

Methodische Vorgehensweise und Ergebnis der Reliefanalyse

Im Rahmen der geomorphologischen Voranalyse wurde das Relief des Untersuchungsgebiets auf Basis eines digitalen Höhenmodells (SRTM, ca. 30 m) untersucht. Ziel war die Identifikation potenzieller Terrassenstufen sowie die strukturelle Gliederung des Talraums.

Ergänzend wurde der Verlauf der Isar aus einem OSM-basierten Datensatz übernommen, in das Koordinatensystem des digitalen Höhenmodells überführt und visuell überprüft. Der Flussverlauf dient im weiteren Verlauf als räumliche Referenzlinie zur Einordnung der identifizierten Reliefstrukturen und potenziellen Terrassenflächen.

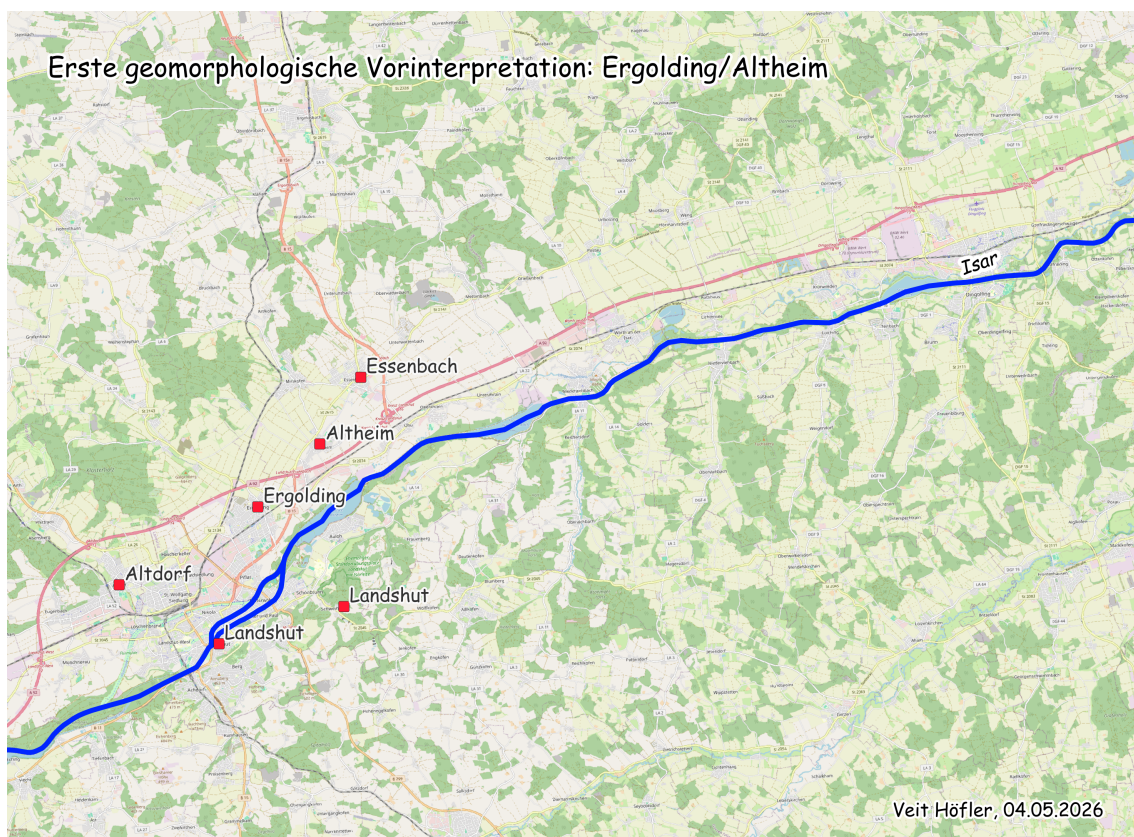


Abb. 1: Verlauf der Isar innerhalb des Untersuchungsgebiets.

Zur ersten visuellen Beurteilung der Reliefstruktur wurde zunächst eine Schummerung (Hillshade) des digitalen Höhenmodells erzeugt.

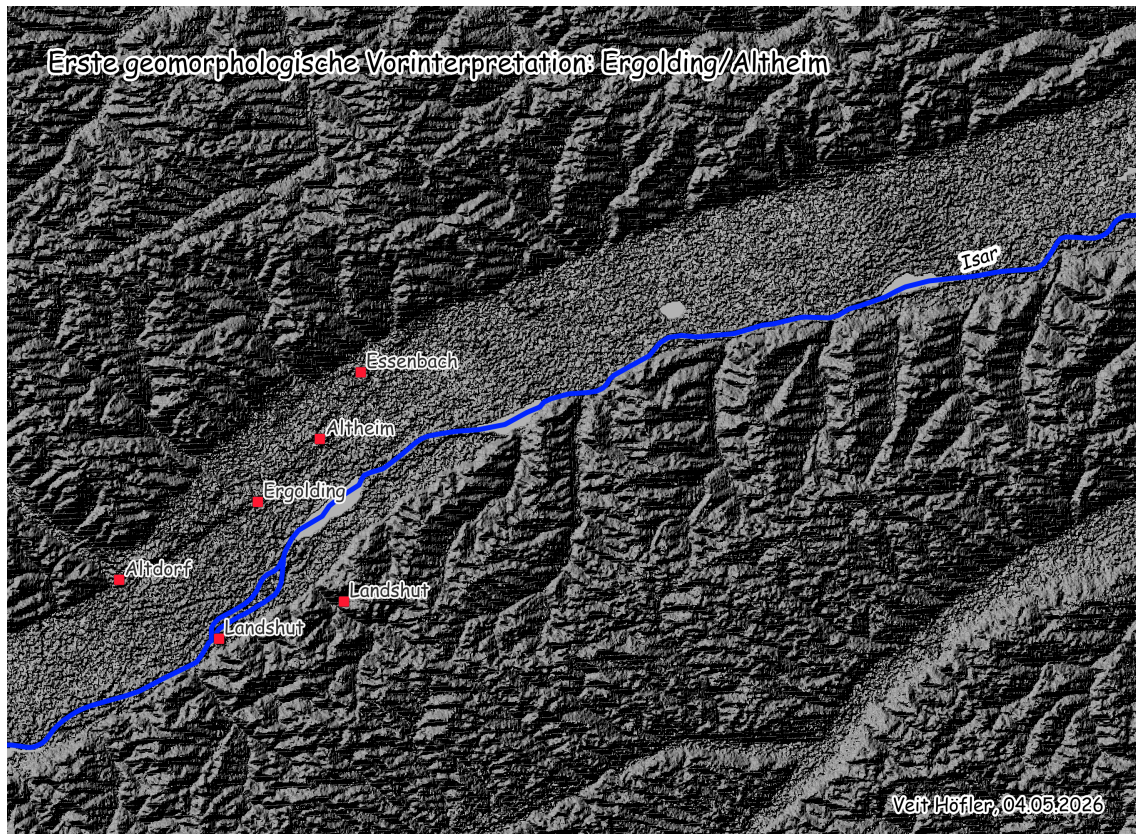


Abb. 2: Hillshade des Untersuchungsgebiets.

Zunächst wurde eine regelbasierte Klassifikation unter Verwendung der absoluten Höhenlage und der Hangneigung durchgeführt. Diese ermöglichte eine erste Differenzierung zwischen Talboden, potenziell erhöhten Flächen und Hangbereichen. Es zeigte sich jedoch, dass diese Herangehensweise insbesondere im längs geneigten Talverlauf zu systematischen Fehlklassifikationen führte, da stromaufwärts höher gelegene Talböden fälschlich als Terrassen interpretiert wurden.

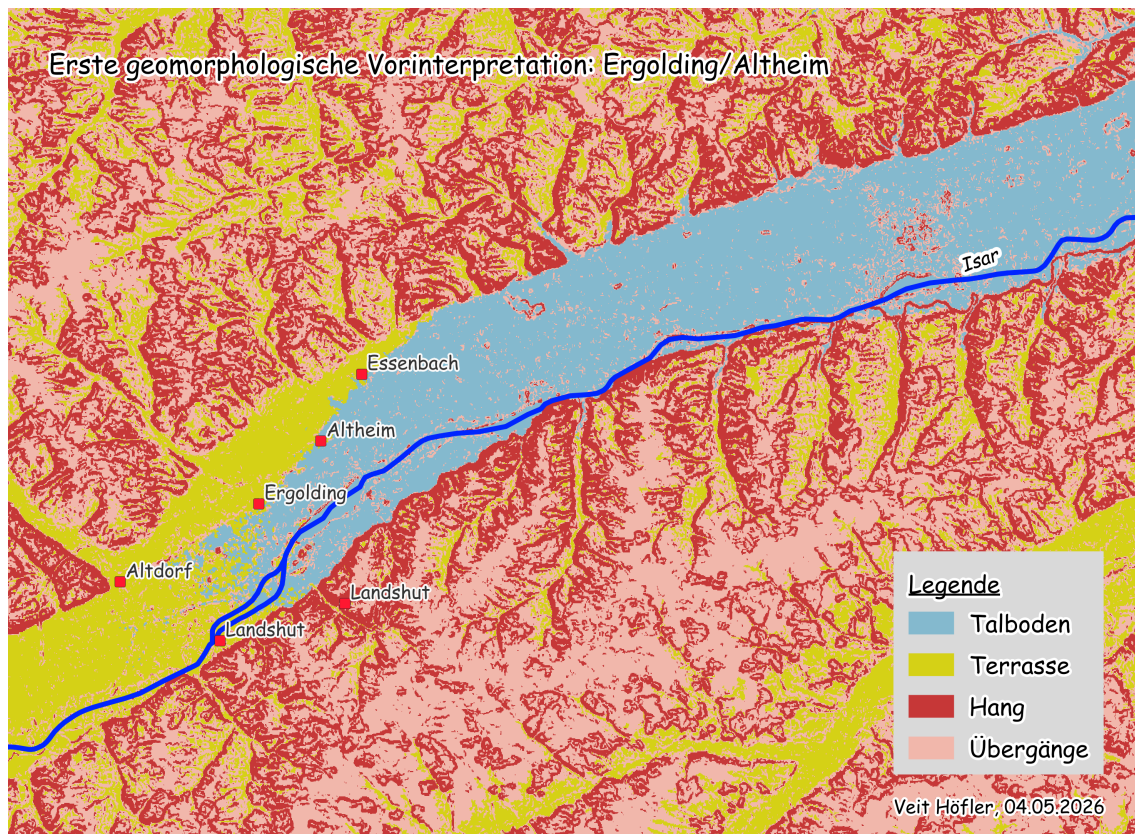


Abb. 3: Klassifikation auf Basis absoluter Höhe und Hangneigung.

Zur methodischen Verbesserung wurde das Relief in ein relatives Bezugssystem überführt. Hierzu wurde für jede Rasterzelle das lokale Minimum innerhalb eines bewegten Fensters bestimmt. Die Differenz zwischen DEM und diesem lokalen Tiefstwert entspricht der relativen Höhe über dem lokalen Talniveau und dient als Grundlage zur Identifikation potenzieller ehemaliger Talniveaus.

Die Fenstergröße wurde auf 31×31 Rasterzellen festgelegt, was bei einer räumlichen Auflösung von ca. 30 m einer Kantenlänge von etwa 900 m entspricht. Diese Dimension wurde so gewählt, dass der Talboden innerhalb des Untersuchungsgebiets zuverlässig erfasst wird, gleichzeitig jedoch lokale Reliefunterschiede zwischen Talboden, Terrassenstufen und Hangbereichen erhalten bleiben. Das gewählte Fenster stellt somit einen geeigneten Kompromiss zwischen einer zu kleinräumigen Analyse und einer zu großräumigen Glättung dar.

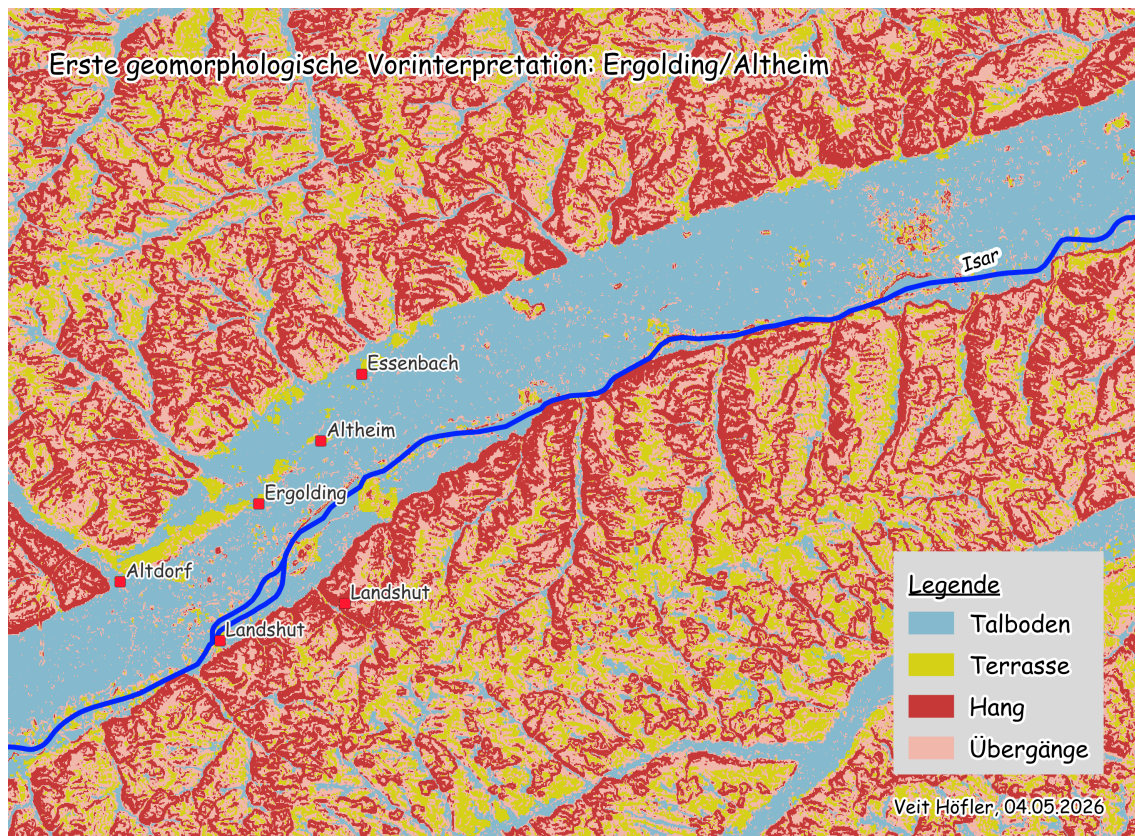


Abb. 4: Relative Höhe über lokalem Tiefstniveau.

Auf Basis der relativen Höhe in Kombination mit der Hangneigung wurde eine Klassifikation potenzieller Terrassenflächen durchgeführt. Zur Bewertung der Robustheit wurden mehrere Schwellenbereiche (u. a. 5–25 m, 8–35 m und 12–45 m) getestet.

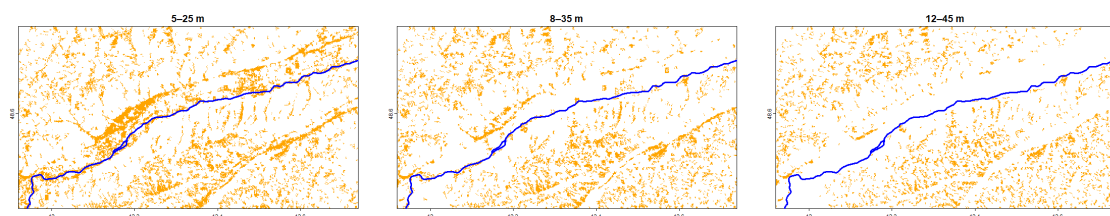


Abb. 5: Vergleich unterschiedlicher Schwellenbereiche.

Die strengere Klassifikation (5–25 m relative Höhe) zeigt räumlich begrenzte, jedoch geomorphologisch konsistente Flächen, die als potenzielle Terrassenkerne interpretiert werden. Diese treten insbesondere im Bereich Ergolding/Altheim asymmetrisch am Talrand auf und entsprechen in ihrer Lage und Form der erwarteten Morphologie fluvialer Terrassenkörper.

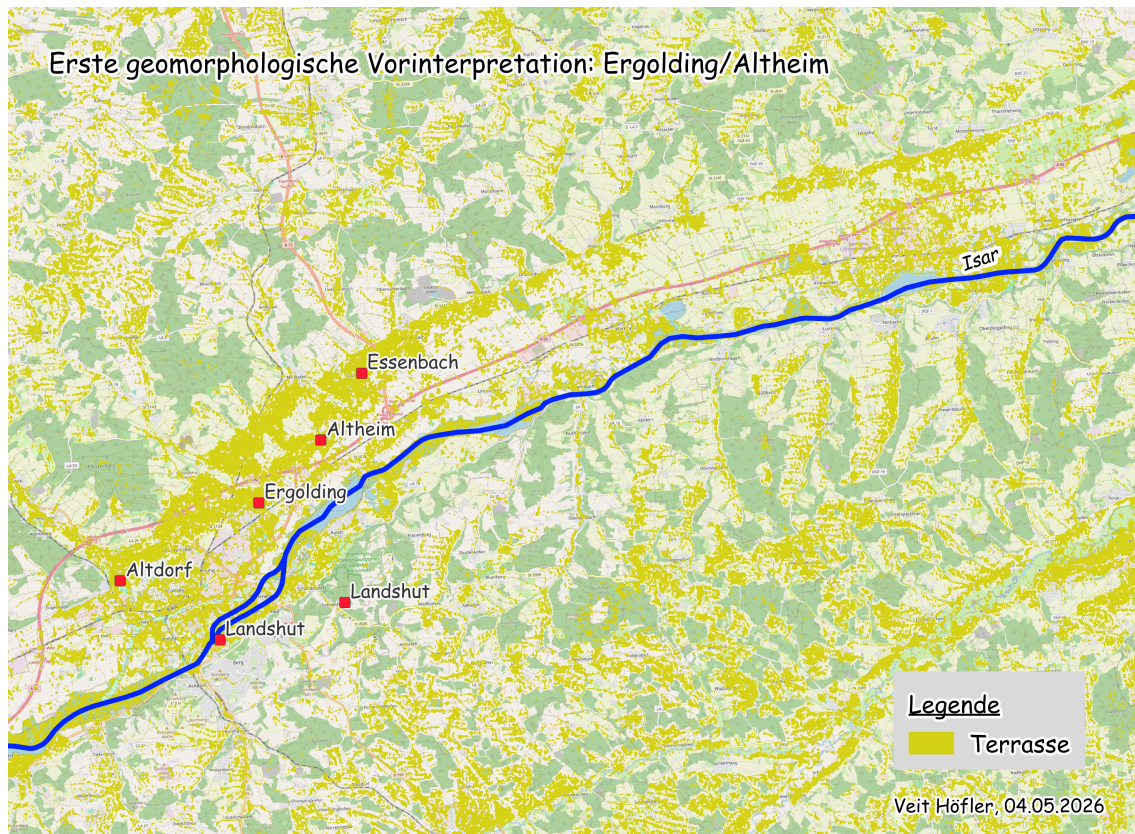


Abb. 6: Potenzielle Terrassenkerne (5–25 m relative Höhe).

Flächen mit einer relativen Höhe von 5–25 m über dem lokalen Tiefstniveau werden als potenziell terrassenrelevante Niveaus interpretiert, da sie oberhalb des aktiven Talbodens liegen, gleichzeitig jedoch weiterhin im talnahen Bereich auftreten und geringe Hangneigungen aufweisen.

Insgesamt wurde das Relief in ein relatives Bezugssystem überführt, wodurch die Identifikation potenzieller ehemaliger Talniveaus unabhängig von der absoluten Höhenlage ermöglicht wurde. Die Kombination aus relativer Höhenlage, Hangneigung und räumlicher Lagebeziehung zum Fluss stellt eine belastbare Grundlage für die weitere geomorphologische Interpretation dar.

Die identifizierten Terrassenkerne dienen im weiteren Verlauf als potenzielle Referenzflächen für die Ableitung einer geomorphologisch plausiblen Referenzoberfläche. Diese Flächen zeichnen sich durch geringe Hangneigungen, eine definierte Höhenlage relativ zum Talboden sowie eine hohe interne Homogenität aus.

Terrassenflächen stellen ehemalige Talniveaus dar und eignen sich aufgrund ihrer relativen

Stabilität und geomorphologischen Klarheit als geeignete Referenzflächen für weiterführende Analysen.

Ergänzende Reliefanalyse: Rauigkeit und Reliefenergie

Im Anschluss an die Identifikation potenzieller Terrassenkerne erfolgte eine gezielte Vertiefung der Analyse durch zusätzliche Reliefparameter.

Zur ergänzenden Beschreibung der Reliefstruktur wurden mehrere morphometrische Parameter verwendet. Die Hangneigung (Slope) beschreibt die lokale Neigung des Reliefs in Grad. Der Terrain Ruggedness Index (TRI) charakterisiert die lokale Oberflächenrauigkeit bzw. Reliefenergie und wird in Metern angegeben. Der Topographic Position Index (TPI) beschreibt die relative Lage einer Rasterzelle im Vergleich zu ihrer unmittelbaren Umgebung.

Ziel dieser Erweiterung war nicht die Entwicklung einer neuen Klassifikation, sondern die unabhängige Prüfung der geomorphologischen Plausibilität der bereits abgegrenzten Flächen.

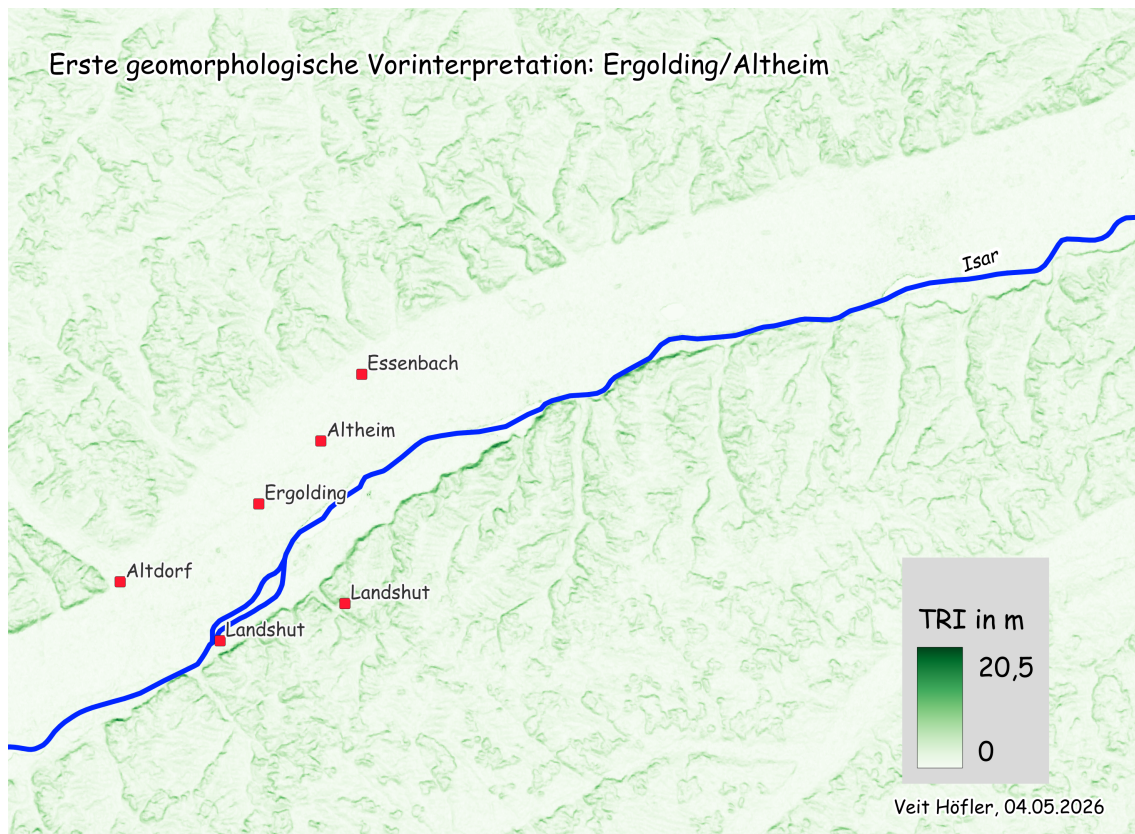


Abb. 7: Terrain Ruggedness Index (TRI) des Untersuchungsgebiets.

Zur quantitativen Bewertung wurden die Werte der Reliefparameter innerhalb der zuvor definierten Terrassenkerne mit den Werten der übrigen Untersuchungsfläche verglichen. Hierzu wurden die Rasterwerte extrahiert und deskriptiv-statistisch ausgewertet.

Tabelle 1: Vergleich zentraler Reliefparameter zwischen Terrassenflächen und Umgebung

Parameter	Fläche	Median	Mittelwert
Slope (°)	Terrasse	1.94	1.85
Slope (°)	Umgebung	4.61	5.55
TRI (m)	Terrasse	0.75	0.77
TRI (m)	Umgebung	1.75	2.10
TPI (m)	Terrasse	0.00	-0.02
TPI (m)	Umgebung	0.00	0.00

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Differenz zwischen Terrassenflächen und der umgebenden Reliefstruktur. Die Terrassenkerne weisen über die gesamte Verteilung hinweg deutlich geringere Hangneigungen auf. Während die Medianwerte der Hangneigung bei etwa $1,9^\circ$ liegen, erreichen die umgebenden Flächen Werte von über $4,5^\circ$ und zeigen zudem eine wesentlich größere Streuung bis in den Bereich steiler Hanglagen.

Ein besonders klares Trennsignal ergibt sich für den Terrain Ruggedness Index (TRI). Die Terrassenflächen weisen durchgehend niedrigere Werte auf, mit einem Median von etwa 0,75 im Vergleich zu etwa 1,75 in der Umgebung. Auch in den oberen Quantilen bleibt diese Differenz bestehen, was auf eine systematisch geringere Oberflächenrauigkeit und damit reduzierte Reliefenergie der Terrassenflächen hinweist.

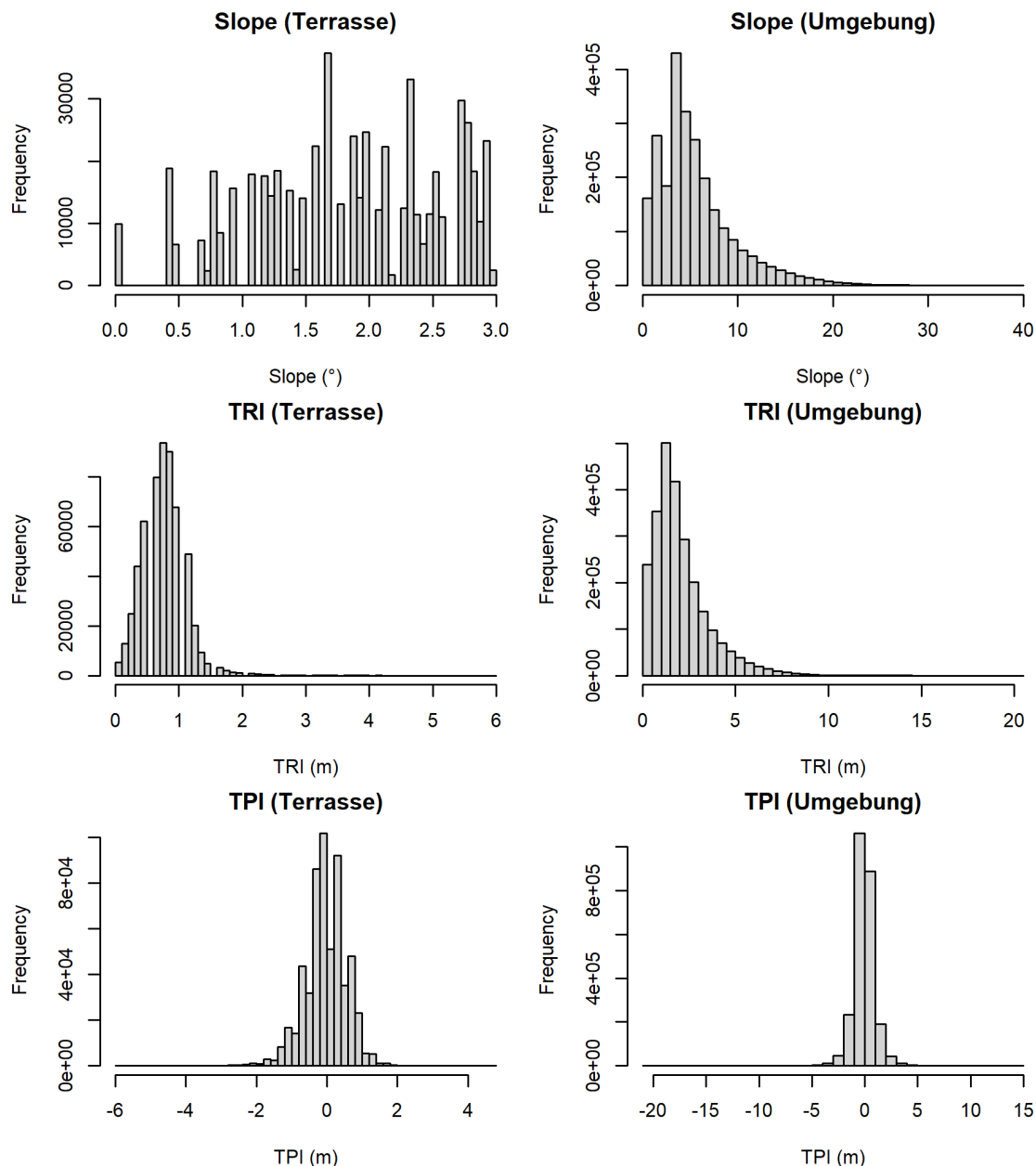


Abb. 8: Vergleich der Verteilungen von Slope, TRI und TPI zwischen Terrassenflächen und Umgebung.

Die Verteilungen der Parameter zeigen zudem, dass die Terrassenflächen nicht nur geringere Mittelwerte aufweisen, sondern insgesamt auch eine deutlich engere Streuung besitzen. Dies deutet auf eine hohe interne Homogenität hin und unterstützt die Interpretation dieser Flächen als geomorphologisch kohärente Einheiten.

Der Topographic Position Index (TPI) zeigt hingegen keine ausgeprägte Trennung zwischen beiden Flächentypen. Die Werte konzentrieren sich in beiden Fällen überwiegend im Bereich um Null, was im Kontext der großmaßstäblichen Reliefstruktur erwartbar ist. Die geringere Streuung innerhalb der Terrassenflächen weist jedoch auf eine stabilere und weniger stark differenzierte Lage im Relief hin.

Insgesamt bestätigen die ergänzenden Reliefparameter die zuvor getroffene Abgrenzung

der Terrassenkerne. Diese zeichnen sich durch geringe Hangneigungen, reduzierte Oberflächenrauigkeit und eine vergleichsweise homogene interne Struktur aus. Die Ergebnisse liefern somit eine konsistente, quantitativ gestützte Argumentationsbasis für die Interpretation dieser Flächen als geomorphologisch plausible Terrassenkörper.

Ergänzender Ansatz: Distanz zur Isar

Neben der relativen Höhenlage stellt die räumliche Beziehung der identifizierten Flächen zum Fluss einen weiteren potenziell aussagekräftigen Parameter dar.

Erste Überlegungen zielen darauf ab, die Distanz der potenziellen Terrassenkerne zur Isar zu berücksichtigen, um deren Lage innerhalb des Talquerschnitts besser zu charakterisieren.

Dabei könnte geprüft werden, ob sich typische Distanzbereiche identifizieren lassen, in denen terrassenartige Flächen bevorzugt auftreten, sowie ob Unterschiede zwischen den Talrändern erkennbar sind. Dieser Ansatz wurde im Rahmen der vorliegenden Analyse noch nicht systematisch weiterverfolgt, stellt jedoch einen naheliegenden nächsten Schritt zur quantitativen Beschreibung der geomorphologischen Strukturen dar.

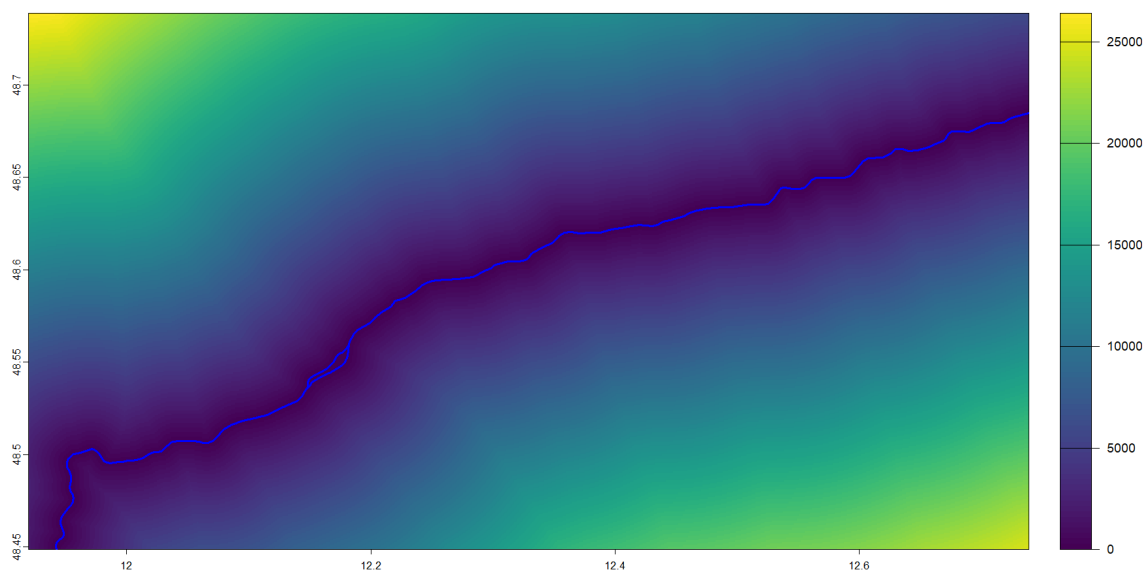


Abb. 9: Distanz potenzieller Terrassenflächen zur Isar.

Geomorphologische Plausibilisierung mittels Querprofilen

Zur ergänzenden geomorphologischen Bewertung der identifizierten Terrassenkerne wurden mehrere Querprofile quer zum Talverlauf der Isar angelegt. Ziel dieser Analyse war die Untersuchung der Reliefstruktur innerhalb des Talquerschnitts sowie die Prüfung, ob die zuvor abgegrenzten Terrassenflächen als geomorphologisch plausible, flach geneigte und intern relativ homogene Niveaus erscheinen.

Die Querprofile dienen dabei nicht der absoluten Validierung einzelner Terrassenkörper, sondern einer qualitativen bis semi-quantitativen Plausibilisierung der zuvor durch Reliefparameter identifizierten Flächen.

Die Profilachsen wurden so gewählt, dass unterschiedliche Abschnitte des Talraums erfasst werden. Neben Bereichen mit ausgeprägten terrassenartigen Strukturen wurden auch weniger deutlich ausgeprägte Talrandbereiche berücksichtigt.

Die Querprofile 1 bis 4 verlaufen annähernd von Südosten nach Nordwesten und schneiden dabei Talboden, Übergangsbereiche sowie angrenzende Hanglagen. Profil 5 verläuft hingegen von Südwesten nach Nordosten und erfasst damit einen abweichenden Talquerschnitt innerhalb des Untersuchungsgebiets. Durch die überwiegend einheitliche Orientierung der Profile wird die Vergleichbarkeit der Reliefparameter zwischen den einzelnen Talabschnitten verbessert.

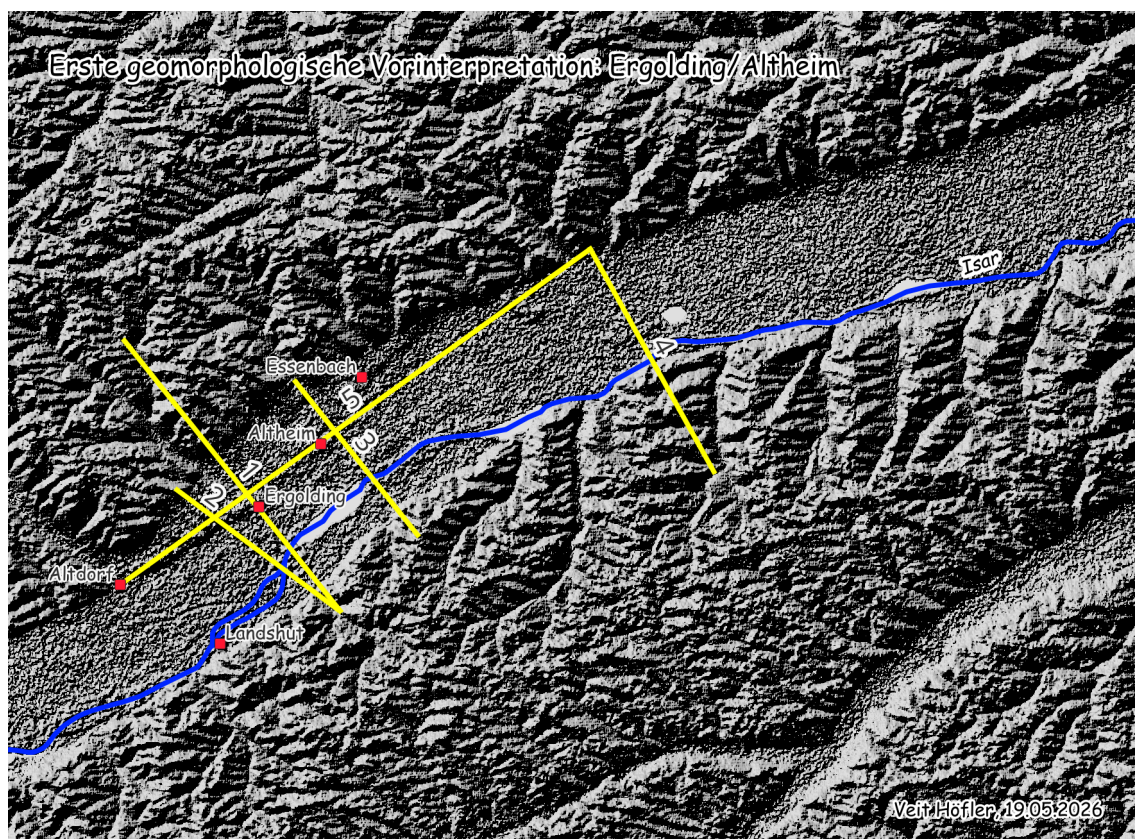


Abb. X: Lage und Orientierung der Querprofile innerhalb des Untersuchungsgebiets.

Entlang der Profilachsen wurden Rasterwerte des digitalen Höhenmodells sowie ergänzender Reliefparameter extrahiert. Die Auswertung erfolgte in einem regelmäßigen Punktabstand von etwa 30 m entsprechend der räumlichen Auflösung des verwendeten SRTM-Höhenmodells.

Für jedes Profil wurden absolute Höhe, relative Höhe über lokalem Talniveau, Hangneigung (Slope) sowie der Terrain Ruggedness Index (TRI) ausgewertet.

Zusätzlich wurden die zuvor identifizierten Terrassenkerne innerhalb der Profile markiert.

Tabelle 2: Verwendete Reliefparameter innerhalb der Querprofile

Parameter	Beschreibung
Absolute Höhe	Höhe des Reliefs über NN auf Basis des digitalen Höhenmodells
Relative Höhe	Höhe über lokalem Talniveau auf Basis der Reliefrelativierung mittels lokalem Minimum
Slope	Lokale Hangneigung in Grad zur Identifikation flach geneigter bzw. steiler Reliefbereiche
TRI	Terrain Ruggedness Index zur Beschreibung der lokalen Reliefenergie bzw. Oberflächenrauigkeit

Die entsprechenden Profilschnitte wurden als vertikale Bänder hervorgehoben. Ergänzend wurden Schwellenbereiche für die relative Höhe (5–25 m) sowie eine Hangneigung von 5° als Orientierungslinie dargestellt.

Die gemeinsame Darstellung mehrerer Profile pro Reliefparameter ermöglicht den direkten Vergleich unterschiedlicher Talabschnitte und erleichtert die Bewertung geomorphologischer Gemeinsamkeiten und Unterschiede innerhalb des Untersuchungsraums.

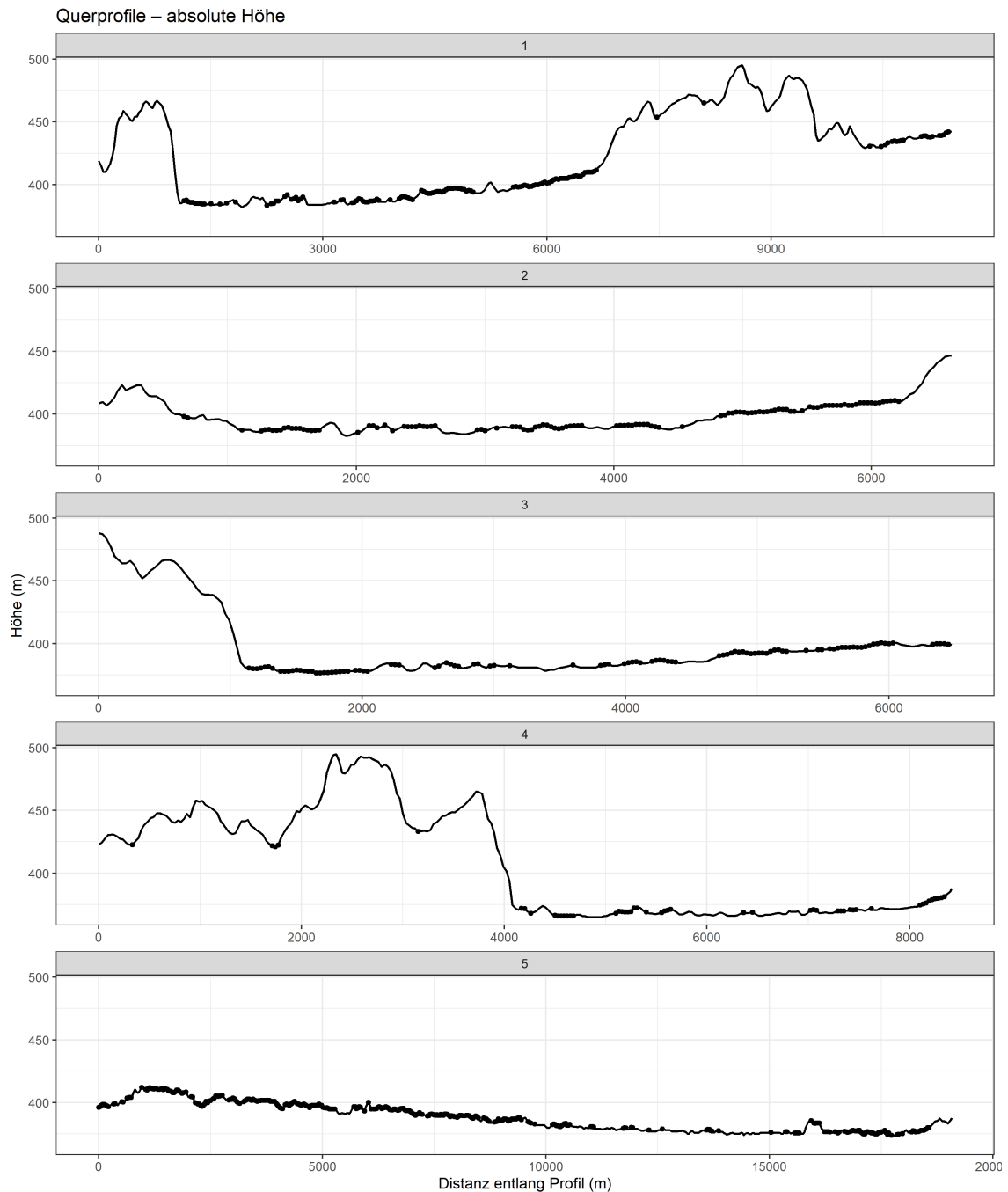


Abb. X: Absolute Höhe entlang der Querprofile 1–5.

Die absoluten Höhenprofile verdeutlichen die generelle Talform sowie die Höhenunterschiede zwischen Talböden, Übergangsbereichen und Hanglagen. Aufgrund des längs geneigten Talverlaufs zeigt sich jedoch, dass absolute Höhenwerte allein nur eingeschränkt zur Identifikation vergleichbarer Reliefniveaus geeignet sind.

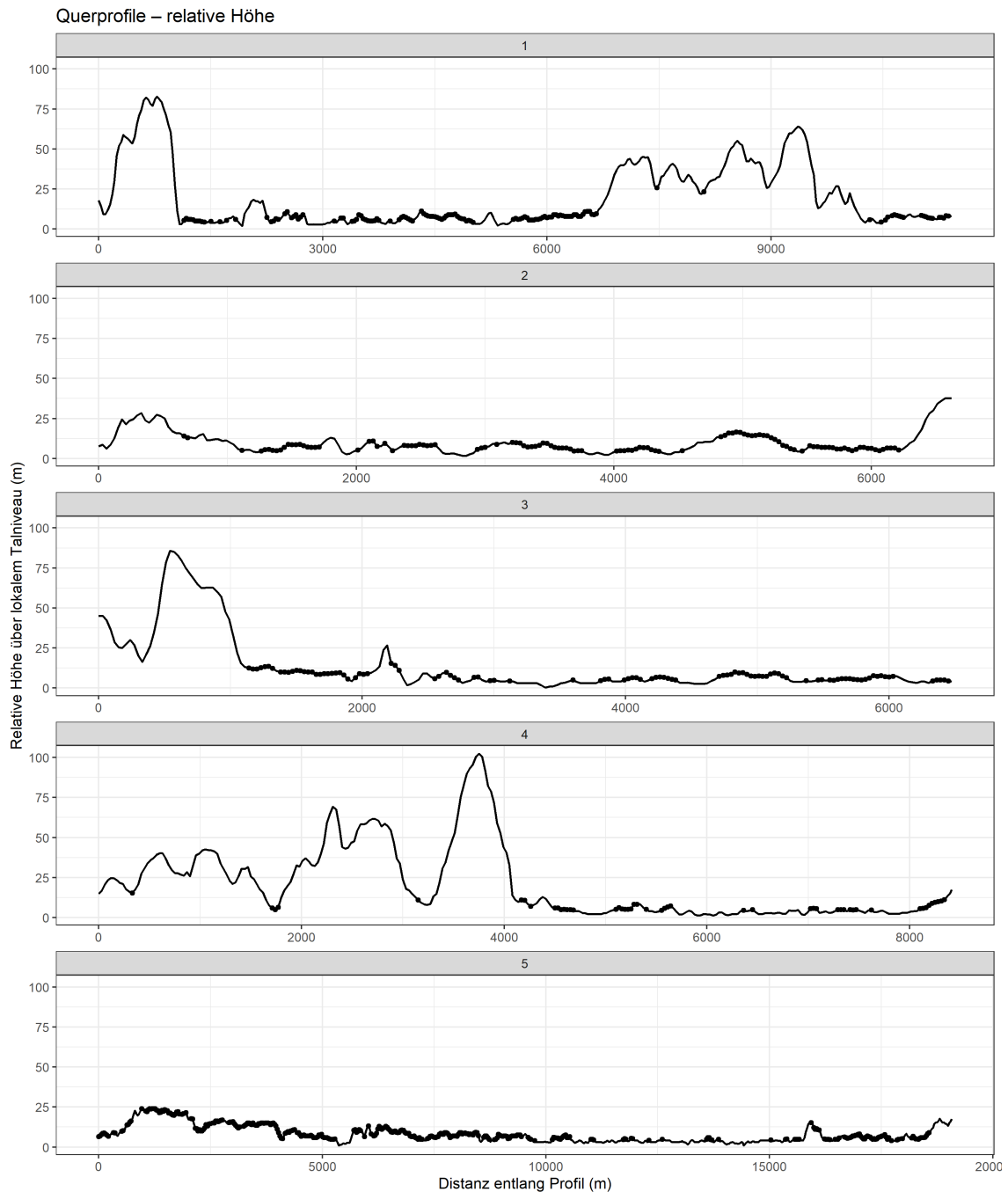


Abb. X: Relative Höhe über lokalem Talniveau entlang der Querprofile 1–5.

Die relative Höhenlage zeigt deutlich besser vergleichbare Reliefniveaus innerhalb des Talraums. Mehrere Profile weisen zusammenhängende Bereiche mit vergleichsweise homogener relativer Höhenlage auf, die oberhalb des aktiven Talbodens liegen und mit den zuvor identifizierten Terrassenkernen korrespondieren.

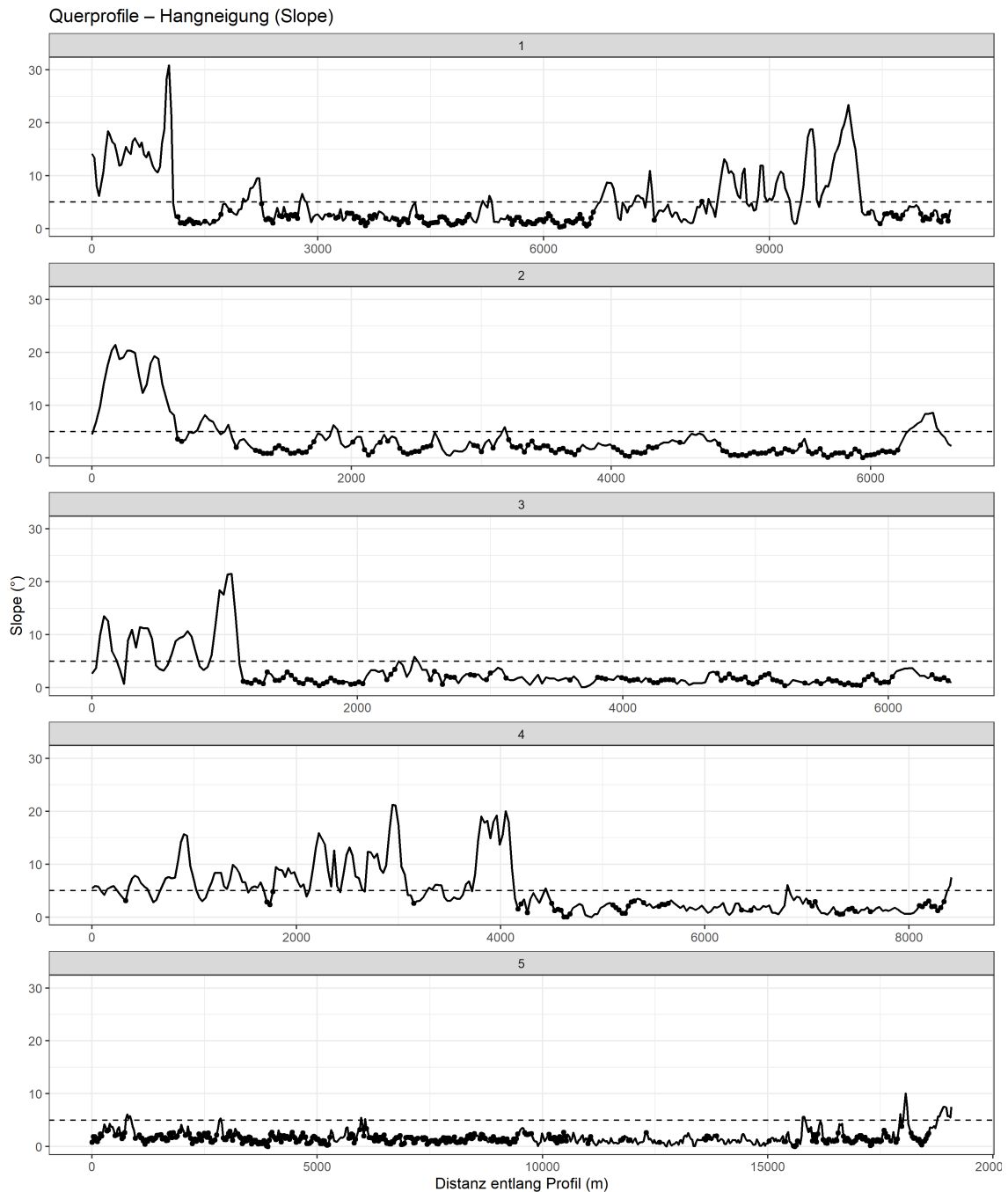


Abb. X: Hangneigung (Slope) entlang der Querprofile 1–5.

Die Slope-Profile zeigen, dass die identifizierten Terrassenbereiche überwiegend geringe Hangneigungen aufweisen. Steilere Werte konzentrieren sich vor allem in den Übergangsbereichen zu den Talhängen. Die geringe Hangneigung innerhalb der Terrassenkerne unterstützt deren Interpretation als geomorphologisch vergleichsweise stabile Reliefkörper.

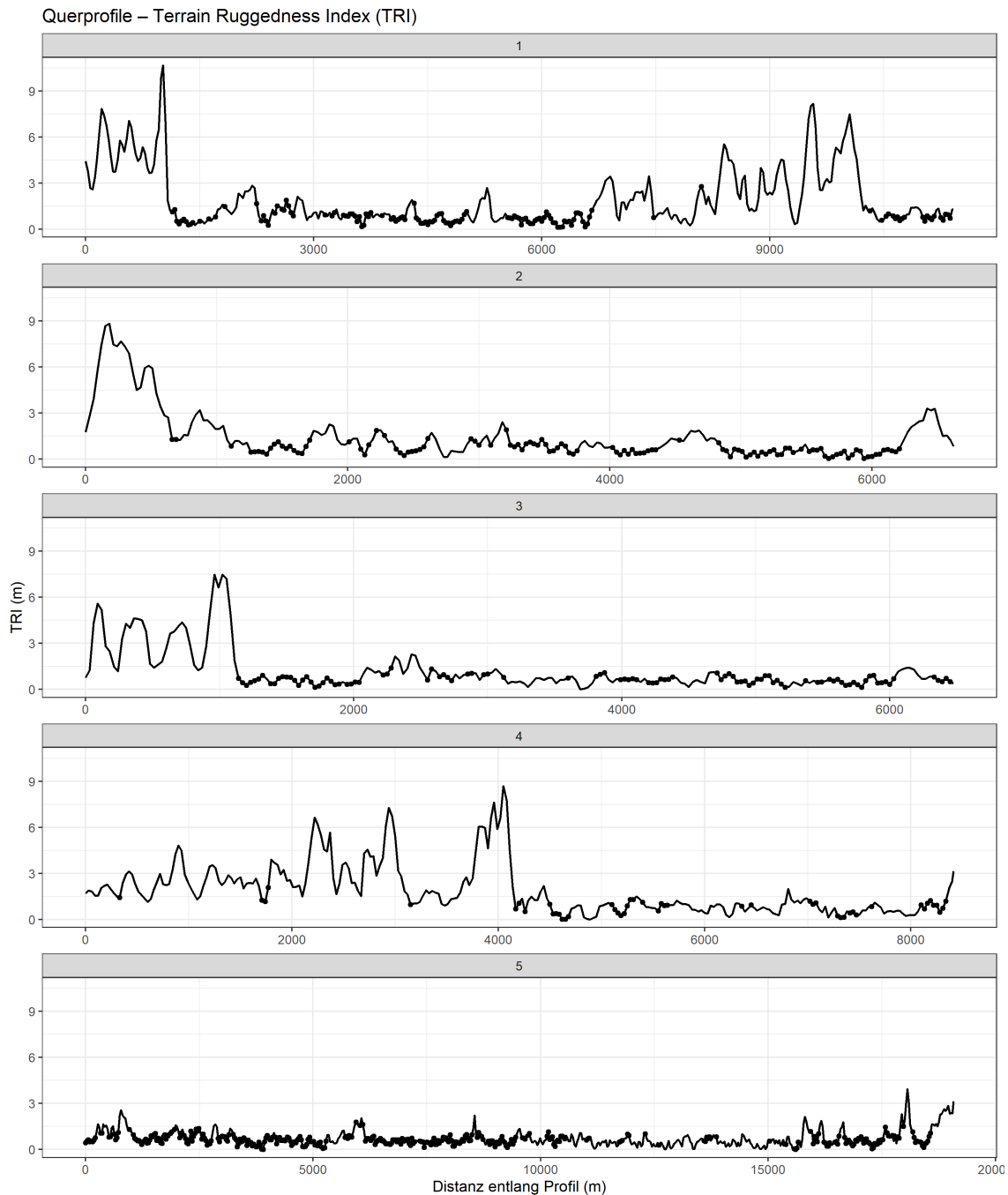


Abb. X: Terrain Ruggedness Index (TRI) entlang der Querprofile 1–5.

Auch die TRI-Profile weisen innerhalb der Terrassenbereiche überwiegend geringe Werte auf. Dies deutet auf eine reduzierte Reliefenergie sowie eine vergleichsweise hohe interne Homogenität der Flächen hin. Einzelne lokale Peaks werden aufgrund der begrenzten räumlichen Auflösung des verwendeten SRTM-Höhenmodells vorsichtig interpretiert und nicht überbewertet.

Insgesamt bestätigen die Querprofile die zuvor durch Reliefklassifikation und statistische Auswertung gewonnene Interpretation der Terrassenkerne als geomorphologisch plausible, flach geneigte und relativ homogene Reliefkörper innerhalb des Talraums.