

1. Definition

„Atektonische beziehungsweise aseismische Vorgänge, also Vorgänge, die nicht aus tektonischen Abläufen abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind und zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese zu behandeln“

§22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG

Als atektonische Vorgänge werden nicht-endogen-tektonisch bedingte Gesteinsdeformationen bezeichnet. Hierzu gehören Setzungserscheinungen, Deformationen anlässlich der Diagenese, Senkungen und Einstürze über Lösungshohlräumen (Karst, Salze), subaerische und subaquatische Rutschungen, Deformation der Gesteine durch Gletscherwirkung oder Kryoturbation (Murawski & Meyer, 2010).

Wir betrachten die atektonischen Vorgänge als relevant, die Gesteinsdeformationen > 300 m ausbilden können und die nach § 22 StandAG zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers führen können, wie tektonische Störungen.

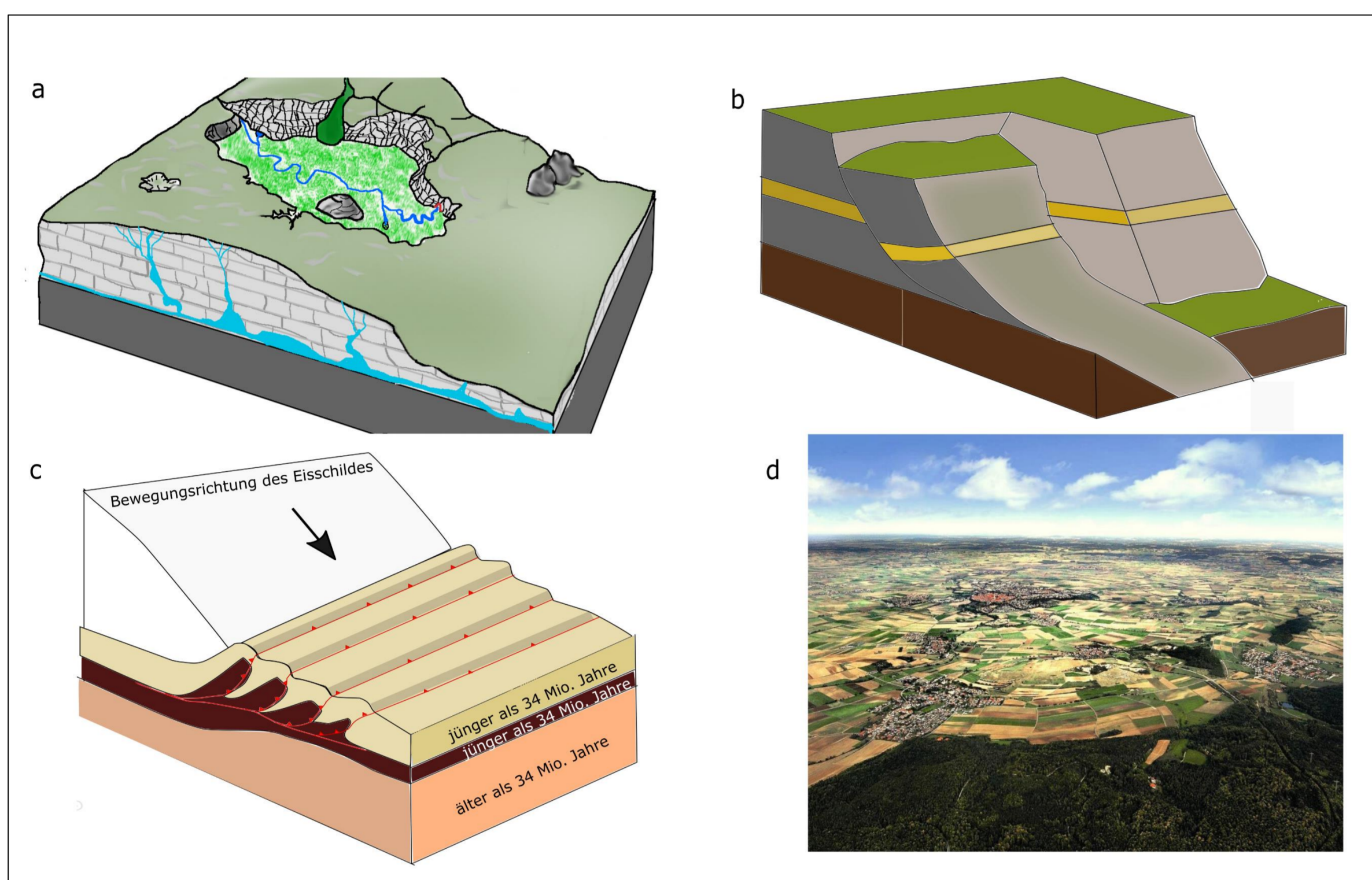


Abbildung 1: Atektonische Vorgänge: a Verkarstungsprozesse (Verändert nach Ulrichstill, 2007), b Hangrutschung, c Glazitektonik, d Impakt ereignis Nördlinger Ries (Tourist-Information Stadt Nördlingen, 2009)

- **Verkarstungsprozesse** können zur typischen Karstmorphologie mit Dolinen (Erdfall) und Uvalas (Hohlform) führen (Abb. 1a). Karstmorphologische Senkungen und Einstürze entstehen durch Subrosion von Salz, Gips/Anhydrit und Kalk (Lösungsvorgänge im Gestein), die Lösungshohlräume und Höhlen im Untergrund herausbildet (Grotzinger & Jordan, 2008).
- **Massenbewegungen** können z.B. Bergstürze oder Hangrutschungen (Abb. 1b) sein. Die Vorgänge sind subaerisch (an der Erdoberfläche) und subaquatische (unter Wasser) möglich. Unterscheidungen können anhand von Materials, Geschwindigkeit oder Bewegung getroffen werden. Ursachen für Rutschungen können auf die Steilheit des Hanges, die Zusammensetzung des Material und dessen Wassergehalt zurückgeführt werden (Grotzinger & Jordan, 2008).
- Der Begriff **Glazitektonik** umfasst Prozesse, die durch bewegte Eismassen (wie Gletscher und Inlandeis) Lagerungsstörungen, wie z.B. Falten, Überschiebungen, Schuppen, Aufpressungs- und Zerrungsstrukturen im Untergrund erzeugen (Abb. 1c; Murawski & Meyer, 2010). Aber & Ber (2007) definieren Glazitektonik als glazial induzierte Deformation des Grundgebirges oder von Sedimentschichten, als direktes Ergebnis von Gletschereisbewegungen oder -auflast. Zurzeit wird geprüft, inwieweit glazitektonische Strukturen Gesteinsdeformationen in Tiefen größer als 300 m ausbilden können.
- Ein **Impakt ereignis** (Meteoriteneinschlag) verursacht Impaktkrater, Impaktite und Gesteinszertrümmerungen im Untergrund (Murawski & Meyer, 2010). Im Nördlinger Ries (Abb. 1d) wurden Gesteinszertrümmerungen bis in mindestens 1200 m nachgewiesen (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2019).

4. Literatur

Grotzinger & Jordan (2008): Press/Siever Allgemeine Geologie, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
 Murawski & Meyer (2010): Geologisches Wörterbuch, Springer-Verlag GmbH Deutschland
 Aber & Ber (2007): Glaciotectonism, In: Developments in Quaternary Science, Vol. 6, Elsevier Verlag
 Ulrichstill (2007): <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Polje-Modell.jpg> (Abruf am 02.12.19)
 Tourist-Information Stadt Nördlingen (2009): https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/N%C3%B6rdlinger_Rieskrater_2009.jpg (Abruf am 05.12.19)
 Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): <https://www.lfu.bayern.de/geologie/meteorite/ries/forschungsboration/index.htm> (Abruf am 28.11.19)

2. Datenabfrage und Datenlieferungen

2. Datenabfrage zu Ausschlusskriterien (I. Quartal 2018):

Linien oder Flächen von atektonischen Vorgängen (Koordinaten mit Lage – Bezugssystem in Arbeitshilfe Ausschlusskriterien)

Datenabfrage zu atektonischen Vorgängen (IV. Quartal 2018 Konkretisierung):

Angaben zu nicht-endogen-tektonisch bedingte Gesteinsformationen wie Senkungen und Einstürze über Lösungshohlräumen (Subrosion von Salz, Gips/Anhydrit und Kalkstein), subaerische und subaquatische Rutschungen und Deformationen der Gesteine durch Gletscherwirkung oder Kryoturbation. Besonders von Interesse sind hierbei Angaben zur Aktivität und zur Entstehungstiefe dieser atektonischen Vorgänge.

Gelieferte Daten im ArcGIS Format:

- Aktive Störungszonen atektonisch
- Georisiko atektonisch
- Karstgefährdung
- Karstrelevante Objekte
- Subrosionssenken (auch potentielle)
- Erdfälle und Dolinen
- Auslaugungsgebiete (auch potentielle) und sonstige Lösungen
- Massenbewegungen
- Glazitektonik (Stauchkörper)
- Endmoränen
- Impakt ereignisse (Nördlinger Ries)

Es wurden insgesamt 195.866 Datensätze geliefert, 1,8 % mit Tiefenangaben

3. Fragestellung und Methodik

Atektonische Vorgänge werden ausgeschlossen, wenn die Entstehungstiefe > 300 m ist. Um Objekte auszuschließen zu können, müssen Entstehungstiefen bekannt sein.

Datenlieferung	Verfügbares Tiefenattribut	Benötigtes Tiefenattribut	Verarbeitung
Verkarstungsobjekte	Tiefe, Beschreibung	Entstehungstiefe	Keine weitere Verarbeitung möglich
Verkarstungsobjekte	Entstehungshorizont	Entstehungstiefe	Tiefenangabe aus weiteren Daten abzuleiten
Verkarstungsobjekte	Entstehungstiefe	Entstehungstiefe	Ausschlussmethodik direkt anwendbar
Massenbewegungen	Entstehungshorizont	Entstehungstiefe	Tiefenangabe aus weiteren Daten abzuleiten
Glazitektonik	Beschreibung, Stratigraphie	Max. Einwirkungstiefe	In Diskussion
Impakt ereignisse (Nördlinger Ries)	Beschreibung	Max. Einwirkungstiefe	Ausschlussmethodik direkt anwendbar

Einige Datenlieferungen enthalten Informationen über Entstehungshorizonte, die mit Angaben zu Entstehungstiefen ergänzt werden müssen, um die Ausschlussmethodik für aktive Störungszonen anwenden zu können.

Im Zuge der Datenabfrage für die Mindestanforderungen nach § 23 StandAG wurden 3D-Modellen von den Ländern geliefert. Die Top-Flächen der stratigraphischer Einheiten aus den 3D-Modellen können zur Korrelation der Entstehungstiefen der atektonischen Vorgänge herangezogen werden.

Die Tiefen des Tops der stratigraphischen Einheiten werden aus den vorhandenen 3D-Modellen als Tabelle exportiert und mit den atektonischen Vorgängen in einem maximalen Radius von 20 m räumlich verbunden. Die Daten zu atektonischen Vorgänge werden so um Entstehungstiefen aus den 3D-Modellen ergänzt (Abb 2.).

Mit diesem Workflow können für 4.161 Objekte bzw. 2% der verfügbaren Datensätze die Entstehungstiefen ergänzt werden.

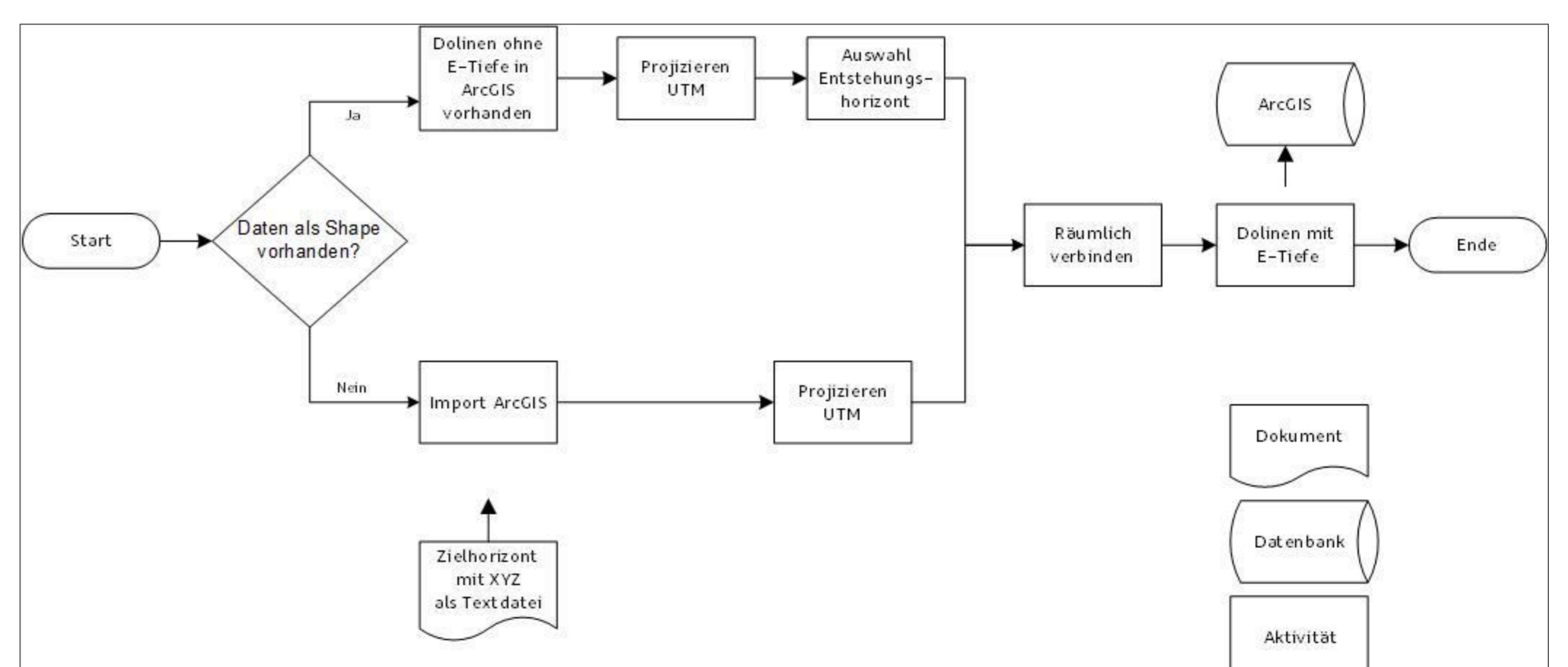


Abb. 2: Beispielhafter Arbeitsablauf für Dolinen mit einem stratigraphischen Zielhorizont um Tiefenangaben aus einem 3D-Modell abzuleiten. Bei der Funktion „Räumlich Verbinden“ werden die Dolinen, die in einer maximalen Entfernung von 20 m vom Zielhorizont liegen, um das Attributfeld Tiefe des Horizonts ergänzt