen und verfälschenden Ergebnissen führen würde. Unter Beachtung der Begrenzung des L-Faktors auf 122-150 m bei der verwendeten Rasterweite des DGM von 50 m wird deutlich, dass für die angestrebte deutschlandweite Modellierung der Wassererosionsgefährdung eine sinnvolle Berücksichtigung des L-Faktors nicht möglich ist. Denn letztlich würde bereits das modellierte Überströmen von zwei oder maximal drei Rasterzellen die maximale Hanglänge und damit die Kappung auf den Wert „1“ bedingen. Eine sinnvolle, die Ergebnisse weiter differenzierende Wirkung des L-Faktors wäre hierdurch nicht zu erwarten, sodass der L-Faktor wie C- und P-Faktor pauschal gleich Eins gesetzt wird.

3. Ermittlung eines bundesweiten Datensatzes

Auf Grundlage der in Kap. 2 vorgestellten Datengrundlagen konnten die Faktoren der RUSLE (im Aufbau identisch zu den gezeigten Faktoren der ABAG), soweit erforderlich, mit flächendeckenden Geodatensätzen abgedeckt werden. Für K- und R-Faktor wurden die vom ESDAC bereitgestellten Rasterdatensätze (GeoTIFF) auf das Bundesgebiet zugeschnitten. Im Anschluss wurde auf Basis des DGM50 deutschlandweit die Hangneigung in Grad in einem 50 x 50 m-Raster berechnet. Die Hangneigung war sodann mit Hilfe des Raster-Rechners von ArcGIS je Rasterzelle in den RUSLE-geeigneten S-Faktor (als Teilmenge des LS-Faktors, L-Faktor wird gleich Eins gesetzt) umzurechnen. Dies erfolgte mit Hilfe der nachstehenden Umrechnungsformel nach Moore & Burch (1986).

$$S = \left(\frac{\sin(\text{Hangneigung in Grad} \times 0,01745)}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (2)$$

Somit lagen alle erforderlichen Datensätze für die Erosionsabschätzung bereit. Aufgrund der unterschiedlichen Rasterweiten und Rasterbezugspunkte musste jedoch vor der abschließenden

⁵ Renard et al. 1997

Berechnung der Erosion durch Multiplikation der Rasterdatensätze von K-, R- und S-Faktor noch eine Datenbereinigung durchgeführt werden, in deren Rahmen die (schlechter aufgelösten) Rasterbezugspunkte der europäischen Datensätze (K- und R-Faktor) den Bezugspunkten des S-Faktor-Rasters angepasst wurden. Anschließend konnte zunächst der potenzielle Bodenabtrag pro Hektar und Jahr durch Einsetzen der einzelnen Faktoren, hier repräsentiert durch bundesweite Rasterdatensätze, in die RUSLE eingesetzt und deren rasterzellenspezifische Lösung wiederum mit Hilfe des Raster-Rechners als deutschlandweites GeoTIFF berechnet werden.

Der Ergebnisdatensatz beinhaltet zunächst die abgeschätzte Bodenerosion in Tonnen pro Hektar und Jahr. Da es sich jedoch lediglich um eine Abschätzung der potenziellen Bodenerosion handelt, ist die Weiterverwendung von absoluten Zahlenwerten nicht sinnvoll. Aus diesem Grund ist es üblich, die ermittelten absoluten Erosionswerte auf Basis einer Klassenbildung in eine Ordinalskala zu überführen. Die Klassenbildung ist überdies auch für die Verwendung in der SUP erforderlich, um eine zielgerichtete Bewertung voraussichtlich erheblicher Umweltauswirkungen vornehmen zu können. Für die Klassenbildung liegen in Deutschland sowohl auf Länderebene als auch bundesweit etablierte Klassengrenzen (u.a. DIN 19708) vor. Vorliegend wurde aus Gründen der leichteren Vergleichbarkeit die von der BGR in ihrer deutschlandweiten Kartendarstellung verwendete siebenstufige Klassifizierung verwendet (siehe Tab. 1:) und das Ergebnisraster auf dieser Grundlage reklassifiziert.

Tab. 1: Zuordnung des geschätzten Bodenabtrags zu Gefährdungsklassen

| Schätzwert Bodenabtrag [t/ha*a] | Klasse | Erosionsgefährdung |
|---------------------------------|--------|--------------------|
| <1 | 0 | äußerst gering |
| 1 bis <5 | 1 | sehr gering |
| 5 bis <10 | 2 | gering |
| 10 bis <15 | 3 | mittel |
| 15 bis <30 | 4 | hoch |
| 30 bis 55 | 5 | sehr hoch |
| <55 | 6 | äußerst hoch |

4. Ergebnis

Im Ergebnis wurden zwei Rasterdateien im GeoTIFF-Format erzeugt. In der Datei „RUSLE_Abtrag_DGM50_ohneHanglaenge.tif“ ist der geschätzte absolute Bodenabtrag in Tonnen pro Hektar und Jahr pro Rasterzelle nahezu für das gesamte Bundesgebiet enthalten. Ausgenommen sind lediglich die überwiegend versiegelten Siedlungsbereiche, in denen Bodenerosion naturgemäß keine Rolle spielt. Die Abgrenzung beruht auf dem in den europäischen K-Faktoren zugrunde gelegten 500 x 500 m-Raster, sodass eine gewisse Unschärfe in der Siedlungsabgrenzung zu beobachten ist und siedlungsnahen Freiflächen daher teilweise nicht mit einer Erosionsempfindlichkeit belegt sind. Hier ist im Bedarfsfall durch Analogieschlüsse auf Grundlage der Erosionsempfindlichkeit angrenzender Rasterzellen eine Bewertung möglich. In der Datei „RUSLE_Klassen_ohneHanglaenge.tif“ sind hingegen die in Tab. 1: definierten Klassenwerte (Zellenwerte zwischen 0 und 6) enthalten, die der jeweiligen Rasterzelle auf Grundlage der absoluten Abtragswerte zugewiesen worden sind. Beide Ergebnisdatensätze weisen eine Auflösung von 50 x 50 m auf. Diese Auflösung ermöglicht es, die vglw. hohe Auflösung der aus dem DGM50 abgeleiteten Hangneigung, welche einen

maßgeblichen Einfluss auf die Erosionsgefährdung besitzt, die zudem mit steigender Hangneigung exponentiell zunimmt⁶, in das Ergebnis zu transportieren. Bei der Ergebnisinterpretation ist jedoch zu beachten, dass die in die Berechnung eingehenden K- und R-Faktoren eine geringere Auflösung von lediglich 500 x 500 m aufweisen.

Die erzeugten Ergebnisse wurden zuletzt durch einen Vergleich mit den Datensätzen der BGR sowie der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen auf Validität geprüft (siehe Abbildungen 2 bis 11). Hierbei zeigte sich, dass die Modellergebnisse belastbar sind und die Erosionsempfindlichkeit in den wesentlichen räumlichen Grundzügen ähnlich und in vergleichbarer Intensität erfasst wird, wie dies in der BGR-Karte oder den betrachteten länderspezifischen Daten der Fall ist. Gleichzeitig wird im Vergleich zur BGR-Karte die augenscheinlich höhere Auflösung, welche insbesondere durch eine realitätsgetreuere Differenzierung des Reliefs ermöglicht wurde, deutlich. So werden im Gegensatz zur BGR-Karte auch kleinräumige Talstrukturen und Erosions-Hotspots erkennbar, die in der gröberen Darstellung häufig weg-gemittelt werden. Weitere deutlich sichtbare Unterschiede zur BGR-Karte ergeben sich infolge der Mitberücksichtigung von Nicht-Ackerflächen in der durchgeführten Modellierung.

Im Vergleich mit den hochauflösenden Länderdaten zeigt der Vergleich ebenfalls eine ansprechende Konsistenz des Modellergebnisses. Insbesondere anhand des Beispielausschnitts Beckum werden im Vergleich mit dem NRW-Modell die im Osten vorhandenen kleinräumigen, linearen Strukturen auch im erzeugten bundesweiten Datensatz gut abgebildet. Gleiches gilt für die Stärke der Erosionsgefährdung (*Achtung: unterschiedliche Klassifizierungen und Farbabstufungen in den Kartenausschnitten!*). Beide Datensätze sehen den mittleren jährlichen Bodenabtrag im Umfeld der genannten linearen Strukturen im Bereich von 1-5 bzw. 5-10 t/ha*a. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch im Vergleichs-Ausschnitt Elm im Vergleich mit den Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) (*Achtung: unterschiedliche Klassifizierungen und Farbabstufungen in den Kartenausschnitten!*). Allerdings zeigen sich hier auch die Grenzen der Genauigkeit des bundesweiten Datensatzes. Im Osten des Elms scheinen die Erosionswerte durch den erzeugten bundesweiten Datensatz ggü. dem hochauflösenden niedersächsischen Modell unterschätzt zu werden. Auch im Norden werden einzelne Strukturen nur bedingt erkannt. Dies dürfte in erster Linie auf das in Niedersachsen verwendete hochauflösende DGM10 sowie die im Wesentlichen aus der Bodenschätzung im Maßstab 1:5.000 abgeleiteten sehr genauen K-Faktoren zurückzuführen sein.

Insgesamt kann auf Grundlage des erfolgten Abgleichs mit anderen Erosionsdaten sowie unter Berücksichtigung einer zusätzlich durchgeführten gutachterlichen Plausibilitätsprüfung angenommen werden, dass die erzeugten Ergebnisse valide sind und eine für die Nutzung im Rahmen der SUP auf Bundesbedarfsplanebene deutlich hinreichende, ggü. bisherigen Datensätzen erheblich verbesserte, Genauigkeit aufweisen.

⁶ Schwertmann, M., Vogl, W., & Kainz, M. (1987). Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen (3. Aufl.). Eugen Ulmer.
Auerswald, K. (1992). Erosionsgefährdungskarten Bayern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.

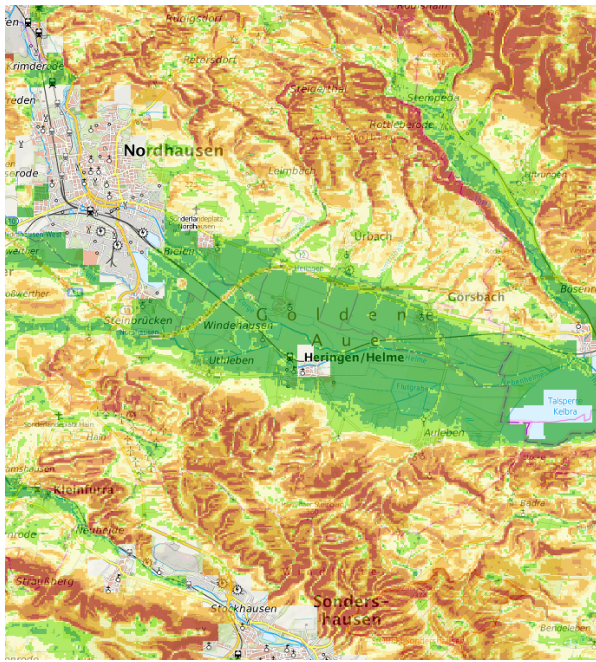


Abb. 1: Modellergebnis Ausschnitt Nordhausen

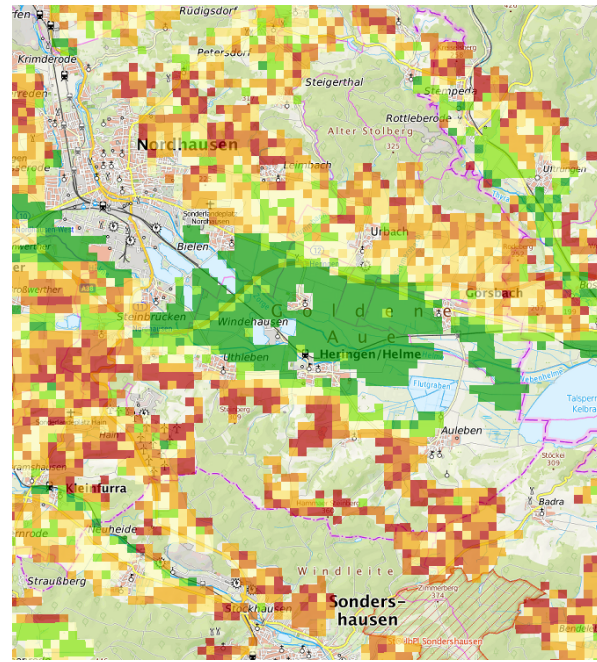


Abb. 2: BGR-Karte Ausschnitt Nordhausen (identische Klassifizierung und Farbgebung)



Abb. 3: Modellergebnis Ausschnitt Beckum

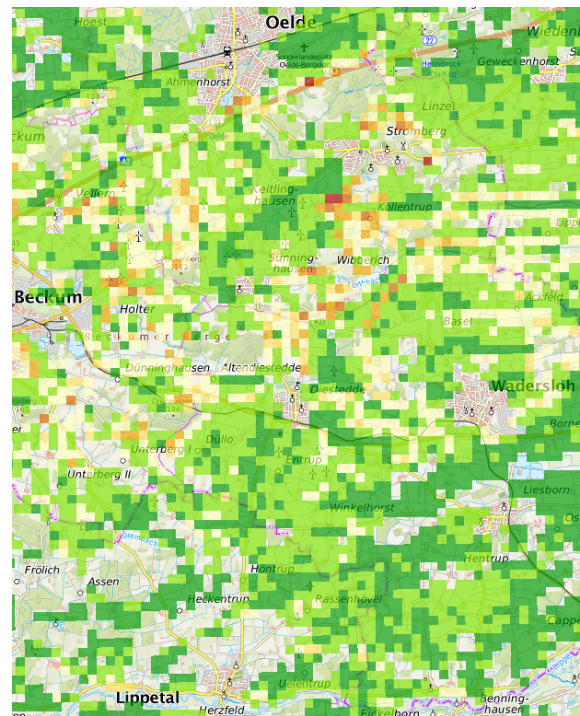


Abb. 4: BGR-Karte Ausschnitt Beckum (identische Klassifizierung und Farbgebung)

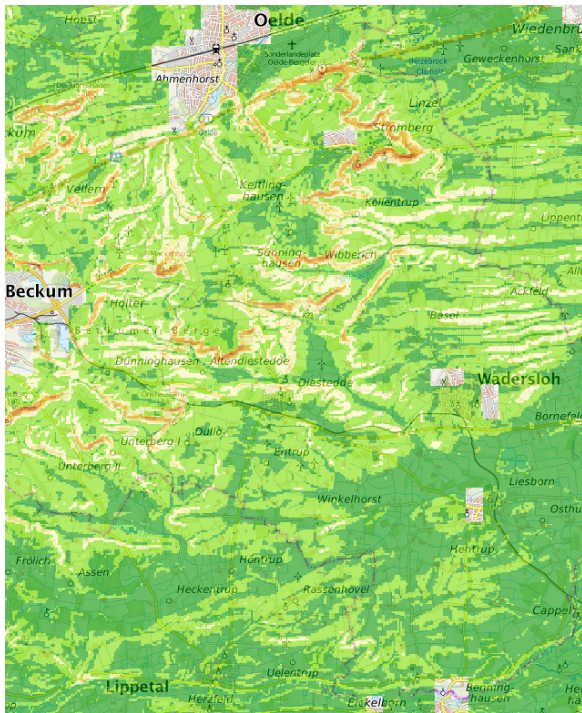


Abb. 5: Modellergebnis Ausschnitt Beckum

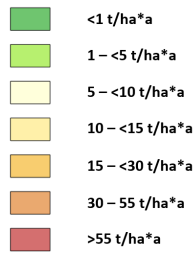


Abb. 6: EroGef NRW Ausschnitt Beckum

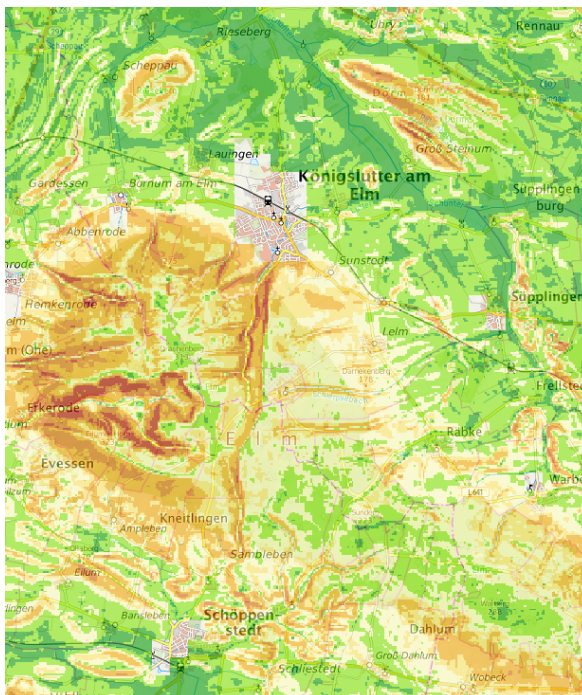


Abb. 7: Modellergebnis Ausschnitt Elm

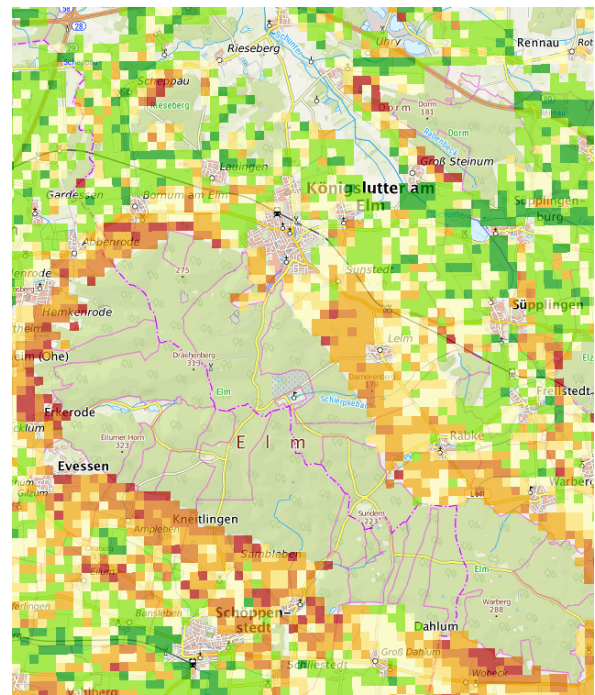


Abb. 8: BGR-Karte Ausschnitt Elm

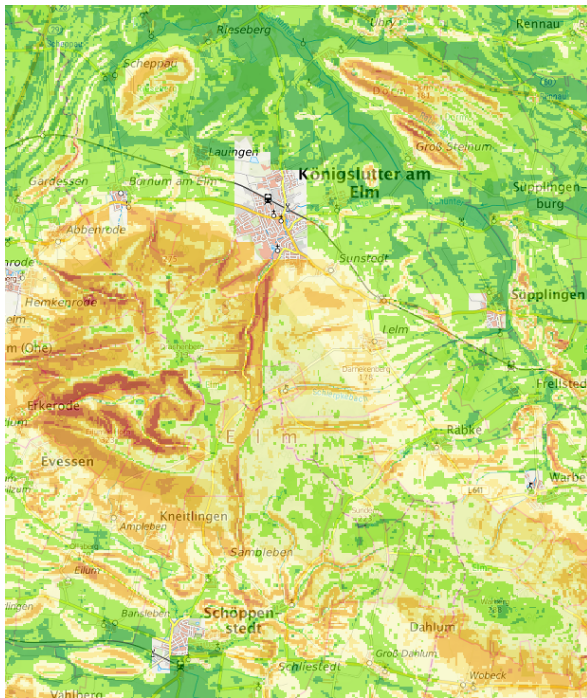


Abb. 9: Modellergebnis Ausschnitt Elm

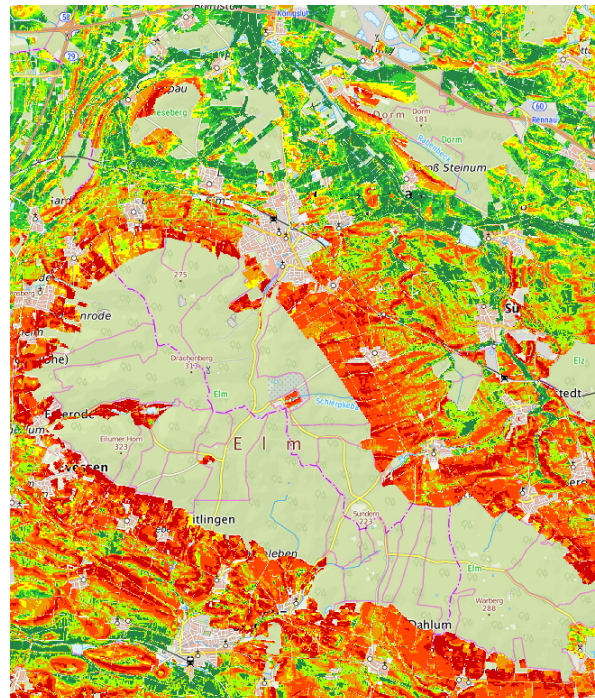


Abb. 10: NIBIS Wasserosion Ausschnitt Elm

