

**Zeitschrift:** Archäologie Graubünden. Sonderheft  
**Herausgeber:** Archäologischer Dienst Graubünden  
**Band:** 12 (2024)

**Artikel:** Die Mottata bei Ramosch : Aspekte einer prähistorischen Siedlungslandschaft im Unterengadin  
**Autor:** Della Casa, Philippe / Isenring, Lotti / Kurmann, Simon / Reitmaier, Thomas / Seifert, Mathias  
**Kapitel:** 7: Modellierung der Carrying Capacity für die Landschaft von Ramosch  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1062077>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# 7 Modellierung der Carrying Capacity für die Landschaft von Ramosch

## 7.1 Einleitung

In der archäologischen Erforschung der Alpen spielen Fragen zur Besiedlung und Subsistenzsicherung schon seit langem eine wichtige Rolle.<sup>1</sup> Mit dem Rückzug der Alpengletscher fand die erste nacheiszeitliche Begehung der Alpen durch den Menschen statt. Bis in die neolithische Zeit waren diese Begehungen allerdings saisonaler Natur und dienten etwa der Erschliessung und Gewinnung lithischer Rohmaterialien oder der saisonalen Jagd.<sup>2</sup> Mit Beginn der Bronzezeit lassen sich an verschiedenen Stellen der Alpen permanente Siedlungsstrukturen archäologisch nachweisen.<sup>3</sup> Für eine permanente Besiedlung der Alpentäler ist die Sicherung der Subsistenz von zentraler Bedeutung. Damit unmittelbar in Zusammenhang steht die Frage, wie viele Menschen das naturräumliche Umfeld einer alpinen Siedlung ernähren konnte. Während für die Untersuchung rezenter Populationsdichten meist gute Datengrundlagen vorhanden sind, ist man bei der Schätzung von Bevölkerungszahlen in archäologischen Zeiten oft mit einer lückenhaften Überlieferung konfrontiert.<sup>4</sup>

ULLA WINGENFELDER

Greift man für die Rekonstruktion der Bevölkerungszahl einer prähistorischen Siedlung auf die tatsächlichen Befunde wie z.B. Hausgrundrisse oder Anzahl Bestattungen in einer Nekropole zurück, erhält man zwangsläufig eine «Minimalschätzung» der Individuenzahl, da in archäologischen Kontexten fast immer nur ein Ausschnitt des ursprünglichen Lebensumfelds freigelegt wird. Gründe dafür sind u.a. taphonomische Prozesse (selektive Erhaltung der verschiedenen Materialgattungen), eine nur partielle Freilegung des Befundes oder gar ein Befund, der nicht repräsentativ für die Population ist (z.B. eine Grabhügelnekropole, in der nur die «Elite» bestattet wurde, während für das Gros der Bevölkerung andere – nicht überlieferungsfähige – Bestattungssitten angewendet wurden).

Im Gegensatz dazu wird bei der Modellierung der *Carrying Capacity* (maximale Tragfähigkeit) eine maximal mögliche Individuenzahl für das Siedlungsumfeld ermittelt. Der Begriff der *Carrying Capacity* stammt aus der Ökologie und wird als die Anzahl an Organismen verstanden, die von den in einem Lebensraum vorhandenen Ressourcen (z.B. Nahrungsangebot) leben können, ohne dass dieser irreversibel geschädigt wird.<sup>5</sup> Nikulka definiert die *Carrying Capacity* als «maximal mögliche langfristige Bevölkerungsdichte einer Region ohne zerstörenden Einfluss auf das ökologische System».<sup>6</sup>

Die Berechnung der *Carrying Capacity* erfolgt über eine Kaskade von numerischen Gleichungen, deren Input-Parameter auf Informationen zu den zur Verfügung stehenden Ressourcen (naturräumliche Voraussetzungen wie z.B. Erreichbarkeit, Klima, Bodenbeschaffenheit, Morphologie, Vegetation) und auf Annahmen zum Ressourcenbedarf bzw. zur Ressourcennutzung der Bevölkerung basieren. Letztere werden aus der ethnologischen Forschung, aus historischen Dokumenten oder aus vergleichbaren archäologischen Fundzusammenhängen gewonnen. Wie gross die *Carrying Capacity* einer Landschaft ist, hängt einerseits von den vorhandenen natürlichen

Ressourcen ab, andererseits aber auch davon, auf welche Art und Weise diese genutzt werden (Bewirtschaftungsform, kulturelle Praktiken).

Gründe für das Erreichen der maximalen Tragfähigkeit einer Landschaft können interne Auslöser, wie z.B. ein Bevölkerungszuwachs durch Zuwanderung oder Geburtenüberschuss, oder externe Auslöser, wie z.B. klimatische Veränderungen, die die Bedingungen für den Anbau bestimmter Nahrungspflanzen verschlechtern und so zu Ernteausfällen und Mindererträgen führen, sein. Das Erreichen der Tragfähigkeitsgrenze einer Landschaft kann neuartige soziale, technische und kulturelle Entwicklungen, Umbrüche und Innovationen anstossen. Es kann zu (kriegerischen) Konflikten zwischen zwei benachbarten Siedlungsgemeinschaften oder zur Abwanderung von Teilen einer Gruppe kommen, weil der umgebende Naturraum nicht mehr genügend Nahrung für alle bieten kann. Im Zusammenhang mit der relativen «Kurzlebigkeit» neolithischer Seeufersiedlungen wird ebenfalls die Erschöpfung der natürlichen Ressourcen im Umfeld der Siedlung als Grund für die Verlegung der Siedlungen angesehen.<sup>7</sup> Denkbar ist aber auch, dass eine solche Entwicklung Innovationen auslöst und zur Entwicklung neuer Arbeits- und Bewirtschaftungstechniken, Erschließung neuer Lebensräume oder neuer Nahrungsquellen führt.<sup>8</sup>

Thomas Reitmaier und Kristin Kruse widmen sich in ihrer Modellierung zur Tragfähigkeit bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum genau dieser Frage – nämlich welchen Einfluss die Art der Bewirtschaftung auf die Carrying Capacity einer Landschaft hat bzw. ob das Erreichen der Carrying Capacity einer Landschaft zu einem Impuls für die Veränderung/Anpassung der Bewirtschaftungsform führen kann.<sup>9</sup>

## 7.2 Modellierung der Carrying Capacity für zwei prähistorische Siedlungen im Umfeld von Ramosch

### 7.2.1 Ausgangslage

Die Untersuchung der Siedlungs- und Landschaftsgeschichte und insbesondere die Erforschung der Anfänge der alpinen Weidewirtschaft standen im Zentrum des Silvretta-Projekts, welches in den Jahren von 2007 bis 2016 durch den Fachbereich Prähistorische Archäologie der Universität Zürich und den Archäologischen Dienst Graubünden in Zusammenarbeit mit zahlreichen internationalen Partner:innen im Unterengadin und umliegenden Gebieten Tirols (A) durchgeführt wurde. Dabei wurden in über 2000m Höhe in der Val Fenga (Fimbertal) Reste von spätbronze- bzw. hallstattzeitlich datierten Baustrukturen gefunden, die möglicherweise in Zusammenhang mit zeitgleichen Siedlungsbefunden im Talbereich bei Ramosch stehen.<sup>10</sup> Bereits seit längerem sind Veränderungen in den Pollenspektren verschiedener Moore im Unterengadin bekannt, die einen deutlichen Anstieg von Weidezeigern, coprophilen Sporen und Holzkohlenpartikeln (Rodungszeiger) im 2. Jahrtausend v. Chr. zeigen.<sup>11</sup> Sowohl die baulichen Befunde als auch die Veränderungen der Pollenprofile deuten auf einen Wandel in der Vieh- und Weidewirtschaft hin und können als Hinweise für das Aufkommen der für die Alpen heute so typischen Wirtschaftsweise, der Alpwirtschaft, gesehen werden.

Eine der wichtigsten Fragen, die im Zusammenhang mit der Entstehung der Alpwirtschaft gestellt wird, ist, was der «Auslöser» für diese spezielle Form der Subsistenzwirtschaft war, die eine viehwirtschaftliche Nutzung verschiedener Höhenstufen in jahreszeitlichem Wandel vorsieht. Als mögliche Treiber für die Entwicklung der

*Alpwirtschaft* werden demographische oder klimatische Veränderungen (Bevölkerungswachstum, Klimaverschlechterung bzw. -verbesserung), aber auch sozio-ökonomische Gründe (Erschließung von Erzvorkommen, Aufkommen von transalpinem Handel) diskutiert.<sup>12</sup>

Als einer der wichtigsten Auslöser für die Entstehung der Alpwirtschaft wird immer wieder der Flächendruck genannt. In den Alpentälern steht nur eine begrenzte Fläche für die Erzeugung von Nahrungsmitteln (Ackerbau) bzw. für die Viehwirtschaft zur Verfügung. Die maximale Bevölkerungszahl einer Siedlung kann aber nicht grösser werden, als dass der von ihr nutzbare Naturraum an Ressourcen bietet (durch Land- und Viehwirtschaft erhaltener Ertrag direkt in Form von Getreide oder indirekt als tierische Produkte wie Fleisch, Milch, Käse). Diese maximale Bevölkerungszahl ist mit der Carrying Capacity des die Siedlung umgebenden Naturraums gleichzusetzen. Die grundsätzliche Idee ist, dass durch die sommerliche Auslagerung des Viehs auf die weiter oben gelegenen, für den Nahrungsmittelanbau (Ackerbau) nicht geeigneten, Alpwiesen im Tal zusätzliche Flächen für den Anbau von Nahrungsmitteln und Grasfutter für die Winterfütterung der Tiere frei werden. Die Auslagerung des Viehbestands erschliesst zusätzliche Flächen, vermindert somit den Flächendruck und ermöglicht eine Steigerung der maximalen Bevölkerungsanzahl.

Dieser Hypothese gehen Reitmaier/Kruse in ihrer im Jahr 2019 veröffentlichten Abhandlung «Vieh-Weide-Wirtschaft. Ein Modell zur Tragfähigkeit bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum» auf den Grund.<sup>13</sup> Sie untersuchen den Einfluss verschiedener Subsistenzstrategien auf die maximal möglichen Bevölkerungszahlen für die Einzugsgebiete der bronzezeitlichen Siedlungen Tschern und Mottata in Ramosch im Unterengadin mithilfe einer GIS-gestützten numerischen Modellierung. Im Folgenden soll diese Modellierung vorgestellt und diskutiert werden.<sup>14</sup>

### 7.3 Aufbau der Modellierung der Carrying Capacity

#### 7.3.1 GIS-Teil der Modellierung

Die naturräumlichen Gegebenheiten des Siedlungsumfelds legen den Rahmen für die Subsistenz fest: Hier spielen einerseits die Erreichbarkeit potenzieller landwirtschaftlicher Nutzflächen durch den Menschen und andererseits das Potenzial dieser Flächen für eine Nutzung als Acker oder Weidefläche (das «Flächenpotenzial») eine Rolle.

In einem ersten Schritt wird das Einzugsgebiet der Siedlung modelliert. Dies sind die Flächen, die mit einem täglichen Hin- und Rückweg von der Talsiedlung (Mottata, Tschern) von einem Menschen erreicht werden können und somit als mögliches «Arbeitsfeld» für Ackerbau und Viehzucht in Frage kommen. Dies geschieht mithilfe des Algorithmus von Minetti,<sup>15</sup> der die zeitliche Erreichbarkeit als Funktion der Geländemorphologie (v.a. Steilheit), der Gehgeschwindigkeit und dem Kalorienbedarf eines durchschnittlichen menschlichen Individuums errechnet. Es wird angenommen, dass ein Arbeiter pro Tag 3000 kcal benötigt, wovon ca. 2500 kcal für die Arbeit auf dem Feld bzw. der Viehweide verbraucht werden. Die restlichen 500 kcal stehen für Bewältigung der Wegstrecke zum Arbeitsort und zurück zur Verfügung. Es werden zwei verschiedene Ausnutzungsgrade des Siedlungsumfeldes (= Einzugsgebiete) berechnet: Bei einer 100%igen Ausnutzung des Umfeldes werden die verbleibenden 500 kcal für die Wegstrecke eingesetzt, so dass dem Arbeiter keine «Energiereserve» mehr verbleibt. Aufgrund ethnologischer Daten ist bekannt, dass selten 100% des potenziell

nutzbaren Raums bewirtschaftet wurde. Daher wird zusätzlich ein Einzugsgebiet mit einer ca. 60%igen Nutzung des Siedlungsumfeldes errechnet, bei dem nur 400 kcal für die Überwindung der Wegstrecke aufgewendet werden.<sup>16</sup>

In einem zweiten Schritt wird das Flächenpotenzial des Einzugsgebiets im Hinblick auf die Nutzung als Acker- und Weideland anhand verschiedener Parameter (Höhe ü. M., Hangneigung, Bodenfeuchte und Bodentyp) ermittelt. Dabei werden verschiedene Ausschlusskriterien für die Nutzung definiert, wie z.B. eine maximal mögliche Höhe für ackerbauliche Nutzung von 1700 m ü. M. oder eine maximal mögliche Hangneigung von 60% für Viehhaltung. Für beide Nutzungsarten (Acker- oder Weideland) werden die gleichen Standortfaktoren für die Eignungsbeurteilung angewendet, jedoch mit unterschiedlich starker Gewichtung einzelner Faktoren sowie unterschiedlicher Ausschlusskriterien.<sup>17</sup>

### 7.3.2 Numerischer Teil der Modellierung

Die in Schritt 1 und 2 ermittelten Einzugsgebiete mit ihren Flächenpotenzialen bilden den räumlichen Rahmen der Modellierung. Reitmaier/Kruse entwickeln dazu ein numerisches Modell in Form einer Tabellenkalkulation, in dem die Zusammenhänge zwischen Ackerbauform (anteilige Nutzung der Fläche als Acker- oder Weideland), der für die Bewirtschaftung bzw. Viehversorgung notwendigen Arbeitskraft, der Demografie (Anteil der Personen, die landwirtschaftliche Arbeit verrichten könnten), der Viehhaltungsform (Anzahl Tiere pro Person und Anzahl «Auslagerungstage» des Viehs während des Sommers), der Herdenzusammensetzung (Anteil Rinder und Schafe/Ziegen), dem Futterbedarf und der Weidebeschaffenheit in Form von Gleichungssystemen dargestellt sind. Die für die Formulierung der verschiedenen numerischen Beziehungen benötigten Parameter werden aus der archäologischen und ethnologischen Fachliteratur entnommen oder stützen sich auf eigene Evaluationen historischer und moderner Daten. Hauptgrundlagen bilden einerseits das von Gross, Jacomet und Schibler entwickelte Subsistenzszenario für neolithische Seeufersiedlungen<sup>18</sup> und andererseits die Publikationen von Ebersbach zur prähistorischen Viehwirtschaft, die Daten aus 30 ethnoarchäologischen und historischen Bauernsiedlungen untersuchte.<sup>19</sup>

Die Beziehungen zwischen dem Flächenpotenzial des Einzugsgebiets und dem Flächenbedarf für die Erhaltung der Subsistenz ist in dem von Kruse entworfenen Schema für die Modellierung ersichtlich **Abb. 1**. Die zur Verfügung stehende potenzielle Nutzfläche bleibt immer gleich gross, aber die Anteile von Acker- und Weideland an dieser Fläche können je nach Subsistenzstrategie variieren. So bedingt z.B. eine Vergrösserung der Weidefläche zur Erhöhung der Nutztieranzahl, dass ein höherer personeller Aufwand für die Betreuung der Tiere erbracht werden muss. Dies wiederum führt dazu, dass weniger Personal für die Bestellung der Ackerflächen zur Verfügung steht und somit weniger Ertrag aus diesen Ackerflächen erwirtschaftet werden kann. Umgekehrt ist bei einer grossen Ackerfläche mehr Arbeitskraft durch die Bewirtschaftung dieser Fläche gebunden und kann nicht für die Betreuung des Weidelands/Viehbestands zur Verfügung stehen.

Mit «Betriebsgrösse» ist der Flächenbedarf der Siedlung gemeint, der für die Erhaltung der Subsistenz innerhalb eines Jahres nötig ist. Der Flächenbedarf der Siedlung kann das Flächenpotenzial nicht übersteigen – denn damit würde die maximale Tragfähigkeit (Carrying Capacity) des Siedlungsumfeldes überschritten werden.

Der Kern des numerischen Modells ist die Implementierung von drei verschiedenen Strategien in Bezug auf die Viehhaltung (verschieden lange Auslagerung der Viehbestände durch die Nutzung verschiedener Höhenstufen in den Sommermonaten) und von drei verschiedenen Spezialisierungsgraden hinsichtlich der Vieh-/Milchwirtschaft (ausgedrückt in Anteilen Rinder pro Person).

Das erste Modell (Szenario 1) ist als «Kontrollmodell» zu verstehen – es sieht keine vertikale Verschiebung der Herden in den Sommermonaten vor und nutzt ausschliesslich die Flächen im Tal für die Viehhaltung. Die zweite Strategie (Szenario 2) sieht die zusätzliche Nutzung einer weiteren Höhenstufe (Alm/Alp) für die Auslagerung des Viehbestands im Sommer für 90 Tage vor, nutzt aber sonst die Talflächen für die Beweidung. Dieses Modell ist archäologisch anhand der Funde in der Val Fenga/Fimbartal (siehe oben) plausibilisiert worden. Für die dritte Subsistenzstrategie (Szenario 3) gibt es historische und rezente Belege – sie sieht die Nutzung von zwei Höhenstufen, dem sogenannten Maiensäss auf mittlerer Stufe und der Alp auf höherer Stufe, für eine Gesamtdauer von 135 Tagen vor.

Zusätzlich zu den verschiedenen Strategien der Rinderhaltung können im numerischen Modell drei verschiedene Grade an Spezialisierung hinsichtlich der Vieh- bzw. Milchwirtschaft vorgegeben werden. Der Grad der Spezialisierung wird über den Anteil an Rindern pro Person definiert, in Anlehnung an die in der Arbeit von Ebersbach<sup>20</sup> enthaltenen Werte. In einer autarken Gesellschaft, deren Produktionsaktivitäten lediglich auf den Eigenverbrauch ausgerichtet sind und die demzufolge den höchsten Anteil an Ackerbau betreiben muss, um genügend Nahrung zu erhalten, ist das Verhältnis von Rindern pro Person mit 0,48 Rinder/Person am kleinsten. Eine offene Gesellschaft, die einen gelegentlichen Viehhandel mit benachbarten Siedlungen betreibt, kann mehr Tiere pro Person halten (0,71 Rinder/Person). Als «Maximalsystem» bezeichnet Ebersbach ein System mit hohem Spezialisierungsgrad hinsichtlich Viehhaltung durch die Konzentration auf Milchwirtschaft, das in Umgebungen mit kurzer Vegetationsperiode, guter (aber limitierter) Ackerfläche und (fast)

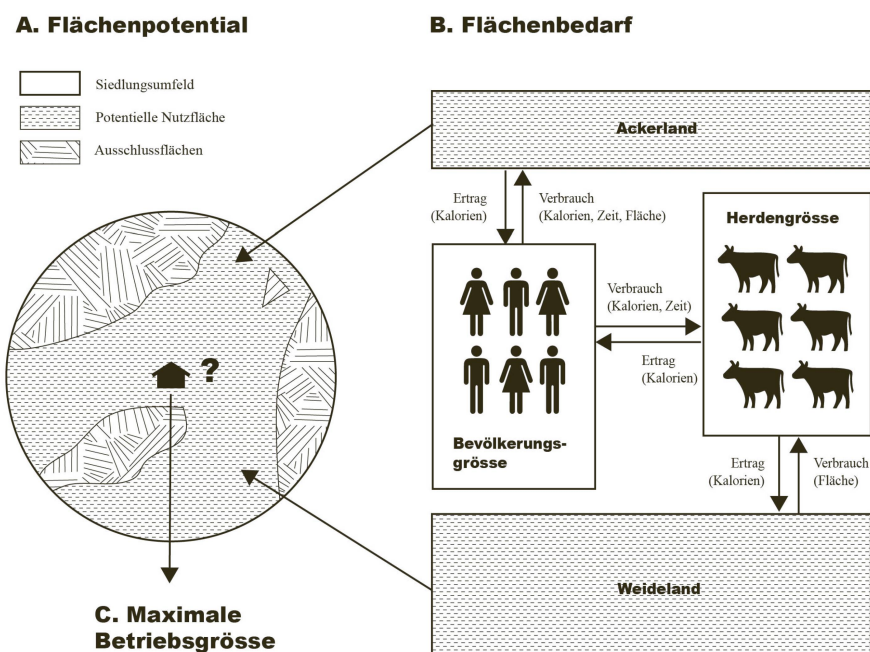


Abb. 1: Zusammenspiel von Flächenpotential des Siedlungsumfelds, Flächenbedarf zur Sicherung der Subsistenz und daraus errechneter maximaler Betriebsgrösse.

unbegrenztem Weideland vorkommt. Durch das Betreiben der Milchwirtschaft und die damit einhergehende Haltbarmachung der Milchprodukte ist ein Verhältnis von bis 1 Rind/Person möglich.

#### 7.4 Berechnung des numerischen Teils der Modellierung

Die numerische Modellierung ermittelt über eine Kaskade von numerischen Gleichungen die Carrying Capacity, also die maximale Bevölkerungs- und Tierzahl, die für das mithilfe der GIS-Modellierung ermittelte Einzugsgebiet mit seinem Flächenpotenzial möglich ist **Abb. 2**.

Die Input-Werte für folgende Parameter können variiert werden:

1. Ausnutzungsgrad des Siedlungsumfelds: Einzugsgebiet  
(mit Aufteilung in Ackerland/Weidefläche/Brachland)
  - a. Ausnutzungsgrad 100%
  - b. Ausnutzungsgrad 60%
  
2. Viehhaltungsform (Punkt D)
  - a. Subsistenzstrategie (Auslagerung Viehbestände auf Maiensäss/Alp):  
0 Tage – 90 Tage – 135 Tage
  
  - b. Grad der Spezialisierung:  
autarke Gesellschaft: 0,48 Rinder/Person  
offene Gesellschaft: 0,71 Rinder/Person  
Spezialisierung auf Milchwirtschaft: 1 Rind/Person

Alle anderen Parameter (Punkte A. bis C. und E. bis G. in **Abb. 2**) werden auf einen fixen Wert gesetzt (Reduktion der Komplexität).<sup>21</sup>

Gestartet wird die Berechnung mit der Eingabe der maximalen Ackerfläche, die mithilfe der GIS-Modellierung erhalten wurde. Mithilfe der Ackerflächen werden die Berechnungen zur Ackerbauform ausgeführt (A), diese bilden die Grundlage für die Berechnung der Arbeitskraft (B). Die Werte aus der Berechnung der Arbeitskraft gehen ihrerseits in die Berechnung der Demografie, aus denen ein erster Wert für die Bevölkerungszahl resultiert (C).

Die aus C erhaltene Bevölkerungsanzahl wird mit den verschiedenen Werten für die Subsistenzstrategien und Spezialisierungsgrade verrechnet, um die entsprechende Viehzahl (Herdenzusammensetzung E) zu ermitteln. Mit diesen Viehzahlen wird wiederum der Futterbedarf (F) und die benötigte Weidefläche (G) errechnet.

In einem letzten Schritt wird die erhaltene Weidefläche zur Ackerfläche (Inputwert) addiert. Ist die erhaltene Gesamtfläche grösser als das Flächenpotenzial (Grösse des Einzugsgebietes), wird der Inputwert für die Ackerfläche um 50 m<sup>2</sup> verringert und die Rechenkaskade wird mit diesem Wert neu gestartet. Dies wird so lange wiederholt, bis die Gesamtsumme von Acker- und Weideflächen aus der Berechnung kleiner ist als das Flächenpotenzial. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, geben die Individuenzahl der Bevölkerung und die Anzahl Tiere die maximale Tragfähigkeit des Einzugsgebiets wieder.

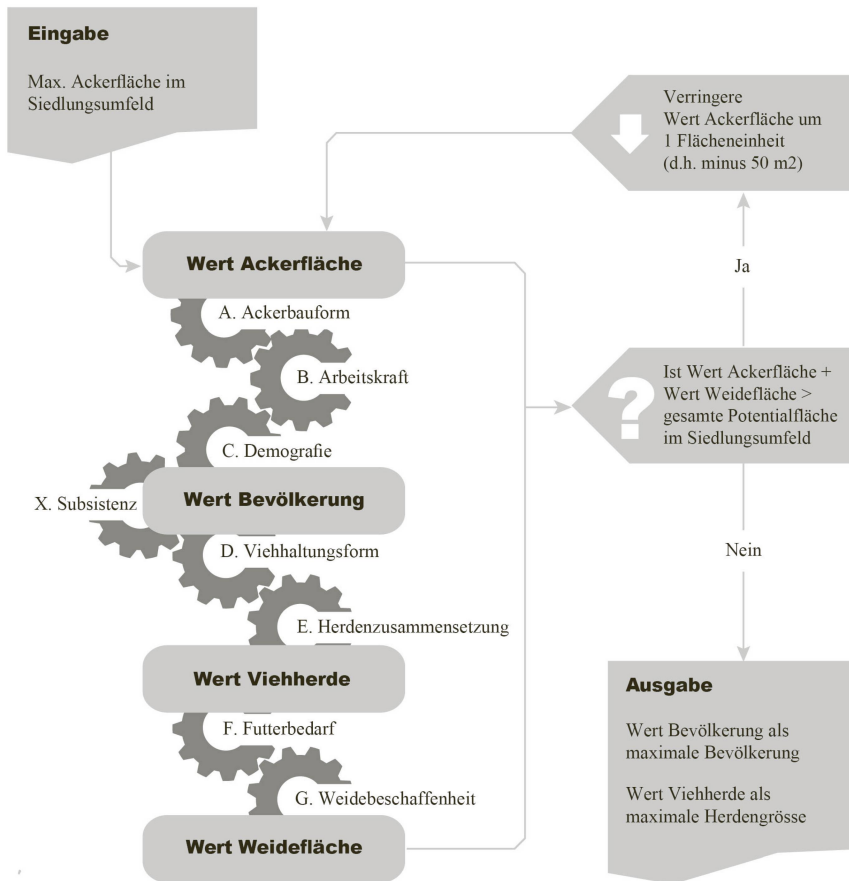


Abb. 2: Ablaufschema des numerischen Teils der Modellierung.

## 7.5 Ergebnisse der Modellierung

Insgesamt wurden mithilfe des numerischen Modells 36 Szenarien berechnet:

Zwei Siedlungen  
Mottata und Tschern

Zwei verschiedene Ausnutzungsgrade des Einzugsgebietes  
100% und 60%

Drei Subsistenzstrategien  
nur Viehhaltung im Tal, zwei Auslagerungsstrategien (Maiensäss/Alp)

Drei Spezialisierungsgrade  
autarke, offene und spezialisierte Siedlung

Für jedes Szenario ergab sich eine maximale Bevölkerungszahl (Carrying Capacity) und eine zugeordnete Anzahl an Rindern und Schafen/Ziegen. Die Ergebnisse der Modellierung sind in den **Abb. 3–5** dargestellt.

Die von Reitmaier/Kruse ermittelten Zahlen zur Carrying Capacity der alpinen Landschaft im Raum Ramosch zeigen eine erstaunlich hohe Tragfähigkeit der Landschaft für alle getesteten Bewirtschaftungsformen.<sup>22</sup>

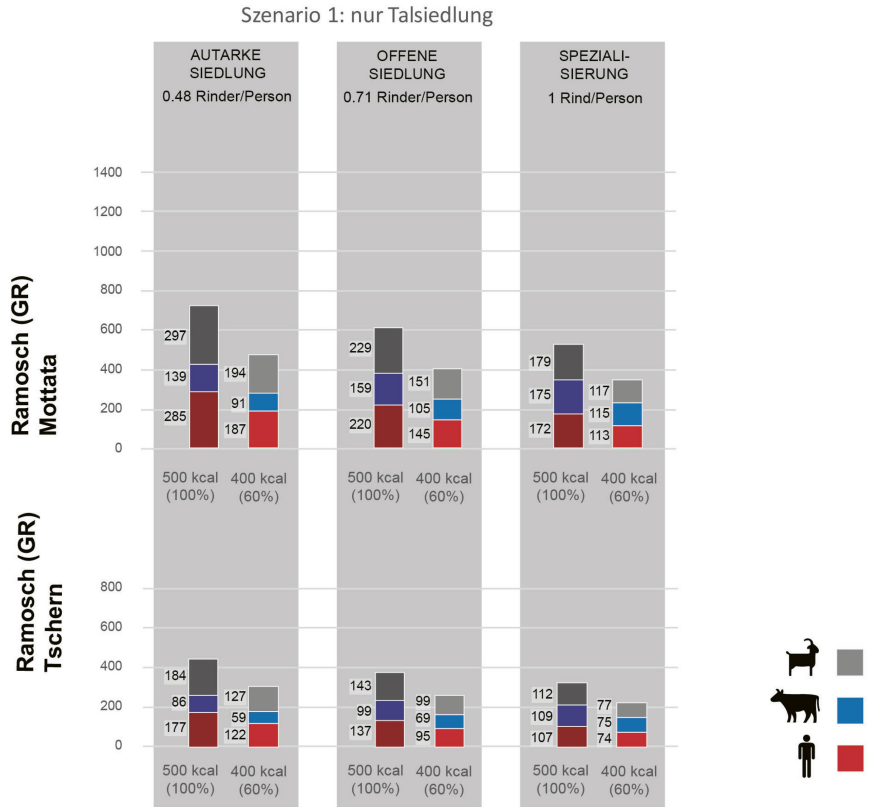


Abb. 3: Ergebnisse der Modellierung zur Mottata in Ramosch für das einstufige System.

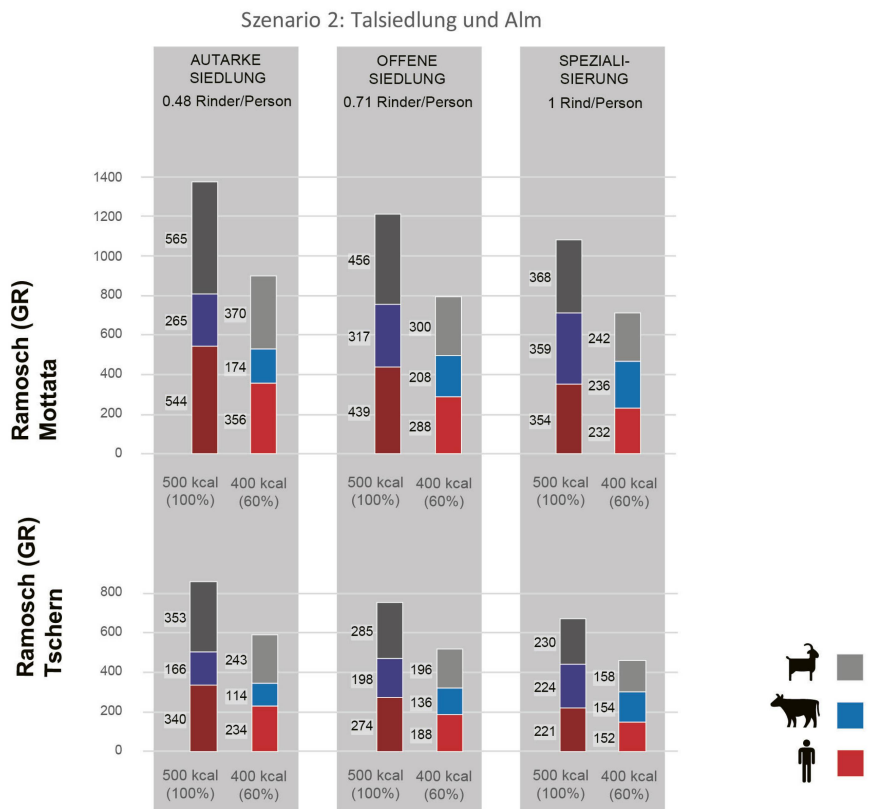


Abb. 4: Ergebnisse der Modellierung zur Mottata in Ramosch für das zweistufige System.

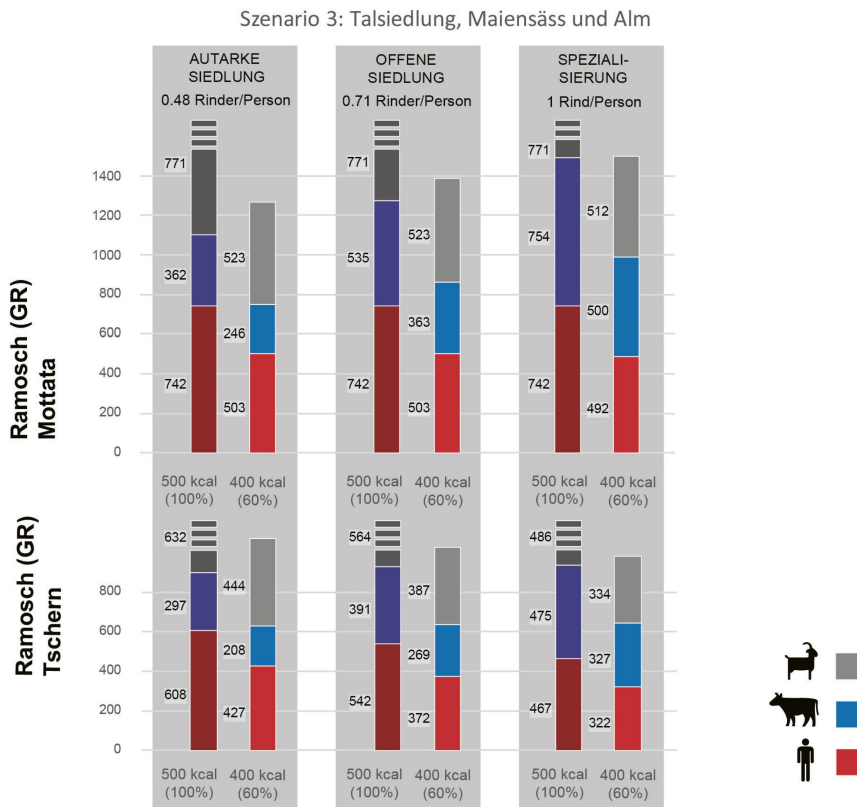


Abb. 5: Ergebnisse der Modellierung zur Mottata in Ramosch für das dreistufige System.

Bereits für das Szenario 1, welches ohne die Auslagerung der Viehherden auf die Alp in den Sommermonaten arbeitet, werden je nach Spezialisierungsgrad und Ausnutzungsgrad Bevölkerungszahlen von 113 – 285 Individuen für Ramosch Mottata und 74 – 177 für Ramosch Tschern erreicht.

Die Veränderung der Subsistenzstrategie mit der Auslagerung des Viehs in den Sommermonaten führt für die Siedlung, gleich welchen Spezialisierungsgrads, zu einer deutlichen Steigerung der Carrying Capacity. So kann durch die Umstellung auf eine zweistufige Viehhaltung die Bevölkerungs- und Viehzahl um bis zu 50 %, durch die Umstellung von einer zwei- auf eine dreistufige Viehwirtschaft nochmals eine Vergrößerung der Bevölkerungszahl und Viehbestände um 20 – 30 % erreicht werden.

Die Zunahme der Spezialisierung führt in allen drei Subsistenzszenarien zu einer Abnahme der maximal möglichen Bevölkerungszahl. Dieses Ergebnis erstaunt nicht, denn die Fokussierung auf die Milchwirtschaft bindet mehr Personen für die Betreuung der Tiere und Herstellung der Milchprodukte, die daher nicht für die Bewirtschaftung der Felder und für die Produktion von entsprechenden Nahrungsmitteln zur Verfügung stehen.

### 7.6 Vergleich der modellierten Daten mit archäologischen und historischen Daten

Reitmaier/Kruse<sup>23</sup> vergleichen die Ergebnisse der Modellierung mit historischen und archäologischen Daten, wobei das Subsistenz-Szenario 1 – die autark wirtschaftende Gesellschaft – welches archäologisch und historisch für das Engadin nicht vermutet wird, nicht weiter diskutiert wird.

Besser belegt durch archäologische Befunde in der Siedlung Mottata in Ramosch und vergleichbar datierende Hüttengrundrisse in der Val Fenga ist das Subsistenz-Szenario 2 – die Auslagerung des Viehs auf die Alp im Sommer. Die Ergebnisse der Modellierung werden mit Schätzungen zu Bevölkerungszahlen bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum verglichen **Abb.6**.

Wie zu erwarten, sind die auf archäologischer Grundlage geschätzten Bevölkerungszahlen wesentlich geringer (Minimalschätzung, siehe **Kap. 7.1**) als die mit dem Subsistenz-Szenario 2 in der Modellierung der Carrying Capacity ermittelten Werte (Maximalschätzung). Reitmaier/Kruse relativieren die hohen Bevölkerungszahlen von bis zu 544 Einwohnern für Ramosch und 340 Einwohnern für Tschern mit Verweis auf die von Nikulka vorgestellten Konzepte der maximalen, kritischen und optimalen Tragkraft nach Hassan<sup>24</sup>. Während sich bei der maximalen und kritischen Tragkraft die Bevölkerungszahl im Bereich theoretischen Maximalwerts bewegt, liegt die optimale Carrying Capacity unterhalb des Maximums – nämlich bei einer «... Bevölkerungsgrösse ..., die ... längerfristig, d.h. über mindestens zwei Generationen hinweg, auch in ernährungswirtschaftlichen Krisenphasen gehalten werden kann».<sup>25</sup> Die tatsächliche Bevölkerungsgrösse liegt im Bereich von 40–60% der maximalen Carrying Capacity.<sup>26</sup> Die errechneten verschiedenen Ausnutzungsgrade des Siedlungsumfeldes von 100% bzw. 60% können so als «maximale Carrying Capacity» und «optimale Carrying Capacity» interpretiert werden.<sup>27</sup>

**Abb. 6:** Schätzungen zur Bevölkerungsgrösse bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum.

- \* Annahme Haushaltgrösse 4–5 Personen
- \*\* Korrigierte Schätzung von PRIMAS 1999
- \*\*\* mit Berücksichtigung von Forschungslücken

Ort	Bevölkerungsschätzung	Quelle
Scuol, Kirchhügel	40–50, max. 184–230 *	STAUFFER-ISENRING 1983, 92
Savognin, Padnal	32–60, ø 40–45 Frühbronzezeit 40–90, ø 60–70 Mittelbronzezeit 48–120, ø 80–90 Spätbronzezeit Region: 200–400	RAGETH 1997; RAGETH 1990, 97
Cazis, Cresta	40–80	SEIFERT 2008, 25
Susch, Padnal	50	PRIMAS 1999, 6
Ardez, Suotchastè	25	
Scuol, Crastuoglia	50	
Ramosch, Mottata	50	
Ganzes Unterengadin	275 bzw. 550 **	
Ganglegg, Schluderns	168–255 bzw. 336–765 ***	

**Abb. 7:** Einwohnerzahl verschiedener Gemeinden im Unterengadin im 19./20. Jahrhundert.

Gemeinde	um 1800	1835	1850	1900	1950	2000
Zernez	350					
Susch	370					
Lavin	305					
Guarda	250					
Ardez	460					
Ftan	500					
Ramosch		681	621	558	565	440
Tschlin		666				
Scuol		898				

Das Subsistenz-Szenario 3 – die zweistufige Auslagerung des Viehs auf die Mäiensee und die Alp – ist historisch seit dem Hochmittelalter nachgewiesen und wird bis heute im Engadin betrieben. Hier wurden die modellierten Werte für die Carrying Capacity mit historischen Daten verglichen, die in den Arbeiten von Reitmaier und Rösch dokumentiert sind.<sup>28</sup> Im 17.–19. Jahrhundert nimmt die Bevölkerungszahl im Unterengadin durch Ein- und Auswanderung, durch Epidemien, Krieg oder andere Katastrophen ab.<sup>29</sup> Für die Zeit um 1800 sind in den Siedlungen des Unterengadins Einwohnerzahlen von 250 bis 600 Personen ausgewiesen, vergleichbar mit den Zahlen, die für die prähistorischen Siedlungen Mottata und Tschern ermittelt wurden **Abb. 7.**

Zur Zahl der Alpkühe sind ebenfalls Zahlen greifbar: So nimmt ihre Zahl für Tschlin zwischen 1737 und 1800 von 601 auf 345 ab, für Susch liegt die Zahl zwischen 396 für die Jahre 1676/1710 und 186 um 1800.<sup>30</sup> Die mit der Carrying-Capacity-Modellierung erhaltene Bevölkerungszahl für das Szenario 3 liegt (bei einem Ausnutzungsgrad von 60% des Siedlungsumfelds und einer Spezialisierung auf Milchwirtschaft) bei 492 für die Mottata bzw. 332 für Tschern mit einem Viehbestand von 512 bzw. 334 Rindern.

Die sich aus der Modellierung ergebenden Bevölkerungszahlen und der Vergleich mit den archäologisch und historisch belegten Zahlen legen nahe, dass Flächendruck nicht ursächlich für die Ausbildung der Alpwirtschaft war. Auch wenn die modellierten Zahlen für die Carrying Capacity eher als Maximalwerte gesehen werden müssen, so zeigen sie doch, dass das Umfeld der alpinen Täler mit den Hochweiden eine erstaunlich hohe Tragfähigkeit aufweist. Reitmaier/Kruse nehmen an, dass die vorhandene Tragfähigkeit bewusst dazu genutzt wurde, um ein Maximalsystem (Spezialisierung auf Milchwirtschaft) aufzubauen.<sup>31</sup> Dass in verschiedenen Regionen der Alpen fast zeitgleich Belege für die Herausbildung der Alpwirtschaft am Übergang vom 2. zum 1. Jahrtausend v. Chr. auftauchen, zeige einen *«tiefgreifenden, überregionalen Wandel in der alpinen Vieh- und Weidewirtschaft und eine gezielte ökonomische Intensivierung»* an.<sup>32</sup>

Die zunehmende «Kolonialisierung» des Alpenraums im Verlauf der Bronzezeit und die Anbindung der Täler an das Verkehrs- und Handelsnetz führe dazu, dass Märkte für den Absatz von tierischen Produkten erschlossen werden. Gemäss Ebersbach besteht in einem (alpinen) Maximalsystem die Tendenz, die autarke Selbstversorgung mit landwirtschaftlicher Nahrungspflanzenproduktion zugunsten einer Spezialisierung auf Vieh-/Milchwirtschaft aufzugeben, sobald es durch eine verbesserte Erschliessung der Täler möglich ist, lokale und regionale Märkte (und damit Abnehmer) für die Produkte zu erreichen.<sup>33</sup> Ein Handel mit tierischen Produkten bedingt, dass diese haltbar gemacht werden können – was durch die Herstellung von Butter, Käse oder Schmalz möglich ist. Die Spezialisierung auf die Milchwirtschaft ist im naturräumlichen Umfeld der Alpentäler die optimalste Form der landwirtschaftlichen Flächenausnutzung, da das Halten von Rindern zur Milchproduktion 3–5 mal effizienter hinsichtlich der Eiweiss- und Fettgewinnung ist als eine reine Fleischnutzung, und auf diese Weise ein Überschuss produziert werden kann, der für den Weiterverkauf zu Verfügung steht.<sup>34</sup> Um eine Erhöhung der Kapazität für die Viehhaltung und Milchproduktion zu erreichen, müssen neue Weideflächen erschlossen werden (= Auslagerung der Viehherde auf die Alp), um nicht zu viel wertvolles Ackerland in unmittelbarer Umgebung der Siedlung aufgegeben zu müssen. Reitmaier/Kruse

verweisen zudem auf die sich im gesamteuropäischen Raum beobachtbare «Third Food Revolution»,<sup>35</sup> welche durch das Aufkommen neuer Getreidesorten, vermehrtem Anbau von Hülsenfrüchten, neuen Erntetechniken und durch eine Umstellung von der Haltung kleinerer Wiederkäuer zu einer eigentlichen Rinderwirtschaft mit speziellen, für die Milchproduktion und wegen ihrer Robustheit für die Hochweide gut geeigneten Tierrassen, gekennzeichnet ist.

Als weiteren möglichen Impuls für die Entwicklung der Alpwirtschaft sind auch externe Auslöser denkbar. In diesem Zusammenhang diskutieren Reitmaier/Kruse, ob die Migration neuer Bevölkerungsgruppen aus dem Süden – durch das Auftauchen der Laugen-Melaun Keramik im spätbronzezeitlichen Unterengadin markiert – auch neue Impulse bezüglich der Subsistenzstrategien gebracht haben könnte.<sup>36</sup>

### 7.7 Diskussion der Modellierung von Reitmaier/Kruse

Im Folgenden sollen verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit der Modellierung der Carrying Capacity für das Umfeld von Ramosch diskutiert werden: Solche, die mit dem generellen Konzept der Carrying Capacity zusammenhängen, solche, die mit der methodischen Umsetzung bzw. dem Typus der Modellierung zusammenhängen und solche, die sich auf die Datengrundlagen der Input-Parameter beziehen.

#### 7.7.1 Das Konzept der Carrying Capacity

Bereits in der Einleitung wurde auf die Problematik der Rekonstruktion von Bevölkerungszahlen mithilfe von archäologischen Befunden eingegangen, die zu einer «Minimalschätzung» der Individuenzahl führt. Dem gegenüber wurde die Modellierung der Carrying Capacity gestellt, aus der eine Maximalschätzung der Individuenzahl resultiert und die auch in der Studie von Reitmaier/Kruse<sup>37</sup> bestimmt wurde.

Odum war der erste, der den Begriff der Carrying Capacity für die Zunahme der Individuenzahl einer Population bis zu einem bestimmten Grenz- oder Sättigungswert einführte: *«The upper level beyond which no major increase can occur (assuming no major changes in environment) represents the upper asymptote of the S-shaped curve and has been aptly called the «carrying capacity» or the saturation level»*.<sup>38</sup> Seine Aussagen zur Carrying Capacity bezogen sich dabei auf die Untersuchung der Vermehrung von Insekten unter Laborbedingungen und ausdrücklich nicht auf Beobachtungen und Zählungen in einem natürlichen Lebensraum.<sup>39</sup> Er wies in seiner Publikation ebenfalls darauf hin, dass die Vorhersage der Carrying Capacity für Populationen von Organismen (und Menschen) nur dann gemacht werden könne, wenn sicher ist, dass die Umwelt, in der die Organismen leben, während des betrachteten Zeitraums keine grösseren Änderungen erfährt.<sup>40</sup> Genau hier liegt das Problem bei der Anwendung der Carrying Capacity für Bevölkerungsschätzungen: Der Mensch greift mit seinen Tätigkeiten dauernd in seine Umwelt ein und verändert diese. Zusätzlich verändert sich die Umwelt auch ohne das Zutun des Menschen, denn der Verlauf der Jahreszeiten ist nicht in jedem Jahr gleich und variiert auch im Verlauf von mehreren Jahrzehnten beträchtlich. Die Carrying Capacity bildet somit ein idealisiertes Szenario ab, quasi eine Punktaufnahme eines Zustands mit definierten Umweltbedingungen, für die ein Maximalwert der Individuenzahl errechnet wird. Zumindest den Veränderungen der Umweltbedingungen könnte Rechnung getragen werden, indem die Parameter im «GIS-Teil» entsprechend angepasst werden. Durch das Setzen anderer Höhengrenzen bei der Ermittlung des Einzugsgebietes (höhere oder tiefere Vegetationsgrenze) würde sich die Grösse des Einzugsgebiets und damit

die nutzbare Fläche für die Land- und Weidewirtschaft verändern. Im numerischen Teil könnten z.B. klimatisch ungünstigere Verhältnisse simuliert werden, indem die Vegetationsperiode verkürzt und die Anzahl der Auslagerungstage auf das Maiensäss oder die Alp reduziert wird.

Ebenfalls aus der Ökologie stammt das Konzept der «Adaptive Cycles», dem ein dynamisches komplexes System zugrunde liegt.<sup>41</sup> Dieses System strebt nicht nach einem Maximalwert (= Carrying Capacity) und verharrt bei dessen Erreichung auf diesem, sondern es entwickelt sich zyklisch, wobei ein Zyklus Wachstums-, Rückgangs- und Reorganisationsphasen beinhaltet. Im Verlauf einer Wachstumsphase wird die Erschliessung und Ausbeutung von (naturräumlichen) Ressourcen immer ausgefeilter und effizienter und es kann «Kapital» (Vorräte, Geld, steigende Individuenzahl) angesammelt werden. Gleichzeitig führt die zunehmende Vernetzung einzelner Prozesse zu einer Komplexitätssteigerung. In einem derartigen System kann die kleinste Störung das gesamte System zusammenbrechen lassen.<sup>42</sup> Infolge des Systemzusammenbruchs muss das Kapital (= Vorräte, Geld, Bevölkerungsrückgang durch höhere Sterblichkeit) freigesetzt werden, um die Folgen abzdämpfen. Der Zusammenbruch führt zu einer Störung bzw. Auflösung der Vernetzung von Prozessen. In diesem Vorgang liegt das Potenzial für die Reorganisation, die mit Innovationen und Erschliessung neuer Ressourcen einhergehen kann. Die Reorganisation mündet schliesslich wieder in die Phase des Wachstums und der Zyklus setzt von neuem ein.

Übertragen auf das prähistorische Beispiel von Ramosch und den alpinen Raum ist eine zyklische Entwicklung durchaus denkbar: die Innovation und der Beginn der Wachstumsphase könnte die «Erfindung» der Alpwirtschaft sein, die zunächst ein Bevölkerungswachstum zur Folge hatte (= Ansammlung von «Kapital»). Die Störung des Systems könnte eine Klimaverschlechterung (z.B. die mittelbronzezeitliche Lössen-Kaltphase oder die Göschenen-I-Kaltphase am Übergang zur frühen Eisenzeit) oder das Auftreten einer Seuche (prähistorisch schwierig nachweisbar, historisch z.B. eine Pestepidemie) sein, die zu einem Bevölkerungsrückgang (= Abriss der Siedlungsbelege) führt.

Die von Reitmaier/Kruse<sup>43</sup> modellierten Carrying Capacities für die verschiedenen Spezialisierungsgrade und «Auslagerungstechniken» für das Vieh könnten in diesem Kontext als «Momentaufnahmen» verschiedener Zustände des adaptiven Zyklus verstanden werden. Die zunehmende Verfeinerung und Effizienzsteigerung der Wirtschaftsweise verläuft von der einstufigen (archäologisch zwar nicht fassbaren, aber durchaus denkbaren) reinen Talbewirtschaftung am Beginn der Entwicklung bis hin zur dreistufigen Alpwirtschaft mit Fokus auf Viehhaltung und Milchwirtschaft, und mit Anlage von Vorräten durch die Haltbarmachung der Milch.

### 7.7.2 Arten der Modellierung und Einbezug von menschlicher Individualität und sozialer Regulation

Für die Modellierung von Bevölkerungszahlen und -verteilungen kommen in den Geistes- und Sozialwissenschaften verschiedene Simulationstechniken zum Einsatz. Am populärsten sind das «Equation-based modelling» (EBM) und das «Agent-based modelling» (ABM).

Beim EBM werden Zusammenhänge in einem System mithilfe von numerischen Gleichungen beschrieben, in das die Faktoren, die den Zustand des Systems beeinflussen

und deren Verhältnis zueinander, eingehen. Auf diese Weise entsteht ein miteinander verwobenes Gleichungssystem, in dem durch die Veränderung einzelner Variablen der Einfluss derselben auf das Gesamtsystem getestet werden kann. Die Individuenzahl einer Population wird in Abhängigkeit von verschiedenen Variablen, wie z.B. der Anzahl Tiere oder der zum Anbau von Nahrung zur Verfügung stehenden Fläche, modelliert. Das EBM wird auch als «top-down» Methode (von oben nach unten) bezeichnet, da die Bevölkerung als eine homogene Gruppe betrachtet wird, in der die einzelnen Personen kein individuelles Handeln zeigen – es wird von einem «Durchschnittsmenschen» mit «durchschnittlichem Handeln» ausgegangen.<sup>44</sup>

Die Stärke des EBM liegt in der mathematischen Beschreibung der einzelnen Input-Faktoren und ihrem Verhältnis zueinander, die eine relative einfache Variation von Input-Werten möglich macht. Auf diese Weise können komplexe Systeme auf wenige als relevant erkannte Faktoren heruntergebrochen und beschrieben werden. Gleichzeitig liegt in dieser Generalisierung aber der grösste Nachteil des Ansatzes: Die Variabilität innerhalb einer Population kann nicht erfasst werden. So hat z.B. nicht jedes Individuum den gleichen Energiebedarf und kann daher auch nicht die gleiche Arbeitskraft einbringen – sei dies aufgrund von physischer Konstitution oder aufgrund eines singulären Ereignisses wie Krankheit oder Unfall. Individuelles Handeln oder sozio-kulturell motivierte Regulationsmechanismen, die das einzelne Individuum von bestimmten Handlungen ausschliessen, können ebenfalls nicht berücksichtigt werden.<sup>45</sup>

Beim ABM spielt die direkte oder indirekte Interaktion verschiedener Individuen (= Agents) miteinander die Hauptrolle, wobei für die einzelnen Agents individuelle Handlungs- bzw. Verhaltensmöglichkeiten festgelegt werden. Veränderungen auf Populationsebene (Grösse der Population, Verhalten usw.) sind das Ergebnis der Interaktion von Individuen mit verschiedenen Handlungs- und Verhaltensweisen. Das ABM wird auch als «bottom-up» Methode (von unten nach oben) bezeichnet, da hier die Effekte auf Ebene der Population durch das individuelle Handeln der Akteure miteinander, also «von unten kommend», erhalten werden.<sup>46</sup>

Die Stärke des ABM liegt in darin, dass die Berücksichtigung individueller Verhaltensweisen bzw. Verhaltensregeln möglich ist, die Individuen in heterogener Art und Weise miteinander interagieren können und dass erst diese Interaktion zu Effekten auf Populationslevel führt. Die auf verschiedenen Verhaltensweisen basierenden Interaktionen werden oft stochastisch modelliert, d.h. durch die Erzeugung einer Zufallszahl, die die Anzahl der Individuen angibt, die ein bestimmtes Verhalten zeigen. Dadurch können unerwartete Effekte auf dem höchsten Level – der Population – entstehen, was als «Emergence» (Erscheinen, Auftauchen) bezeichnet wird.<sup>47</sup> Das Risiko bei der Anwendung eines ABM-Ansatzes besteht darin, dass mit der Einführung immer neuer «Regeln» und Variablen die Modellierung eine nicht mehr überschaubare Komplexität erhält.<sup>48</sup>

Welche Methode angewendet werden sollte, hängt gemäss Romanowska von der Fragestellung ab, die untersucht werden soll: Liegt der Fokus darauf herauszufinden, welche Effekte das individuelle Handeln auf die Entwicklung einer Gesamtheit hat, so ist das ABM die richtige Wahl; ist aber eher ein generalisierender Blick auf die Gesamtheit gefragt, dann ist das EBM zu bevorzugen.<sup>49</sup>

Folgende individuellen Verhaltensweisen und gesellschaftliche Vorgaben (soziale Regulation) könnten einen Einfluss auf Wirtschaftsweise bzw. Effizienz der Bewirtschaftung haben:

#### **Gesellschaftliche Verbote**

Sind bestimmte Teile der Bevölkerung dauerhaft oder temporär von der Feldarbeit ausgeschlossen? Denkbar ist z.B. ein Ausschluss von Frauen während der Menstruation oder ein Verbot von körperlicher Arbeit für Personen mit rituellen Aufgaben («Priester/Priesterinnen»).

#### **Gemeinschafts- und Privateigentum**

Gibt es privaten Landbesitz? Bewirtschaftet jede Familie/Gruppe ihr Land ausschliesslich selbst oder wird das Land gemeinschaftlich bestellt? Wer erhält wie viel vom Ertrag des Ackerlandes oder von der Fleisch- bzw. Milchproduktion? Zumindest in historischer Zeit gibt es Belege, dass es Regelungen hinsichtlich des Besitzstands und gemeinschaftlich zu leistender Arbeitseinsätze im Engadin gab. Reitmaier/Kruse stellen zur Frage der Bewirtschaftung Überlegungen zur Menge an produzierter Milch während einer Alpsaison an. In der 100-tägigen Alpzeit würden aus den ca. 12000 L Milch etwa 1t Hartkäse oder 400 kg Butter entstehen. Sie gehen aufgrund der grossen Milchmenge davon aus, dass die Alpen gemeinschaftlich bewirtschaftet wurden, was Absprachen und Regulierungen notwendig machen würde.<sup>50</sup>

#### **Räumliche Einschränkungen**

Gibt es für bestimmte Teile des Einzugsgebietes Einschränkungen hinsichtlich der Landnutzung? Möglich ist ein Nutzungsverbot für Ackerbau/Viehhaltung z.B. für einen Ritualort. Ein solcher Bereich könnte die «Fortezza» oberhalb von Ramosch sein, wo ein im Jahr 2000 freigelegter Brandhorizont und Funde von kalzinierten Knochen als Hinweis auf einen Brandopferplatz diskutiert wurden.<sup>51</sup>

#### **Verminderung oder Steigerung des «Personenkapitals»**

Gibt es für den untersuchten Zeitraum Hinweise auf eine Zu- oder Abwanderung von Individuen? Gibt es Hinweise auf Seuchen, die zu einer Dezimierung der Bevölkerung beigetragen haben könnten? Die Freistellung einzelner Personen für Säumerdienste könnte ebenso zu einer Verringerung der Anzahl arbeitsfähiger Personen einer Siedlung geführt haben, wie die historisch belegte Abnahme der Bevölkerungszahl im Unterengadin, welche seit dem Spätmittelalter einsetzte und im 18. Jahrhundert grössere Bedeutung erlangte.<sup>52</sup>

Grundsätzlich bleibt aber festzuhalten, dass in prähistorischen Fundkontexten ein sicherer Nachweis für die oben geschilderten Aspekte schwer zu erbringen ist.

### **7.7.3 Input-Daten und Annahmen**

Bei der Formulierung der Gleichungssysteme einer numerischen Modellierung müssen zwangsläufig gewisse Eingabewerte vorgegeben werden. In archäologischen Modellen werden dazu empirisch ermittelte Daten aus vergleichbaren Fundkontexten oder Daten aus der ethnologischen Forschung verwendet.

Bei Reitmaier/Kruse<sup>53</sup> wurden die Input-Daten, welche die Subsistenzmodelle beschreiben, hauptsächlich aus zwei Quellen entnommen bzw. aus den in diesen Arbeiten vorhandenen Daten ermittelt: Einerseits aus der Arbeit von Gross, Jacomet und Schibler<sup>54</sup> und andererseits aus den Arbeiten von Ebersbach.<sup>55</sup> Während erstere ein Subsistenzmodell für neolithische Seeufersiedlungen im Kanton Zürich entwickelten, wurden in den Arbeiten von Ebersbach Daten zu 30 ethnoarchäologischen bzw. historischen bäuerlichen Siedlungen empirisch ausgewertet. Aus diesen beiden Arbeiten wurden Daten zum prähistorischem Kalorienbedarf, zur Arbeitsbelastung, zur

Siedlungszusammensetzung und zu den verschiedenen Subsistenzmodellen (ausgedrückt in Rinder pro Person) entnommen. Ergänzt wurden diese archäologischen und ethnologischen Daten mit Werten aus der aktuellen landwirtschaftlichen Fachliteratur (u.a. Referenzwerte zu Erträgen von Weideflächen, Futterbedarf der Tiere, mögliche Hangneigungen für die Viehhaltung) und archäobotanischen Daten (Definition der Kriterien für den Anbau von Nutzpflanzen in verschiedenen Höhenstufen).

Bei der Verwendung von Daten, die aus anderen archäologischen, ethnologischen oder historischen Kontexten stammen, besteht die Problematik, dass sie einerseits aus einem völlig anderen naturräumlichen Umfeld (Höhe ü.M., Morphologie, Vegetation, Klima) und andererseits aus einem anderen soziokulturellen Umfeld stammen (Neolithikum/Mittelalter versus Bronzezeit, Europa versus Südamerika). Dass diese Daten herangezogen werden ist durchaus verständlich, denn die Belegsituation für historische Bauernsiedlungen oder neolithische Seeufersiedlungen ist deutlich besser als für prähistorische alpine Siedlungen.

Die Kritik an der Gültigkeit der verwendeten Input-Daten ist nicht einfach auflösbar. Wird die Datenauswahl sehr restriktiv gehandhabt, ist die Anzahl der verwendbaren Input-Werte so gering, dass nur ein sehr grobes Modell mit vielen Annahmen erstellt werden kann. Um zu genügend Input-Daten zu kommen, muss zwangsläufig auf Daten aus anderen Zeitstellungen und Regionen zurückgegriffen werden, von denen sich nicht mit letzter Sicherheit sagen lässt, dass diese auch für den untersuchten Kontext gelten können.

#### 7.7.4 Einbezug der Waldnutzung ins Subsistenzmodell

Die Waldweide, d.h. die Beweidung des Waldes durch Haustiere (z.B. Rinder, Ziegen) hatte in historischen und prähistorischen Kontexten eine grosse Bedeutung, da die Tiere auf diese Weise Futter zu sich nehmen, das nicht explizit vom Menschen für sie produziert werden musste («Einsparen» von Flächen für Futterproduktion). Zusätzlich führte der Tierverbiss dazu, dass der Wald sich nicht weiter in die vom Menschen durch Rodung gewonnenen Acker- und Wiesenflächen ausbreitete.<sup>56</sup> In der Modellierung des Flächenpotenzials von Ramosch haben Reitmaier/Kruse darauf verzichtet, eine explizite Waldnutzung in die Modellierung mit einzubeziehen, da diese Form der Flächennutzung archäologisch schwierig nachweis- und quantifizierbar ist.<sup>57</sup>

Die Schwierigkeit der Quantifizierbarkeit von Waldflächen zeigte sich auch bei der GIS-Modellierung zur Untersuchung der möglichen Bevölkerungszahl der bronzezeitlichen Siedlung «In Grop» von Airolo-Madrano in der Leventina TI. Sauerbier/Della Casa/Fasler nutzten zur Ermittlung der potenziellen Flächennutzung im Umkreis der prähistorischen Siedlung eine sogenannte Faktorenanalyse.<sup>58</sup> Dabei wurde zunächst die rezente Landnutzung von einem Luft-/Satellitenbild kartiert. Für die kartierten Gebiete wurden anschliessend die Merkmalswerte für die Höhe ü.M., die Steilheit des Geländes, die Exposition und die Sonneneinstrahlung für jede Landklasse (Wiese, Wald, Landwirtschaft) pro Rasterzelle extrahiert. Durch die Auswertung der Häufigkeitsverteilung der Werte aus Histogrammen konnten Kriterien und Grenzwerte ermittelt werden, die für die jeweiligen Landnutzungen typisch sind. Mithilfe der auf diese Weise erhaltenen Wertebereiche («boundary conditions») wurde das Umfeld der prähistorischen Siedlung auf seine Eignung als Wald-, Acker- oder Wiesland klassiert. Es zeigte sich, dass Gebiete, die heute waldbestanden sind, als potenzielles Weideland klassiert wurden bzw. dass sich die Kriterien für Wald- und Weideland

überlappen. Somit können heutige Waldflächen in der Vergangenheit potenziell Weideland gewesen sein oder umgekehrt heutiges Waldland eine Weidefläche. Dies führt letztlich dazu, dass eine Zuweisung von Wald- und Wiesenflächen in der prähistorischen Vergangenheit basierend auf der Evaluation von rezenten Landnutzungen mit Unsicherheiten behaftet ist. In der Modellierung von Reitmaier/Kruse<sup>59</sup> wurden nur Acker- und Wiesenflächen modelliert, was bedeutet, dass bezüglich Wiesland quasi eine «Maximalfläche» berechnet wird und so das Flächenpotenzial bezüglich Wiesenutzung überschätzt wird.

### 7.8 Potenziale zur Erweiterung der Modellierung von Reitmaier/Kruse

Reitmaier/Kruse haben sich für die Kombination einer GIS-Modellierung mit einem EBM-Ansatz entschieden,<sup>60</sup> weil sie an einem Vergleich verschiedener Wirtschaftsweisen und deren Effekt auf Populationslevel interessiert waren. Es ging dabei v.a. um die Frage, ob die Verfügbarkeit von Flächen um die Siedlung (Flächenpotenzial = Einzugsgebiet) dazu geführt haben könnte, dass sich verschiedene Wirtschaftsweisen herausgebildet haben und nicht darum, individuelles Verhalten zu untersuchen.

Das von Reitmaier/Kruse entwickelte Gleichungssystem könnte dazu verwendet werden, den Einfluss anderer Parameter auf die Entwicklung der Carrying Capacity zu testen, indem man die Subsistenzstrategie auf das Modell «Alpwirtschaft» fixiert.<sup>61</sup>

Eine Intensivierung und Spezialisierung in der Land- und Viehwirtschaft, wie sie z.B. durch neue Anbau- und Düngetechniken, andere Nahrungspflanzen und Viehsorten oder durch verbesserte Werkzeuge erreicht wird, könnte simuliert werden, indem die Werte für den Ertrag im Ackerbau oder bei der Viehzucht, die Milchleistung der Rinder oder die Schlachtraten angepasst werden.

Der Einbezug einer potenziellen Waldweide ist über die Verminderung der Erträge von Trockenfutter aus den Wiesenflächen möglich. Eine weitere Variante besteht darin, einen Teil der im GIS als Wiesen ausgeschiedenen Flächen als Wald zu klassieren. Für diese Waldflächen könnte analog zu den Wiesenflächen ein (geringerer) Ertrag an Futter errechnet werden.

Das Einbringen von Faktoren, die die soziale Regulation betreffen, kann im Gleichungssystem am ehesten im Bereich B. «Arbeitskraft» und C. «Demografie» geschehen. Reitmaier/Kruse<sup>62</sup> haben in gewisser Weise eine «Verminderung» der Arbeitsleistung der Gemeinschaft, wie sie u.a. durch individuelle Handlungen oder soziale Regulation entstehen könnte, einbezogen, indem sie den Ausnutzungsgrad des Siedlungsumfelds einmal auf 100% und einmal auf 60% gesetzt haben.<sup>63</sup> Eine weitere Möglichkeit, um Regulationsmechanismen indirekt zu berücksichtigen, wäre die Reduktion des Anteils der arbeitsfähigen/-willigen Bevölkerung.

### 7.9 Fazit

Die oben im Zusammenhang mit der Modellierung von Reitmaier/Kruse diskutierten Punkte gelten auch für andere numerische Modellierungen im Bereich der Archäologie. Bei der Modellbildung muss oft aus einer aktualistischen Sicht herangegangen werden, d.h. die Input-Daten für die numerischen Gleichungen werden aus modernen oder bestenfalls historischen Datenquellen extrahiert. Dies ist mehrheitlich der unzureichenden Datengrundlage für archäologische Kontexte geschuldet.

Um dennoch ein numerisches Modell erstellen zu können, muss davon ausgegangen werden, dass die Umwelt- und Klimabedingungen im untersuchten archäologischen Zeitraum mit dem heutigen Zustand vergleichbar sind. Dass dies nicht der Fall sein muss und dass sich die klimatischen Bedingungen innerhalb von wenigen 100 Jahren deutlich verändern können, erschliesst sich z.B. durch den Vergleich von historischen Klimadaten zur sogenannten «Kleinen Eiszeit» (14.–19. Jahrhundert) mit der Klimasituation heute. Ähnliches gilt für die Bodenbedeckung. Für die Darstellung der Beziehungen von physiologischen Zusammenhängen (Kalorienbedarf von Mensch und Tier) wird von aktuellen Werten für Menschen und modernen Nutztieren ausgegangen. Auch hier ist leicht nachvollziehbar, dass sich einerseits die Lebenswelt und der Kalorienbedarf eines modernen (Büro-)Menschen von einem bronzezeitlichen Bauern unterscheidet und andererseits nicht jeder Mensch den gleichen Kalorienbedarf hat. Bei den Nutztieren ist anzunehmen, dass andere Tierrassen gehalten wurden, deren Kalorienbedarf (und deren Fleisch- und Milchleistung) nicht mit modernen Nutztieren vergleichbar sind. Bei der Schätzung des Ertrags landwirtschaftlich genutzter Flächen ist zu erwarten, dass moderne Erträge deutlich über denen in historischer oder prähistorischer Zeit liegen. Diesem Punkt wird oft Rechnung getragen, indem die Erträge um einen bestimmten Prozentsatz oder Betrag reduziert werden – ob die so erhaltenen Zahlen der prähistorischen Wirklichkeit entsprechen, ist aber nicht überprüfbar.

Ein weiteres Problem der Modellierung archäologischer Zusammenhänge ist, dass den Modellen (meist unbewusst) unser heutiges Verständnis des «Wirtschaftens» zugrunde liegt, das auf eine Maximierung des Ertrags abzielt. Es darf angenommen werden, dass frühere Gesellschaften nicht rein ökonomisch ausgerichtet und viel stärker von Glaubensvorstellungen und gesellschaftlichen Regeln (soziale Regulation) geprägt waren. Die Motivation hinter einem Gaben- und Warentausch ist in prämonetärer Zeit nicht rein marktwirtschaftlicher, sondern auch politischer oder ritueller Natur.

Die oben aufgeführten Punkte verdeutlichen, dass die Wirklichkeit viel komplexer ist als ein Modell. Ein Modell ist immer eine bewusste Vereinfachung der Realität mit dem Ziel, eine bestimmte Hypothese zu testen. Die Entwicklung der numerischen Gleichungssysteme erfolgt im Hinblick auf eine bestimmte Fragestellung, was zu einer Fokussierung auf bestimmte Input-Parameter aber auch zum Ausklammern anderer Parameter führt.

Der Interpretation der Ergebnisse einer numerischen Modellierung sollte immer eine kritische Beurteilung der verwendeten Datengrundlagen vorausgehen. Geschieht dies, sind numerische Modelle interessante Werkzeuge für das Verständnis nicht überlieferungsfähiger Sachverhalte und Zusammenhänge in der Archäologie.

### 7.10 Zusammenfassung

Erste Hinweise auf eine permanente Besiedlung des alpinen Raums gibt es seit dem 2. Jahrtausend v. Chr. Im Unterengadin wurden in der Val Fenga (Fimbertal) auf ca. 2000 m ü. M. und in Talbereich bei Ramosch Siedlungsstrukturen gefunden, die jeweils in die späte Bronzezeit und Hallstattzeit datieren. Diese Strukturen könnten ein Hinweis auf erste Alpwirtschaft sein. Die Suche nach dem Grund für die Entwicklung der Alpwirtschaft, der für die Alpen typischen Wirtschaftsform, die eine Auslagerung der Viehherden über die Sommermonate auf die hochgelegenen Alpwiesen

vorsieht, ist Thema der Abhandlung «Vieh-Weide-Wirtschaft. Ein Modell zur Tragfähigkeit bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum» von Reitmaier/Kruse. Es wird gemeinhin angenommen, dass einer der wichtigsten Auslöser für die Entwicklung der Alpwirtschaft ein durch Bevölkerungswachstum verursachter Flächendruck sei, da das zur Verfügung stehende Ackerland im Talbereich nicht für die Ernährung einer wachsenden Individuenzahl ausreiche. Mithilfe einer GIS-basierten numerischen Modellierung zeigen Reitmaier/Kruse, dass die alpine Landschaft unabhängig von der Subsistenzstrategie eine erstaunlich grosse Bevölkerungszahl aufnehmen kann und dass der Flächendruck als alleiniger Auslöser für die Entwicklung der Alpwirtschaft ausscheidet. Im Zusammenhang mit der Modellierung von Reitmaier/Kruse werden folgende Punkte kritisch diskutiert: Das Konzept der Carrying Capacity, die Herkunft der für die Modellierung verwendeten Input-Daten und die Berücksichtigung von sozialer Regulation und individuellem Handeln. Abschliessend werden mögliche Potenziale für eine Erweiterung des Modells aufgezeigt.

Endnoten

1 AERNI/BURGGRAAFF 1990. – MATHIEU 1992. – PRIMAS 1999. – REITMAIER 2010. – HAFNER/SCHWÖRER 2018. – GILCK/POSCHLOD 2019.

2 DELLA CASA 2005. – CORNELISSEN/REITMAIER 2016.

3 DELLA CASA 2017. – STAUFFER-ISENRING 1983. – RAGETH 1990.

4 PRIMAS 1999, 6.

5 ODUM 1953, 122, zitiert nach SAYRE 2008, 127.

6 NIKULKA 2016, 155.

7 SCHLICHTERLE 2019, 56–57.

8 DELLA CASA 2000, 174–176.

9 REITMAIER/KRUSE 2019.

10 REITMAIER 2012, 265.

11 DIETRE et al. 2017. – DIETRE et al. 2014. – KOTHIERINGER et al. 2015.

12 REITMAIER/KRUSE 2019, 267.

13 REITMAIER/KRUSE 2019.

14 Der vorliegende Text entstand im Rahmen eines Forschungsseminars an der Universität Zürich im Winterhalbjahr 2019/20.

15 MINETTI ET AL. 2002.

16 REITMAIER/KRUSE 2019, 283.

17 REITMAIER/KRUSE 2019, 186, Tab. 1.

18 GROSS ET AL. 1990.

19 EBERSBACH 2002. – EBERSBACH 2003.

20 EBERSBACH 2002.

21 REITMAIER/KRUSE 2019, 286.

22 REITMAIER/KRUSE 2019.

23 REITMAIER/KRUSE 2019.

24 HASSAN 1981.

25 NIKULKA 2016, 156.

26 NIKULKA 2016.

27 REITMAIER/KRUSE 2019, 292.

28 MATHIEU 1987. – RÖSCH 1806.

29 MATHIEU 1987, 211–213.

30 REITMAIER/KRUSE 2019, 290, nach RÖSCH 1806, 453–455.

31 REITMAIER/KRUSE 2019, 293.

32 REITMAIER/KRUSE 2019, 295.

33 EBERSBACH 2013, 145.

34 REITMAIER/KRUSE 2019, 296.

35 KNEISEL ET AL. 2015.

36 REITMAIER/KRUSE 2019, 296.

37 REITMAIER/KRUSE 2019.

38 ODUM 1953, 122.

39 ODUM 1953, 123.

40 ODUM 1953.

41 HOLLING 2001.

42 Aktuelle Beispiele für eine solche Störungen sind ein katastrophales Klima- oder Naturereignis (z.B. Ausbruch der Eyjafjallajökull auf Island und Zusammenbruch des Flugverkehrs auf der nördlichen Hemisphäre, 2010), eine plötzlich auftretende Pandemie (z.B. die Corona-Pandemie und der «Lockdown» 2020) oder ein Ausfall von Krediten (Weltfinanzkrise 2008) sein.

43 REITMAIER/KRUSE 2019.

44 ROMANOWSKA 2015, 174.

45 ROMANOWSKA 2015, 175.

46 ROMANOWSKA 2015, 174–175.

47 EPSTEIN 2007, 31–33.

48 ROMANOWSKA 2015, 175.

49 ROMANOWSKA 2015, 175.

50 REITMAIER/KRUSE 2019, 294.

51 RAGETH 2001, 115.

52 MATHIEU 1992, 105.

53 REITMAIER/KRUSE 2019.

54 GROSS et al. 1990.

55 EBERSBACH 2002. – EBERSBACH 2003.

56 KNIPPER 2011, 58.

57 REITMAIER/KRUSE 2019, 283.

58 SAUERBIER ET AL. 2017, 231.

59 REITMAIER/KRUSE 2019.

60 REITMAIER/KRUSE 2019.

61 REITMAIER/KRUSE 2019, 305–306.

62 REITMAIER/KRUSE 2019.

63 REITMAIER/KRUSE 2019, 280.

Literaturverzeichnis

– AERNI KLAUS/BURGGRAAFF PETER (Hrsg.): Siedlungsprozesse am Rande der Ökumene. Am Beispiel der Alpen. Siedlungsforschung: Archäologie – Geschichte – Geographie 8. Bonn 1990.

– CORNELISSEN MARCEL/REITMAIER THOMAS: Filling the gap: Recent Mesolithic discoveries in the central and south-eastern Swiss Alps. Quaternary International 423, 2016, 9–22.

– DELLA CASA PHILIPPE: Mesolcina prae-historica. Mensch und Naturraum in einem Bündner Südalpentale vom Mesolithikum bis in römische Zeit. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 67. Bonn 2000.

– DELLA CASA PHILIPPE: Lithic resources in the early prehistory of the alps. Archaeometry 47,2, 2005, 221–234.

– DELLA CASA PHILIPPE: The Leventina Prehistoric landscape (Alpine Ticino Valley, Switzerland). Zurich Studies in Archaeology vol. 12. Zürich 2017.

– DIETRE BENJAMIN/ WALSER CHRISTOPH/ LAMBERS KARSTEN/ REITMAIER THOMAS/ HAJDAS IRKA/HAAS JEAN NICOLAS: Palaeoecological evidence for Mesolithic to Medieval climatic change and anthropogenic impact on the Alpine flora and vegetation of the Silvretta Massif (Switzerland/Austria). Quaternary International 353, 2014, 3–16.

– DIETRE BENJAMIN/WALSER CHRISTOPH/ KOFLER WERNER/KOTHIERINGER KATJA/ HAJDAS IRKA/LAMBERS KARSTEN/ REITMAIER THOMAS/HAAS JEAN NICOLAS: Neolithic to Bronze Age (4850–3450 cal. BP) fire management of the Alpine Lower Engadine landscape (Switzerland) to establish pastures and cereal fields. The Holocene 27, 2, 2017, 181–196.

– EBERSBACH RENATA: Von Bauern und Rindern: eine Ökosystemanalyse zur Bedeutung der Rinderhaltung in bäuer-

lichen Gesellschaften als Grundlage zur Modellbildung im Neolithikum. Basler Beiträge zur Archäologie Band 15. Basel 2002.

– EBERSBACH RENATA: Paleoeological reconstruction and calculation of calorie requirements at Lake Zurich. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 8, 2003, 69–88.

– EBERSBACH RENATA, Quantitative approaches to reconstructing pre-historic stock breeding. In: KERIG TIM (Hrsg.): Economic archaeology. From structure to performance in European archaeology. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 237. Bonn 2013, 143–160.

– EPSTEIN JOSUA M.: Agent-based computational models and generative social science. In: EPSTEIN JOSUA M. (Hrsg.): Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling. Princeton 2007, 4–46.

– GILCK FRIDTJOF/POSCHLOD PETER: The origin of alpine farming: A review of archaeological, linguistic and archaeobotanical studies in the Alps. The Holocene 29, 9, 2019, 1503–1511.

– GROSS EDUARD/JACOMET STEFANIE/ SCHNIBLER JÖRG: Selbstversorgung in neolithischen Dörfern am Zürichsee. In: HÖNEISEN MARKUS (Hrsg.): Die ersten Bauern: Pfahlbau funde Europas: Forschungsberichte zur Ausstellung im Schweizerischen Landesmuseum und zum Erlebnispark: Ausstellung Pfahlbau land in Zürich. Zürich 1990, 105–116.

– HAFNER ALBERT/SCHWÖRER CHRISTOPH: Vertical mobility around the high-alpine Schnidejoch Pass. Indications of Neolithic and Bronze Age pastoralism in the Swiss Alps from paleoecological and archaeological sources. Quaternary International 484, 2018, 3–18.

– HASSAN FEKRI A.: Demographic archaeology. Studies in archaeology. New York 1981.

– HOLLING CRAWFORD STANLEY: Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. Eco-systems 4, 2001, 390–405.

– KNEISEL JUTTA/DAL CORSO MARTA/ KIRLEIS WIEBKE/TAYLOR NICOLE/ TIEDTKE VERENA: The third food revolution? Common trends in economic and subsistence strategies in bronze age europe. In: KNEISEL JUTTA/DAL CORSO MARTA/KIRLEIS WIEBKE/SCHOLZ HEIKO/ TAYLOR NICOLE/TIEDTKE VERENA (Hrsg.): The third food revolution? Setting the Bronze Age table. Common trends in economics and subsistence strategies in Bronze Age Europe; proceedings of the International Workshop “Socioenvironmental dynamics over

- the last 12000 years: the creation of landscapes III (15<sup>th</sup>–18<sup>th</sup> april 2013)" in Kiel. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Band 283. Bonn 2015, 275–287.
- KNIPPER CORINA: Räumliche Organisation der linearbandkeramischen Rinderhaltung: naturwissenschaftliche und archäologische Untersuchungen. BAR international series 2305, Oxford 2011.
  - KOTHIERINGER KATJA/WALSER CHRISTOPH/DIETRE BENJAMIN/REITMAIER THOMAS/HAAS JEAN NICOLAS/LAMBERS KARSTEN: High impact: early pastoralism and environmental change during the Neolithic and Bronze Age in the Silvretta Alps (Switzerland/Austria) as evidenced by archaeological, palaeoecological and pedological proxies. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues Volume 59 Supplementary Issue 2, 2015, 177–198.
  - MATHIEU JON: Bauern und Bären. Eine Geschichte des Unterengadins von 1650 bis 1800. Chur 1987.
  - MATHIEU JON: Eine Agrargeschichte der inneren Alpen. Graubünden, Tessin, Wallis 1500–1800. Zürich 1992.
  - MINETTI ALBERTO E./MOIA CHRISTIAN/ROI GIULIO S./SUSTA DAVIDE/FERRETTI GUIDO: Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985) 93, 3, 2002, 1039–1046.
  - NIKULKA FRANK: Archäologische Demografie. Methoden, Daten und Bevölkerung der europäischen Bronze- und Eisenzeiten. Leiden 2016.
  - ODUM EUGENE P.: Fundamentals of ecology 38. Philadelphia 1953.
  - PRIMAS MARGARITA: From fiction to facts: Current research on prehistoric human activity in the alps. In: DELLA CASA PHILIPPE (Hrsg.): Prehistoric alpine environment, society, and economy. Papers of the International Colloquium PAESE '97 in Zurich = Prähistorische Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft in den Alpen. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 55. Bonn 1999, 1–10.
  - RAGETH JÜRIG: Siedlungsprozess und Siedlungsstrukturen in der Urgeschichte Graubündens. In: AERNI KURT/BURGGRAAFF PETER (Hrsg.): Siedlungsprozesse am Rande der Ökumene. Am Beispiel der Alpen. Siedlungsforschung: Archäologie – Geschichte – Geographie 8. Bonn 1990, 87–106.
  - RAGETH JÜRIG: Zur Bevölkerungszahl in der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein, Graubünden). In: RITTERSHOFER KARL-FRIEDRICH (Hrsg.): Demografie der Bronzezeit. Paläodemographie – Möglichkeiten und Grenzen. West- und Süddeutscher Verband für Altertumsforschung, Jahrestagungen 1988 in Ettlingen und 1989 in Frankfurt a. M., Internationale Archäologie 36, Buch am Erlbach 1997, 97–104.
  - REITMAIER THOMAS: Auf der Hut – Methodische Überlegungen zur prähistorischen Alpwirtschaft in der Schweiz. In: MANDL FRANZ/STADLER FRANZ (Hrsg.): Archäologie in den Alpen. Alltag und Kult. Nearchos 19. Innsbruck 2010, 219–238.
  - REITMAIER THOMAS (Hrsg.): Letzte Jäger, erste Hirten. Hochalpine Archäologie in der Silvretta. Archäologie in Graubünden Sonderheft 1. Glarus/Chur 2012.
  - REITMAIER THOMAS/KRUSE KRISTIN: Vieh-Weide-Wirtschaft. Ein Modell zur Tragfähigkeit bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum. Praehistorische Zeitschrift 93, 2, 2019, 265–306.
  - ROMANOWSKA IZA: So You Think You Can Model? A Guide to Building and Evaluating Archaeological Simulation Models of Dispersals 79, 2015.
  - RÖSCH M.: Fortsetzung der Nachträge zu den Fragmenten über das Unterengadin. Der neue Sammler 2/5–6, 1806, 453–465.
  - SAUERBIER MARTIN/DELLA CASA PHILIPPE/FASLER DANIELA: GIS-Based Landscape Modeling. In: DELLA CASA PHILIPPE (Hrsg.): The Leventina Prehistoric landscape (Alpine Ticino Valley, Switzerland). Zurich Studies in Archaeology vol. 12. Zürich 2017, 227–237.
  - SAYRE NATHAN: The Genesis, History, and Limits of Carrying Capacity. Annals of the Association of American Geographers 98, 1, 2008, 120–134.
  - SCHLICHTERLE HELMUT: Prähistorische Pfahlbauten in Süddeutschland, Unsichtbares Welterbe – faszinierende Forschung. In: SENG EVA-MARIA/SCHLICHTERLE HELMUT/WOLF CLAUS/SOMMER C. SEBASTIAN. (Hrsg.): Prähistorische Pfahlbauten im Alpenraum. Erschliessung und Vermittlung eines Welterbes. Reflexe der immateriellen und materiellen Kultur Band 3. Berlin/Boston 2019, 33–65.
  - SEIFERT MATTHIAS: Im Kontakt mit Nord und Süd. Archäologie Schweiz 31, 2, 2008, 21–30.
  - RAGETH JÜRIG: Ramosch, Fortezza. Jahresbericht des Archäologischen Dienstes Graubünden und der Denkmalpflege Graubünden 2000. Chur 2001, 115–116.
  - STAUFFER-ISENRING LOTTI: Die Sied-

lungsreste von Scuol – Munt Baselgia (Unterengadin). Ein Beitrag zur inneralpinen Bronze- und Eisenzeit. Antiqua 9. Basel 1983.

#### Abbildungsnachweis

Abb. 1: REITMAIER/KRUSE 2019, 279, Abb. 5  
 Abb. 2: REITMAIER/KRUSE 2019, 287, Abb. 10  
 Abb. 3: REITMAIER/KRUSE 2019, 289, Abb. 11  
 Abb. 4: REITMAIER/KRUSE 2019, 290, Abb. 12  
 Abb. 5: REITMAIER/KRUSE 2019, 291, Abb. 13  
 Abb. 6: Ulla Wingenfelder, Winterthur ZH  
 Abb. 7: Ulla Wingenfelder, Winterthur ZH, Daten aus REITMAIER/KRUSE 2019, 290 und RÖSCH 1806, 453–455

Jon Mathieu  
Alpenstrasse 33  
3400 Burgdorf  
[jon.mathieu@bluewin.ch](mailto:jon.mathieu@bluewin.ch)