
Fallstudien zur Modellierung physikalischer Systeme in der experimentellen Archäologie

Johannes Tanzler¹, Philipp Pichler^{1,2}, Bernhard Heinzl^{2,3}, Hans Reschreiter⁴, Kerstin Kowarik⁴,
Felix Breitenecker¹

¹Institut für Analysis und Scientific Computing, TU Wien

²dwh GmbH Simulation Services, Wien

³Institut für Rechnergestützte Automation, TU Wien

⁴Naturhistorisches Museum Wien

johannes.tanzler@tuwien.ac.at

Als Ergänzung zu klassischen experimentellen Methoden kann auch Computersimulation beitragen bessere Einblicke in verschiedene Aspekte der Archäologie zu gewinnen. In Zusammenarbeit zwischen TU Wien und dem Naturhistorischen Museum Wien wurden mehrere Fallstudien von physikalischen Systemen aus dem prähistorischen Salzbergbau in Hallstatt (Österreich) untersucht. Die Ergebnisse aus diesen Simulationen liefern neue Informationen und quantitative Anhaltspunkte und tragen dazu bei das Verständnis über die prähistorischen Arbeitsprozesse und Werkzeuge zu vertiefen.

1 Einleitung

Der prähistorische Salzbergbau in Hallstatt (Österreich) ist für die Archäologie von großem Interesse. Salzbergbauaktivitäten werden in der Bronzezeit auf 1458-1245 v. Chr. datiert [1]. Die große Menge an archäologischen Funden in den ehemaligen unterirdischen Abbaukammern, u.a. von technischer Ausrüstung und organischen Materialien (Bauholz, Werkzeuge, Bastseile, Felle, etc.) und ihr außerordentlich guter Konservierungszustand durch die konservierenden Eigenschaften des Salzes erlauben es Arbeitsprozesse und Abbaumethoden zu rekonstruieren und so Informationen über das damalige technische Know-how zu gewinnen [2]. Diese Untersuchungen deuten darauf hin, dass der Bergbau in einer sehr effizienten, fast schon industriellen Art und Weise organisiert war und Werkzeuge mit einem hohen Grad an Spezialisierung und Funktionalität zur Verfügung standen. Das Salz wurde in unterirdischen Abbaukammern (vgl. Abbildung 1) mit speziellen Bronzepickeln gebrochen, in Säcke gefüllt und mittels Seilzügen über vertikale Schächte an die Oberfläche transportiert [3].

Zur Untersuchung von physikalischen Aspekten sind in der Archäologie experimentelle Ansätze, die Nachbildungen von Werkzeugen und Gegenständen verwenden, weit verbreitet. Darüber hinaus kann auch

die mathematische Modellierung und Simulation dazu beitragen über technische Geräte und deren Verwendung Informationen zu gewinnen, welche experimentell nur sehr schwer erfassbar wären.

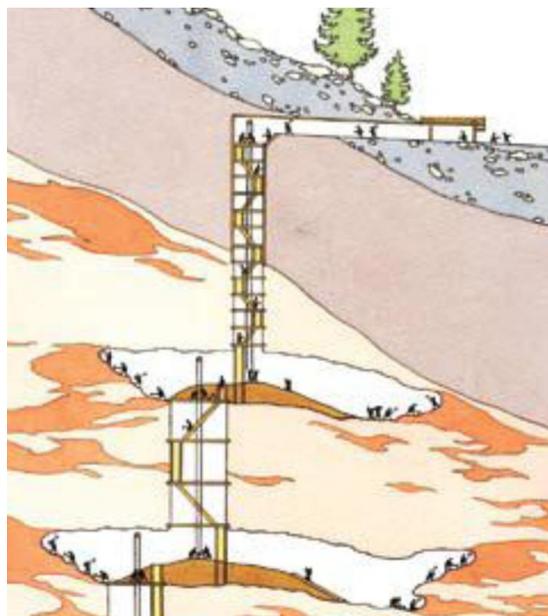


Abbildung 1: Schematische Rekonstruktion des prähistorischen Minen- und Schachtsystems (© D. Gröbner, H. Reschreiter, NHM Wien).

Im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen der TU Wien und dem Naturhistorischen Museum Wien wurden verschiedene Fragestellungen anhand von Fallstudien aus dem prähistorischen Salzbergbau in Hallstatt untersucht und anhand von Simulationsmodellen verschiedene Varianten und Szenarien verglichen [4]. Dabei wurde auf bewährte Methoden aus den Ingenieurwissenschaften (Differentialgleichungen, objektorientierte Starrkörpermodelle) zurückgegriffen. Vorhandene experimentelle Daten lieferten gemeinsam mit Ausgrabungsfunden Parametrisierungen für diese Modelle.

2 Fallstudien

2.1 Seilzug mit Reibung

Bei archäologischen Ausgrabungen wurden Stücke von geflochtenen Seilen aus Lindenbast gefunden, die auf manuelle Seilzüge hindeuten. Es ist allerdings noch ungeklärt, wie lang derartige Seilzüge waren und wie das Seil dabei geführt wurde, da keine Umlenkrollen oder dergleichen gefunden wurden. Um quantitative Anhaltspunkte für diese Fragestellungen zu bekommen, wurden mehrere Varianten von Seilzügen modelliert (Umlenkung an einem Baumstamm oder mit Rolle, offenes oder geschlossenes Seil) und hinsichtlich Kraftaufwand (und damit maximale Länge bzw. Schachthöhe) und Energiebedarf verglichen. Die Simulationsergebnisse zeigen einen dominierenden Einfluss der Seilmasse und des Reibungswiderstandes, welche eine Seilumlenkung mit Gleitreibung über einen Baumstamm für größere Schachthöhen unplausibel machen.

2.2 Schlagbewegung mit Bronzpickel

Zum Brechen des Salzes aus dem Gestein wurden Schlagwerkzeuge (Pickel) mit Holzstiel und aufgesetzter Spitze aus Bronze verwendet. Sehr ungewöhnlich ist allerdings die Form dieser Pickel mit einem Winkel zwischen Stiel und Spitze von ca. 55 bis 75°. Man geht davon aus, dass diese besondere Form an die spezifischen Arbeitsbedingungen angepasst war, zumal keine ähnlichen Geräte an anderen Ausgrabungsorten gefunden wurden. Dieser kleine Winkel und die Länge des Stiels (ca. 1m) erlauben keine typische kreisförmige Schlagbewegung und es ist noch nicht geklärt wie diese Werkzeuge genau verwendet wurden. Mittels Starrkörpermodell des Schlagpickels konnten Vergleiche verschiedene Bewegungsszenarien (mehrere Haltepositionen, Schlag gegen die Wand oder auf den Boden) hinsichtlich

Kraftaufwand und Impuls an der Pickelspitze angestellt werden. So zeigte sich u.a., dass eine Schlagbewegung auf den Boden energieintensiver und ineffizienter ist, da beim Auftreffen der Spitze auf dem Gestein ein enger Winkelbereich (ca. 20 bis 30°) eingehalten werden muss um einen größtmöglichen Effekt zu haben.

3 Fazit

Die Ergebnisse und Vergleiche aus derartigen Simulationen liefern den Archäologen und Archäologinnen neue Informationen und quantitative Anhaltspunkte, die ihnen dabei helfen die Plausibilität verschiedener Theorien zu beurteilen, die Möglichkeiten von Szenarien einzuschränken und gegebenenfalls Theorien zu falsifizieren. Zusammen mit neuen Ausgrabungsfunden und den daraus gewinnbaren Erkenntnissen ist damit das Gesamtbild über den prähistorischen Bergbau in Hallstatt einen ständigen Wandel unterzogen.

Referenzen

- [1] M. Grabner, H. Reschreiter, F.E. Barth, A. Klein, D. Geihofer und R. Wimmer. *Die Denochronologie in Hallstatt*. Archäologie Österreichs, 17(1), S. 49-58, 2006.
- [2] H. Reschreiter und K. Kowarik. *The Bronze Age*. In: Kingdom of Salt: 7000 Years of Hallstatt, Herausgeber: Kern et al, Wien: VPA3, Naturhistorisches Museum Wien, S. 48-64, 2009.
- [3] K. Kowarik, H. Reschreiter und G. Wurzer. *Modelling Prehistoric Mining*. Tagungsband MATHMOD 2012 - 7th Vienna Conference on Mathematical Modelling, 2012.
- [4] B. Heinzl, E. Auer, B. Slowacki, K. Kowarik, H. Reschreiter, N. Popper und F. Breitenacker. *Mathematical Modelling for Experimental Archaeology: Case Studies for Mechanical Tools in Hallstatt Salt Mines*. Tagungsbeitrag EMSS 2012 - 24th European Modeling and Simulation Symposium, 2012.