

1 Einleitung

1.1 Einführung

Mesopotamien gilt als einer der Ursprünge der Zivilisation und der Hochkulturen (Hrouda 2002). Vor rund 11.000 Jahren vollzog sich in dieser Region der Übergang von der nomadischen Lebensweise der Jäger und Sammler zur siedelnden Lebensform mit Ackerbau und Viehzucht¹ (Korn 2004). Dementsprechend ist der Beginn der Tierdomestikation und Pflanzenkultivierung in diesem Gebiet wahrscheinlich (Kaup 1982). Die durch Regenfeldbau gekennzeichnete Region in Mesopotamien wird als „Fruchtbarer Halbmond“ bezeichnet (Fischer 1990, Renger 2003). In biblischer Hinsicht war Mesopotamien das „Paradies in Eden“, wobei das sumerische Wort Eden mit „Steppe“ oder „Wüste“ übersetzt werden kann (Hrouda 2002). Traditionell dominierte als Lebensgrundlage in Mesopotamien die Landwirtschaft, die südlich der Regenfeldbaugrenze nur mit künstlicher Bewässerung erfolgen konnte.

Kennzeichnend sind für Mesopotamien 10 bis 25 Meter hohe Hügel, die so genannten Tells², welche kulturgeschichtliche Siedlungen konservieren. Häuser und Stadtmauern wurden aus Lehmziegeln errichtet, die verwitterungsbedingt wieder zu Lehm zerfallen können. Immer wieder neu gestaltete Gebäude auf so entstandenen Lehmerhebungen führen im Verlauf von Jahrhunderten oder Jahrtausenden zu einer Hügelbildung (Korn 2004).

Diese Siedlungsruinen sowie die hinterlassene materielle Kultur erschließen vergangene Kulturen. Neben Siedlungsrelikten können menschliche Skelette als „primäres Quellenmaterial“ angesehen werden, die Informationen zu den Lebensumständen der Menschen und zu den Umweltfaktoren liefern (Schultz 1982). Die Analyse und Interpretation von individuellen Daten der Verstorbenen wie Lebensalter und Geschlecht, in Kombination zu reproduzierbaren Kollektivdaten von Gestorbenen vergangener Kulturepochen ermöglichen eine Rekonstruktion von Populationsprozessen und Lebensbedingungen und tragen somit zum Erkenntnisgewinn über frühere Zivilisationen bei.

Als Determinanten der Lebensbedingungen gelten die gesamte Umwelt wie Klima und geographische Gegebenheiten, Hygiene, Ernährung, Wohn- und Arbeitsverhältnisse. Insbesondere das Nahrungsverhalten kann ökonomische und gesellschaftliche Konstellationen

¹ Dieser sukzessiv verlaufende Prozess wird auch als „Neolithische Revolution“ bezeichnet (Smolla 1982).

² Tell = arabisches Wort für Hügel (Bienkowski & Millard 2000). Auf Türkisch werden die Hügel „Hüyük“, auf persisch „Tepe“ genannt (Korn 2004).

tionen von historischen Populationen reflektieren (Schultz 1982). Nach Garnsey (1999: xi) ist Ernährung als „biokulturelles Phänomen“ zu begreifen:

“Food is at once nutrition, needed by the body for its survival, and cultural object, with various non-food uses and associations. Food functions as a sign or means of communication. It governs human relationships at all levels. Food serves to bind together people linked by blood, religion or citizenship; conversely, it is divisive, being distributed and consumed in accordance with existing hierarchies”.

Nahrung ist demzufolge als ein wesentlicher Parameter für die Lebensform und Lebensqualität von Populationen anzusehen, da naturbedingte oder anthropogene Umweltmodifikationen die menschliche Lebensweise beeinflussen oder akklimatisationsstrategisch verändern (Grupe 1990a).

Isotopen- und Spurenelementanalysen an Menschen- und Tierknochen erlauben Hinweise auf die Trophiestufen des von der Population genutzten Ökosystems. Vorausgesetzt wird, dass konsumierte Nahrungssubstanzen charakteristische Anteile von stabilen schweren Isotopen wie Kohlenstoff und Stickstoff bzw. Spurenelemente aufweisen und im Knochen gespeichert werden (Tauber 1986, Schwarcz & Schoeninger 1991). Da der Ernährung von Populationen eine kulturell- und habitatabhängige Beeinflussung beizumessen ist (Schultz 1982), können die mittels chemischer Analysen erforschten Nahrungsgrundlagen Einblicke in die Lebens- und Umweltbedingungen ermöglichen (Grupe 1992). Des Weiteren lässt sich anhand der schweren Stickstoff-, Kohlenstoff- und auch Sauerstoffisotope die Ernährungssituation bzw. die Versorgung mit Muttermilch im Kleinkindalter feststellen (Wright & Schwarcz 1999, Fuller et al. 2006a). Die Stilldauer bzw. die Entwöhnungspraktiken beeinflussen die Morbidität und Mortalität der Kinder und folgend auch die Fertilität der Frauen und die Bevölkerungsentwicklung, so dass nicht nur die kulturellen Traditionen sondern auch der Gesundheitsstatus der Kleinkinder und der Frauen sowie die Stabilität einer Population abzuleiten sind (Katzenberg et al. 1996, Wright & Schwarcz 1998).

Migration oder die ursprüngliche geographische Herkunftsregion von Individuen lassen sich anhand der stabilen Sauerstoffisotope aus dem Knochenkarbonat erforschen, da die Sauerstoffisotopenverhältnisse in Knochen in Bezug zum aufgenommenen Trinkwasser stehen, welches über die Isotopenzusammensetzung die geographischen und klimatischen Faktoren reflektiert (White et al. 1998).

Mittels der anthropologischen Befunderhebung an 691 Skelettindividuen eines parthisch/römischen Friedhofs im nordost-syrischen Tell Schech Hamad sowie chemischer

Knochenanalysen zur Entschlüsselung der Nahrungskomponenten wird der Frage nach den Lebens- und Ernährungsgrundlagen im parthisch/römischen Nordmesopotamien nachgegangen.

Anhand der Individualdaten von Skelettfunden rekonstruierte demographische Populationsstrukturen wie Altersgliederungen und Geschlechtsrelationen erlauben Aussagen zu den Lebensumständen der Population. Die Verknüpfung dieser an Skeletten gewonnenen Informationen mit den genutzten Grabformen und Bestattungsformen eines Gräberfeldes lässt ferner Rückschlüsse auf die Bestattungssitten einer Population zu. Paläodemographische Analysen einer so umfangreichen Nekropole am Schnittpunkt des Parthischen und des Römischen Reiches stellen eine Einzigartigkeit dar. Rekonstruierte Lebens- und Umweltbedingungen anhand von Skelettfunden sind bislang nur begrenzt für die Region Nordmesopotamien erfolgt.

Desgleichen stehen für Syrien bisher umfassende chemische Untersuchungen an einem Skelettfundkomplex, speziell auf der Basis von Isotopenanalysen, aus und bedeuten folglich einen beachtenswerten Informationszuwachs über die vergangene parthische sowie die römische Epoche in Nordmesopotamien, insbesondere da generell über das Zeitalter der Parther (ca. 200 v. Chr. - ca. 250 n. Chr.) nur reduziert schriftliche Zeugnisse existieren (Oelsner 1975, Lukonin 1978, Schippmann 1980, Hauser 1994, Wiesehöfer 1998). Ausgenommen von Darstellungen der parthischen Kriege und Ausführungen zu den Königs- und Adelfamilien finden sich über das Leben und die Kultur der Menschen in der parthischen Zeit sehr wenige Überlieferungen. Lediglich verschiedene römische Schriftsteller oder Historiker wie zum Beispiel Plutarch, Cicero, Tacitus, Justinus oder Horaz berichteten über die Parther (Hyslop & Pohanka 1993, Korn 2004).

Besonders für die Region Nordmesopotamien und das Gebiet von Tell Schech Hamad sind die archäologischen Quelleninformationen über die parthische und römische Zeit als gering anzusehen (Luther 2005). Oettel (2005: 331) merkt an: „So ist zu konstatieren, dass wir die Kultur des römischen Mesopotamien und des östlichen Syriens bisher nur sehr unzureichend kennen und verstehen“.

Die beabsichtigte demographische Rekonstruktion der parthisch/römischen Skelettpopulation von Tell Schech Hamad sowie die angestrebte Reflektion der geo- und biochemischen Umweltbedingungen anhand chemischer Analysen von Skelettfunden zielen auf einen Beitrag zur Kenntniserweiterung. Die Kombination von demographischen und chemischen Analysen soll ein umfassendes Abbild des Lebens der Menschen im syrischen Nordmesopotamien in der parthisch/römischen Zeit liefern.

1.2 Mesopotamien von der assyrischen bis zur römischen Epoche

Mit dem Begriff Mesopotamien (de facto „Zwischenstromland“) wurde ursprünglich die sich zwischen den beiden Flüssen Euphrat und Tigris befindliche Region bezeichnet (Hrouda 2002). Geographisch werden seit dem 1. Jahrhundert n. Chr. auch die Gebiete vom Taurusgebirge bis zum Persischen Golf dazu gezählt. Mesopotamien weist demnach eine Flächenausdehnung des heutigen Irak, Nordsyrien, der südöstlichen Türkei sowie des westlichen Irans auf (Cancik-Kirschbaum 2003).

Von der westlich vom Tigris gelegenen Stadt Assur aus entwickelte sich seit der Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr. das Assyrische Reich. Infolge ausgedehnter Handelstätigkeiten erlebte die Stadt Assur im frühen 2. Jahrtausend v. Chr. einen enormen Aufschwung. Aufgrund von Gebietsokkupationen und -anektionen in mittelassyrischer Zeit erfolgte eine Expansion des Assyrischen Reiches (siehe Abbildung 1) (Hrouda 2002). Die historische Forschung ordnet die Geschichte der assyrischen Kultur in drei Phasen: altassyrische Zeit: ca. 20. - 18. Jahrhundert v. Chr., mittelassyrische Zeit: ca. 1.500 v. Chr. bis ca. 1.000 v. Chr., neuassyrische Zeit: ca. 1.000 v. Chr. bis 612 v. Chr. (persönliche Mitteilung Prof. Dr. Eva Cancik-Kirschbaum).

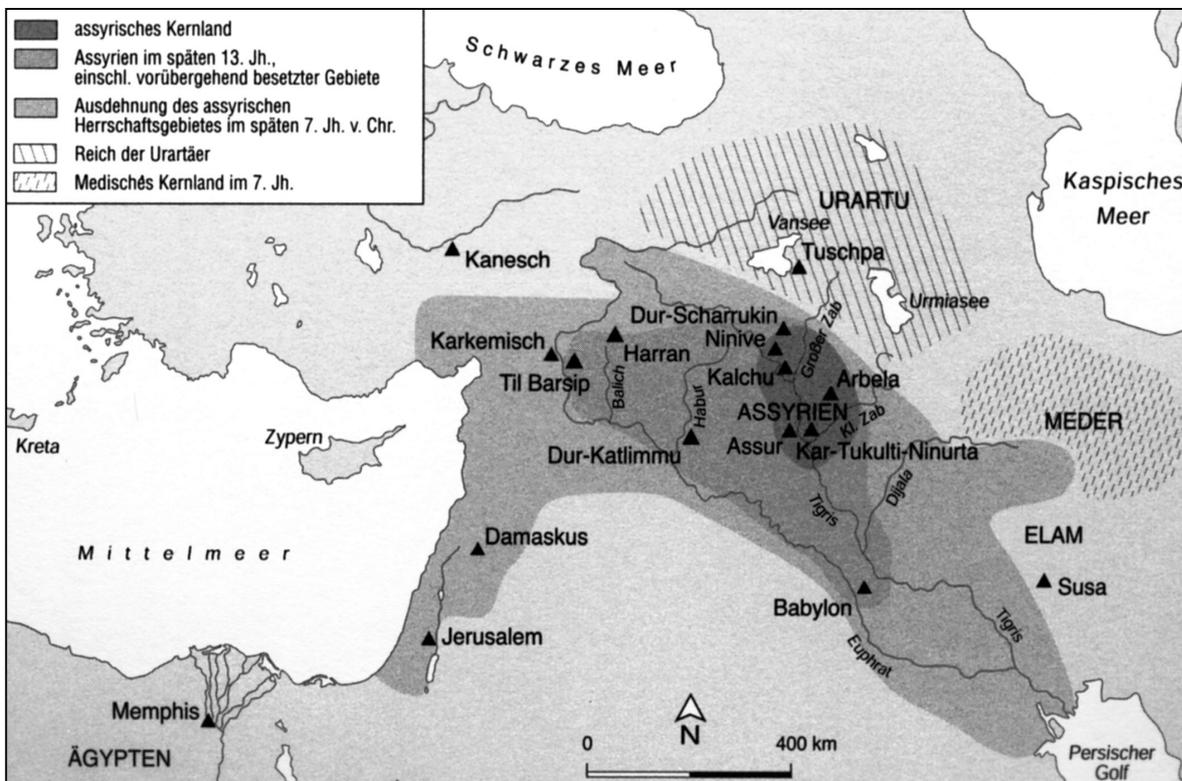


Abbildung 1: Die Ausdehnung des Assyrischen Reiches, aus Cancik-Kirschbaum (2003).

Im Verbund mit den Babyloniern zerschlugen die persischen Meder 614 v. Chr. sowie 612 v. Chr. das Neuassyrische Reich (Bengtson 1965). Die Region von Tell Schech Hamad gehörte von 611 v. Chr. bis ca. 539 v. Chr. zum Neubabylonischen Reich und von ca. 538 v. Chr. bis ca. 330 v. Chr. zum Einflussbereich des Persischen Reiches (nach Kühne in Kreppner 2006). Die Perser, welche nach dem König Achaimenes der Stammdynastie auch als Achämeniden bezeichnet werden, errichteten infolge von Feldzügen gegen die Meder, Lyder und Babylonier ein etwa 200 Jahre währendes Großreich in Mesopotamien.

Erst der Makedone Alexander der Große besiegte dieses Persische Reich und begründete für wenige Jahre ein von Makedonien bis zum Indus reichendes Imperium (Bengtson 1965). Seleukos I.³ gelang es, in den auf das Ableben von Alexander dem Großen 323 v. Chr. folgenden Diadochenkämpfen⁴ die Herrschaft über Vorderasien zu erringen. Das schnell expandierende „Seleukidenreich“ ist geprägt durch eine zunehmende Präsenz griechischen Stils und griechischen Lebens im Orient. Beispielsweise erschuf Seleukos I. die im griechischen Stil gestaltete, am Tigris gelegene Stadt Seleukia⁵, welche zur östlichen Hauptstadt mit zeitweise 600.000 Einwohnern aufstieg (Novák 1999, Wiesehöfer 2002, Korn 2004). Damit folgt er dem Vorbild altorientalischer Herrscher die jeweils eigene Residenzstädte gründeten (Novák 1999).

Das am Kaspischen Meer ansässige halbnomadische Volk der Parner drang Mitte des 3. Jahrhunderts v. Chr. unter ihrem Oberhaupt Arsakes I. in die persische Satrapie⁶ Parthia ein (Schippmann 1980, Hyslop & Pohanka 1993). Die Parner waren Stammesabkömmlinge der nomadischen Skythen, die zwischen Donaugebiet und Karpaten lebten (Hrouda 1971, Hyslop & Pohanka 1993, Wilcox & McBride 1999).

Entsprechend des eroberten Gebietes wandelte sich die Bezeichnung Parner zu Parther. Nach Arsakes I. wird auch von den Arsakiden oder dem Arsakidenreich gesprochen (Schippmann 1980, Hyslop & Pohanka 1993).

Sukzessive wurde der territoriale Machtbereich erweitert und Mitte des 2. Jahrhunderts v. Chr. bezwangen die Parther unter Mithradates I. (171 v. Chr. - 139/8 v. Chr.) Medien, das Seleukidenreich, Baktrien, Mesopotamien und Babylonien und begründeten für die folgenden 350 Jahre das letzte orientalische Großreich. Das Parthische Reich umfasste das

³ Seit 321 v. Chr. Statthalter von Babylon (Korn 2004).

⁴ Diadochen = Feldherrn (Korn 2004).

⁵ Es existierten elf Städte namens Seleukia (Korn 2004).

⁶ Satrapie = Verwaltungsbezirk (Fischer 1990).

Gebiet vom Kaspischen Meer bis zum Persischen Golf sowie von Indien bis zum Euphrat (Abbildung 2) (Schippmann 1980, Hyslop & Pohanka 1993). Die eroberten Regionen wurden von den Parthern jedoch nicht unterworfen, sondern als einzelne Verbündete angesehen. Im Parthischen Reich existierten so Aramäer, Araber, Griechen, Juden und Babylonier relativ autonom (Korn 2004). Das Herrschaftsgebiet repräsentierte ein Konglomerat aus verschiedenen Völkern, Sprachen, Glaubensrichtungen, Gesellschaftsformen, Sitten und auch Wirtschaftsformen (Lukonin 1978).

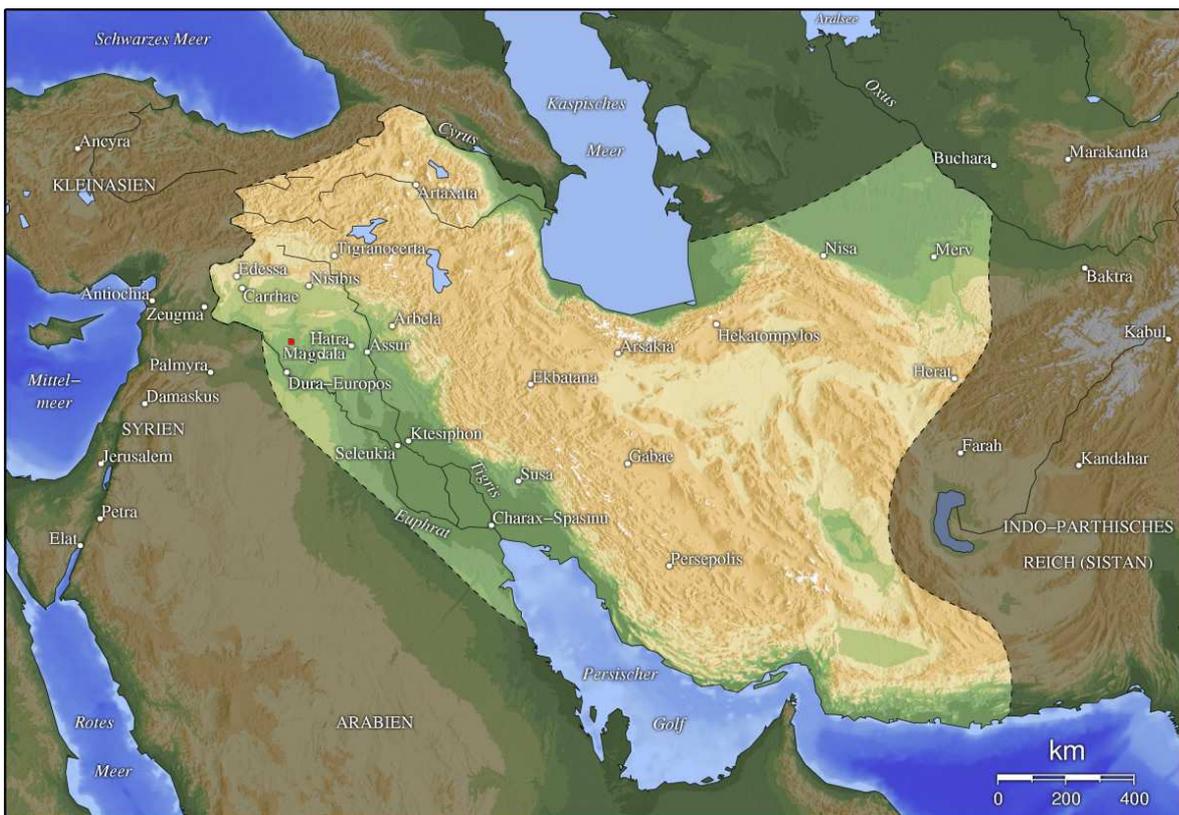


Abbildung 2: Die Ausdehnung des Parthischen Reiches⁷.

Das noch seleukidische Syrien wurde 64 v. Chr. von den Römern besiegt, so dass sich mit der nun römischen Provinz Syria die östlichste Grenze des Römischen Reiches am Euphrat befand (Schippmann 1980). Im Jahre 54/53 v. Chr. wurden die Römer unter Crassus (Prokonsul von Syrien) nach einer Invasion ins Parthische Reich im nordmesopotamischen Carrhae von den Parthern bezwungen⁸. Das Parthische Reich etablierte sich fortan als ebenbürtige Macht zum Römischen Reich (Schippmann 1980). Allerdings kamen die

⁷ http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Parther_reich.jpg.

⁸ Die parthische Armee mit berittenen Bogenschützen und schwerer eisengepanzelter Kavallerie war den römischen Streitkräften in dieser Schlacht weit überlegen. 20.000 römische Soldaten starben, 10.000 Gefangene wurden im Parthischen Reich zwangsangesiedelt (Schippmann 1980).

Römer zum ersten Mal aufgrund der aus Seide bestehenden Banner der Parther mit Seidenstoff in Berührung. Die folgend etablierte und von den Parthern kontrollierte „Seidenstraße“ lieferte orientalische Luxusgüter, wie Seide, von China über die Wüstenstadt Palmyra zum östlichen Mittelmeer (Wilcox & McBride 1999, Korn 2004). Zu berücksichtigen ist, dass nicht nur die „Seidenstraße“ eine Verkehrsrouten darstellte, sondern vielfältige Handelswege vom Mittelmeer nach Zentralasien und China auch schon vor der parthischen Epoche existierten (Schippmann 1980). Mithradates II. (ca. 124/3 v. Chr. - 88/7 v. Chr.) wird der Ausbau des Fernhandels zugeschrieben (Schippmann 1980). Aufgrund der Handelsaktivitäten im nordmesopotamischen Gebiet wird von einer erhöhten ökonomischen Konjunktur und folgend einem Siedlungszuwachs in dieser Region ausgegangen (Hauser 1994, Novák et al. 2000).

Kurzzeitig wurde nach Kriegen zwischen dem Römischen Reich und dem Parthischen Reich unter den römischen Kaisern Trajan (98 n. Chr. - 117 n. Chr.) und Hadrian (117 n. Chr. - 138 n. Chr.) der Habur, der größte Seitenfluss des Euphrats, zum Grenzfluss (Limes). Nach einem erneuten Feldzug 163 n. Chr. gelang den Römern endgültig der Vorstoß bis zum Habur (Schippmann 1980). Spätestens seit 195 n. Chr. - 198 n. Chr. ist der Habur definitiv als Grenzfluss anzusehen, mit von der römischen Armee errichteten und kontrollierten Grenzposten in Form von Kastellen (Luther 2002).

Das sich mit der Zeit in locker verbundene Einzelreiche auflösende Parthische Reich wurde Anfang des 3. Jahrhunderts n. Chr. im Zuge von kriegerischen Auseinandersetzungen von den persischen Sasaniden erobert, die gleichzeitig eine aggressive Angriffspolitik gegenüber dem Römischen Reich führten (Millar 1966, Wiesehöfer 2002).

1.3 Die Ausgrabung und die Siedlungsgeschichte von Tell Schech Hamad

Seit dem Jahre 1978 finden im Nordosten von Syrien in Tell Schech Hamad⁹ Ausgrabungen des Instituts für Vorderasiatische Archäologie der Freien Universität Berlin unter Leitung von Prof. Dr. Hartmut Kühne statt, mit dem Ziel die assyrische Ortschaft Dur-Katlimmu zu ergraben sowie siedlungs- und kulturgeschichtlich zu erforschen. Tell Schech Hamad (Abbildung 3) befindet sich bei 35°38' nördlicher Breite und 40°44' östlicher Länge etwa 70 km nördlich der ostsyrischen Stadt Deir az-Zor am östlichen Ufer des

⁹ Der Tell wird seit dem 19. Jahrhundert nach dem dort beigesetzten Scheich Hamad benannt (Novák 2005a).

Haburs und damit etwa 100 km unterhalb der durch Syrien verlaufenden Regenfeldbaugrenze (Kühne 2005).

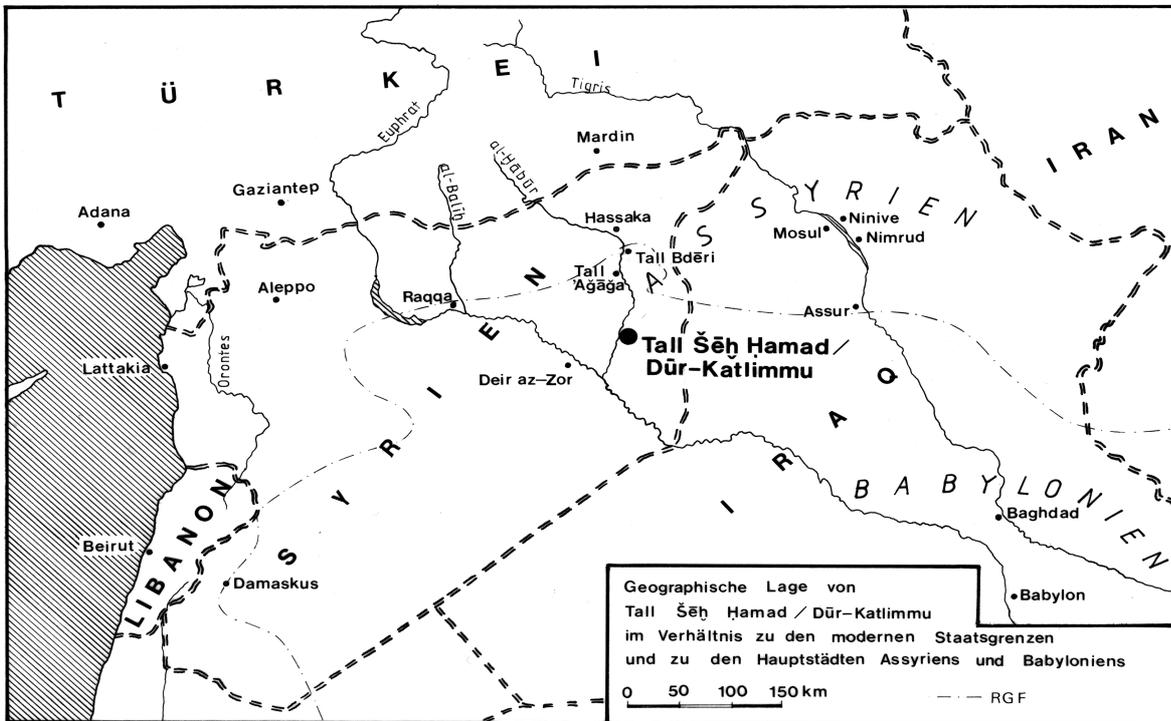


Abbildung 3: Geographische Lage von Tell Schech Hamad¹⁰, RGF = Regenfeldbaugrenze.

Aufgrund von Keramikfunden auf dem 25 m hohen und fünf Hektar großen Ruinenhügel („Tell“) ist Kühne (1991) zufolge von einer langen Besiedlungszeit des Gebietes seit dem vierten Jahrtausend v. Chr. auszugehen.

Der topographische Plan (Abbildung 4) zeigt die rund 120 Hektar umfassende Siedlungs- und Ruinenfläche der assyrischen Stadt Dur-Katlimmu, die sich in die „Zitadelle“ („Tell“), „Unterstadt I“, „Unterstadt II“, „Vorstadt I“ und „Vorstadt II“ gliedert. Ausgrabungen fanden in den Grabungsbereichen „Tell“, „Mittlere Unterstadt II“ und der „Nordost-Ecke der Unterstadt II“ statt.

Ursprünglich wurde im Bereich der „Zitadelle“ gesiedelt und im Verlauf der mittelassyrischen Epoche die Siedlung auf die „Unterstadt I“ und in der neuassyrischen Zeit auf die „Unterstadt II“ sowie die außerhalb der Stadtmauer gelegenen Vorstädte ausgedehnt. Auf der „Zitadelle“ befand sich ein Palast, der als Gouverneurssitz der mittelassyrischen Provinzhauptstadt fungierte (Kühne 1991, Kühne 2005).

¹⁰ Die Abbildungen 3 und 4 wurden freundlicherweise von Prof. Dr. Hartmut Kühne zur Verfügung gestellt.

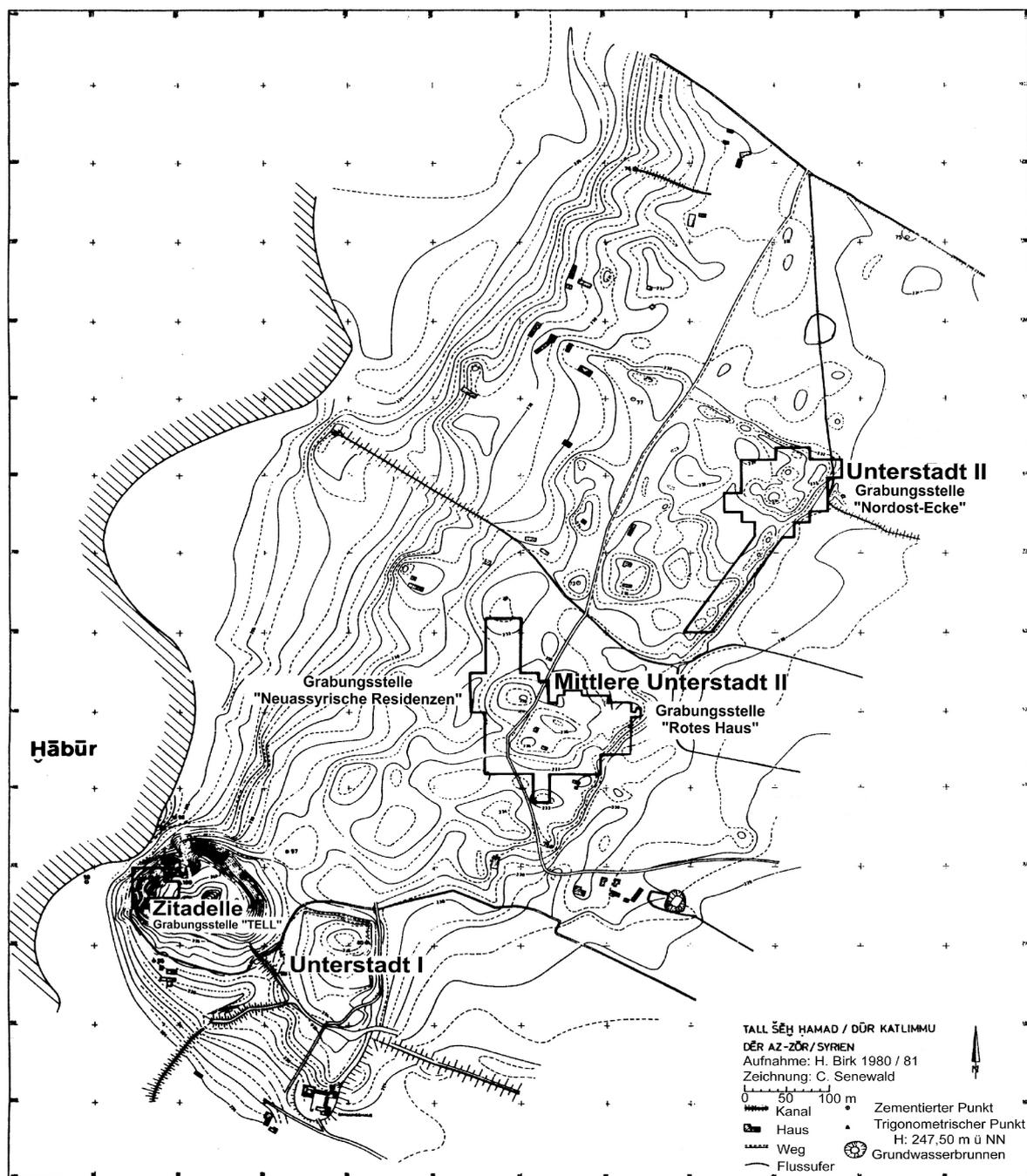


Abbildung 4: Topographischer Plan des Fundortes Tell Schech Hamad mit den Grabungsbereichen „Tell“, „Mittlere Unterstadt II“ und „Nordost-Ecke der Unterstadt II“.

Besonders in mittel- und neuassyrischer Zeit sowie in der neubabylonischen Epoche (13. - 6. Jahrhundert v. Chr.) ist eine überregionale Bedeutung der Stadt als Verwaltungs- und Wirtschaftszentrum belegt (Kühne 1991). In der neuassyrischen Epoche wurde Dur-Katlimmu Garnisonsstadt (Kühne 2005). Aufgrund einer Überquerungsfurt durch den Habur bei Tell Schech Hamad ist die Siedlung schon in mittelassyrischer Zeit als Standort innerhalb einer Ost-West-Verkehrsrouten (Oettel 2005) mit überregionalen Handelskontakten anzusehen (Kühne 2005).

Die Siedlungskontinuität nach der assyrischen Epoche über das neubabylonische, achämenidische sowie das seleukidische Zeitalter reicht bis zur Ära der Parther, welche ca. 200 v. Chr. beginnt. Der assyrische Ortsname „Dur-Katlimmu“ in mittel- und neuassyrischer Zeit wird in neuassyrischer und neubabylonischer Zeit durch das aramäische „Magdalu“¹¹ ergänzt, welches in parthisch/römischer Zeit zu „Magdala“ abgewandelt wird (Kühne & Luther 2005).

Die Region von Tell Schech Hamad gehörte jedoch erst nach Mithridates I., also ab etwa 113 v. Chr., zum Einflussgebiet des Parthischen Reiches (Luther 2005). Schon in achämenidischer Zeit beginnt die Aufgabe der „Unterstadt II“ als Siedlungskomplex. Zur parthischen Zeit siedelten die Menschen wieder im Gebiet der „Zitadelle“ sowie der „Unterstadt I“ und nutzten den Bereich der verfallenden „Neuassyrischen Residenzen“ und des „Roten Hauses“ der „Mittleren Unterstadt II“ als extramuralen Friedhof (Kühne 2005). Die Gräber der parthisch/römischen Zeit sind in den Baubestand der neuassyrischen und achämenidischen Zeit eingetieft worden (siehe Abbildung 5) (Novák et al. 2000).

Aufgrund der Annahme eines römischen Kastells im Bereich der „Unterstadt I“ zur Sicherung des Limes Mitte/Ende des 2. Jahrhunderts n. Chr. ist eine Bestattung von „Römern“ bzw. Angehörigen der römischen Armee in der Region anzunehmen (Novák et al. 2000). In Anbetracht der Siedlungskontinuität über die Jahrtausende in der Region wird Novák et al. (2000) folgend die Bezeichnung parthisch/römisch bezüglich des Friedhofs, der Gräber oder der Individuen verwendet, darauf hinweisend, dass es sich um keine kulturelle sondern um eine politische Definition bzw. um eine zeitliche Zuordnung handelt.

Als Ursachen für die Aufgabe des Ortes Magdala Mitte des 3. Jahrhunderts n. Chr. werden militärische Konfrontationen zwischen dem Römischen und dem Sasanidischen Reich, veränderte Handelsrouten mit folgend reduzierteren materiellen Perspektiven sowie die Ausschöpfung der landwirtschaftlichen Ressourcen diskutiert (Novák et al. 2000, Oettel 2005).

691 Skelette der parthisch/römischen Zeit sind Gräbern aus dem Bereich der Grabungsstelle „Mittlere Unterstadt II“ entnommen worden. Die Ausdehnungsfläche der Grabungsstelle „Mittlere Unterstadt II“ umfasst ca. 1,6 Hektar (persönliche Mitteilung Dr. Marina Pucci). Die Nekropole erstreckt sich vermutlich über dieses Gebiet hinaus, da auch in der

¹¹ Der aramäische Ortsname Magdalu bedeutet „Turm“ oder „Festung“, entsprechend dem assyrischen „Dur“ (Kühne 2005).

Grabungsstelle „Nordost-Ecke der Unterstadt II“ Gräber vorgefunden wurden (Novák et al. 2000).

Der Friedhof, der in parthisch/römischer Zeit von ca. 200 v. Chr. - ca. 250 n. Chr. genutzt wurde, ist durch eine dichte Belegung gekennzeichnet, die sich auch in Überlagerungen der Gräber zeigt. Der Belegungszeitraum wird infolge der kleinen und großen Seriation, die auf archäologischen Keramik- und Münzfunden wie auch auf den Wandel der Bestattungsbräuche beruht, in vier Perioden unterteilt. Die Genauigkeit der Angaben für die einzelnen Zeitabschnitte wird beeinflusst durch die Schwierigkeiten einer exakten archäologischen Abgrenzung der Datierungsgruppen (Novák et al. 2000). Eine Zuordnung zu den vier Datierungsperioden erfolgte bisher nur bei den Gräbern, die Eingang in die Publikation von Novák et al. (2000) fanden.

Datierung der Zeitperioden des Friedhofs:

- I. Gruppe: ca. 200 v. Chr. - 50 v. Chr.
- II. Gruppe: ca. 100 v. Chr. - 50 n. Chr.
- III. Gruppe: ca. 1 n. Chr. - 150 n. Chr.
- IV. Gruppe: ca. 100 n. Chr. - 250 n. Chr.



Abbildung 5: Eintiefung der Gräber in den alten Baubestand, im Vordergrund Grab 94/027¹².

Bevölkerungsberechnungen anhand der Siedlungsfläche setzen einen Besiedlungsumfang von 800 bis 2.400 Menschen in Magdala an (Novák et al. 2000). Novák (2005b) zufolge kann in Magdala in der parthisch/römischen Zeit aufgrund der in der altorientalischen Tradition stehenden materiellen Kultur sowie der Bestattungssitten von einer einheimischen Population ausgegangen werden, die in einer vorhellenistischen, mesopotamischen Kultur verwurzelt war.

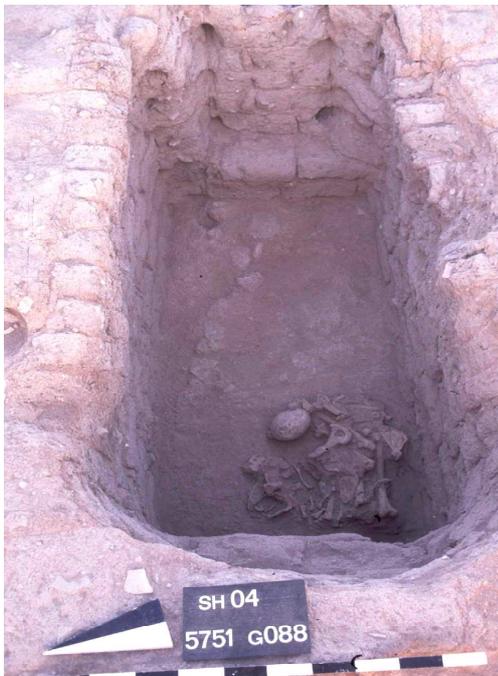
¹² Alle Grabungsfotos sind freundlicherweise von Prof. Dr. Hartmut Kühne zur Verfügung gestellt worden.

1.4 Bestattungssitten im althistorischen Tell Schech Hamad

Die Bestattungspraktiken erlauben Einblicke in die kulturellen und religiösen Traditionen sowie in die Sozialstruktur einer Population (Eickhoff 1993, Mofidi-Nasrabadi 1999). Nach der Überlieferung konnte in Mesopotamien mit der Bestattung der im Erdinneren vermutete Übergang zur Unterwelt erfolgen, gleichzeitig stellte das Grab jedoch auch die Wohnstätte des Verstorbenen dar (Groneberg 1990).

Die 691 geborgenen Skelette des parthisch/römischen Friedhofs sind in 647 Gräbern beigesetzt worden. In 30 Gräbern fanden sich Doppelbestattungen (86/040, 87/002, 87/040, 87/060, 92/050, 93/005, 93/030, 93/048, 93/060, 93/085, 93/087, 94/005, 94/023, 94/100, 95/019, 95/026, 95/035, 95/049, 97/017, 97/030, 97/032, 97/046, 97/091, 98/025, 98/038, 98/040, 99/008, 99/009, 00/003, 00/016), in vier Gräbern Dreifachbestattungen (86/032, 94/078, 98/008, 98/057) und in zwei Gräbern eine Beisetzung von vier Individuen (87/053, 00/020). Insgesamt sind 36 Gräber als mehrfacher Beerdigungsplatz genutzt worden, vermutlich überwiegend infolge zeitgleicher Bestattung und nicht als Nachbestattungsfolge der Individuen (Novák et al. 2000).

Die Grabtypologie gliedert sich in die Grabform und die Bestattungsform, wobei die Grabform durch die Grabanlage und die Grabarchitektur definiert wird und die Bestattungsform die Körperposition des Verstorbenen im Grab charakterisiert.



Zur Bestattung in der parthisch/römischen Zeit in Magdala dienten die Grabarchitekturformen Lehmziegelgrab, Erdgrab, Sarkophaggrab, Topfgrab und Brandgrab (Novák et al. 2000). Im Jahre 2003/2004 konnte des Weiteren ein gruftähnliches Lehmziegelgrab dokumentiert werden. Dieses 3,4 x 2,2 m große Lehmziegelgrab weist einen Zugang sowie ein Ringschichtengewölbe über der Grablege und ein Gewölbe über dem Eingangsbereich auf (Abbildung 6).

Abbildung 6: Gruft (03/030) aus der parthisch/römischen Zeit.

Lehmziegel- und Topfgräber können in der originären mesopotamischen Tradition gesehen werden. Lehmziegelgräber sind besonders für die hellenistisch-parthische Zeit kennzeichnend (Oelsner 1980). Bei einem Lehmziegelgrab handelt es sich um ein mit luftgetrockneten Lehmziegeln über der Grablege verschlossenem Grab. Die Grablege stellt eine



Einlassung in der ein bis anderthalb Meter tiefen Grabgrube dar. In Abbildung 7 ist als Beispiel ein Lehmziegelgrab mit einem dreireihigem „Pseudogiebel“ dargestellt. Der Begriff „Pseudogiebel“ beschreibt eine Konstruktion mit giebelartiger Form. Bei einem dreireihigem „Pseudogiebel“ wird das Grab durch drei Reihen Lehmziegel verschlossen, wohingegen bei einem einreihigem „Pseudogiebel“ nur eine Reihe Lehmziegel als Abdeckung des Grabes fungiert (Novák et al. 2000).

Abbildung 7: Lehmziegelgrab (84/001) mit dreireihigem „Pseudogiebel“.

Ein Erdgrab wird als eine Erdbestattung in einer einfachen Grube mit oder ohne geringfügiger Abdeckung definiert. Im Erdgrab kann eine Niederlegung des Leichnams auf der Grabgrubensohle (Abbildung 8) oder in einer eingelassenen Grablege beobachtet werden. Selten ließ sich ein Holzsaarg feststellen. Erdgräber sind von der vorhellenistischen Zeit bis zur parthischen Epoche, mutmaßlich aufgrund ihrer einfachen und leicht auszuführenden Struktur, als die gebräuchlichsten Grabformen anzusehen (Novák et al. 2000).



Abbildung 8: Erdgrab (92/045); Grabgrube fungierte als Grablege.

Die Formkategorie Topfgräber unterteilt sich in einfache Topfgräber, Amphoren oder Doppeltopfgräber. Ein oder zwei Keramikgefäße stellen die Grablege dar, wobei in der Regel Gebrauchsgegenstände sekundär genutzt wurden. Die Doppeltopfgräber zeichnen



Abbildung 9: Doppeltopfgrab (93/005).

sich durch zwei aneinander gesetzte Gefäße aus, deren Öffnungen mit Lehm- oder Gipsmörtel geschlossen wurden (Abbildung 9). Bei den einfachen Topfgräbern dienen Steine oder Scherben als Abdeckung. Die Gefäße sind auf dem Grabgrubenboden oder in der Grubenwand platziert worden (Novák et al. 2000).

Bei den Sarkophaggräbern sind rechteckige, längliche Trogarkophage von rundlichen Wannensarkophagen zu differenzieren. Die Wannensarkophage mit zwei identischen Keramikwannen bewirken eine Eiform (Abbildung 10). Auch bei den Sarkophagen erfolgte eine Platzierung auf dem Boden der Grabgrube oder in einer eingetieften Grablege (Novák et al. 2000).



Abbildung 10: Wannensarkophag (94/094).



Abbildung 11: Wannensarkophag (93/085).

Sarkophaggräber sind seit der frühdynastischen Zeit in Mesopotamien nachgewiesen (Strommenger 1957-1971).

In Abbildung 10 und 11 sind die Wannensarkophage der Gräber 94/094 sowie 93/085 dargestellt.

Der parthisch/römische Friedhof wies nur zwei Brandbestattungen auf. Bei Grab 87/069 ist Leichenbrand in einer Erdgrube bestattet worden; Grab Nr. 03/014 zeichnete sich durch in



Abbildung 12: Gruft (03/028) aus dem 9. Jahrhundert v. Chr.

einem Topf beigesetzte Leichenbrandreste eines 2- bis 4-jährigen Kindes aus. Brandgräber sind seit Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. in Mesopotamien bekannt, existierten jedoch nur in einem untergeordneten Verhältnis (Novák et al. 2000). Die Brandgräber sind Novák et al. (2000) zufolge eventuell in Zusammenhang mit dem römischen Einfluss zu sehen.

Im Jahre 2004 konnte eine Gruft (Abbildung 12), welche der frühen neuassyrischen Epoche (9. Jahrhundert v. Chr.) zuzuordnen ist (persönliche Mitteilung Prof. Dr. Hartmut Kühne), mit einer 20 - 22 Jahre alten Frau freigelegt werden.

Im Raum YV des „Roten Hauses“ der „Mittleren Unterstadt II“ sind unter einem Fußboden Bestattungen in Gruben entlang von Hausmauern vorgefunden worden (Abbildung 13). Diese Gräber des „Roten Hauses“ sind der achämenidischen Nachnutzungsperiode (Ende des 6. - Mitte des 5. Jahrhunderts v. Chr.) zuzurechnen (persönliche Mitteilung Prof. Dr. Hartmut Kühne).

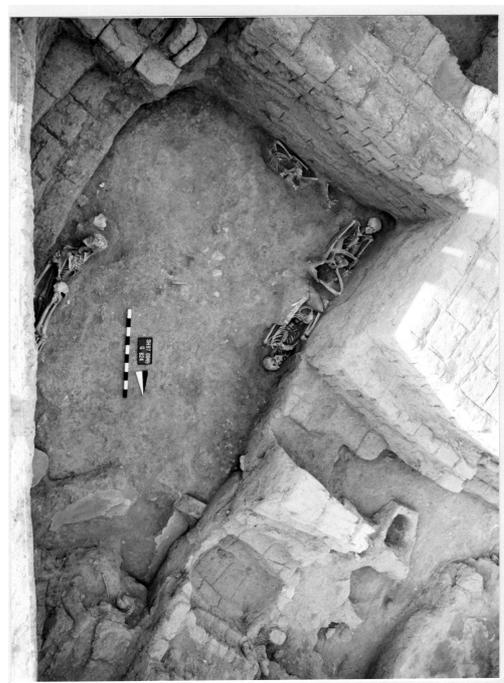


Abbildung 13: Raum YV des „Roten Hauses“ mit Bestattungen in Gruben entlang der Hausmauer.



Abbildung 14: Beispiel für eine Streckerbestattung in einem Lehmziegelgrab (94/048).

Die Hockerbestattung kennzeichnet sich durch eine Seitenlage mit einer minderen, stärkeren oder hochgradigen Anwinkelung der Beine, wobei sich im Extremfall die Beine bzw. die Knie an der Brust des Verstorbenen befanden. Diese Position ist durch eine Umschnürung oder durch die Fixierung in einem Leichentuch zu erreichen. Je nach vorgesehener Grabform ist der Verstorbene vor Beginn der Leichenstarre in die Bestattungshaltung positioniert worden (Novák et al. 2000).



Abbildung 15: Beispiel für eine Hockerbestattung (03/022), Beigabenschale neben dem Becken, Occipitalknochen eines Schafes auf dem rechten Handgelenk.

Eine Dokumentation der Bestattungsform, aber auch der Grabform oder der Beigaben, wurde häufig durch antiken Grabraub beeinträchtigt. Aufgrund des gestörten Grabkontextes war ein anatomischer Verband der Skelette in den beraubten Gräbern nicht mehr erkennbar (Abbildung 16). Besonders im Bereich des Schädels oder des Oberkörpers, wo reichlich Tracht- und Beigabenobjekte zu vermuten waren, ließen sich Störungen der Gräber aufgrund von Raubtätigkeiten feststellen. Im Kontext des Grabraubes sind die gestörten Gräber häufig fundleer, das heißt ohne Beigaben (Novák et al. 2000). Novák et al. (2000) zufolge sind die Grabplünderungen als ökonomisch motivierte Raubaktivitäten einer regionalen Bevölkerung anzusehen, insbesondere in der späteren Belegungszeit des Friedhofs. Eine Zunahme des Grabraubes ist nach Novák et al. (2000) von der II. Zeitperiode (100 v. Chr. - 50 n. Chr.) bis zur IV. Zeitperiode (100 n. Chr. - 250 n. Chr.) des Friedhofs zu beobachten.

Die Grabform oder die Grabausstattung kann Hinweise auf die soziale Position des Bestatteten liefern. Bei den Grabobjekten ist zwischen Trachtbestandteilen und Beigaben zu unterscheiden, wobei eine Differenzierung nur begrenzt möglich ist. Im Gegensatz zu den Trachtbestandteilen, welche Schmuck in Form von Ohrringen, Armreifen, Halsreifen, etc., Kleidung, Gürtelschnallen, Fibeln oder auch Waffen umfassen können, zählen zu den Beigaben nur Objekte (zum Beispiel Gefäße, Keramik, Münzen, Nahrungsmittel), die dem

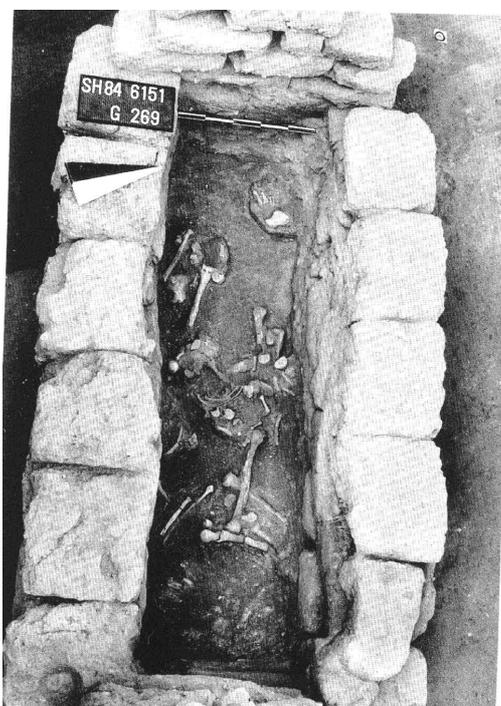


Abbildung 16: Beispiel für ein ausgeraubtes Grab (84/001) mit Verlust des anatomischen Skelettverbundes.

Verstorbenen mitgegeben werden und keine Zuordnung zur Tracht erlauben (Novák & Oettel 1998). Neben einer erheblichen Anzahl von Gräbern mit beträchtlichen Grabausstattungen waren ebenso ungestörte Gräber ohne Grabbeigaben festzustellen. Kindergräber zeichneten sich durch wesentlich umfangreichere Trachtbeigaben und auch durch mehr Beigaben als die Erwachsenengräber aus. Männergräber im Verhältnis zu Frauengräbern wiesen wiederum begrenzter Trachtbestandteile oder Beigaben auf (Novák et al. 2000).

1.5 Die Umwelt von Tell Schech Hamad im Altertum

Verschiedene Untersuchungen der letzten Jahre trugen dazu bei, die Umwelt der einstigen Siedlung und eventuelle Umweltmodifikationen im Verlauf der Zeitabschnitte zu rekonstruieren. Grundsätzlich wird zum Beispiel anhand von Pollenanalysen von einer wenig veränderten Umwelt seit der assyrischen Epoche ausgegangen, besonders bezüglich des Klimas, welches die Wasser- und Bodenbeschaffenheit sowie die Vegetation beeinflussen kann (Ergenzinger & Kühne 1991, Frey & Kürschner 1991, Smettan im Druck).

Das Klima stellt für die Lebens- und Umweltbedingungen von siedelnden Menschen einen maßgeblichen Faktor dar. Die Region ist durch ein arides bis semiarides Wüstensteppenklima mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 18 °C - 19 °C geprägt und befindet sich mit einer mittleren Jahresniederschlagsmenge unter 200 mm südlich der agronomischen Trockengrenze (Ergenzinger & Kühne 1991, Frey & Kürschner 1991).

Wie Abbildung 3 zu entnehmen ist, liegt Tell Schech Hamad rund 100 km unterhalb der Regenfeldbaugrenze. Am Oberlauf des Haburs, der aus Quellbächen in der heutigen Türkei entspringt, reicht die Niederschlagsmenge für einen Regenfeldbau hingegen aus (Ergenzinger & Kühne 1991). Infolge der geringen und im Jahresverlauf variierenden Niederschlagsmenge ist für die landwirtschaftliche Nutzung in Tell Schech Hamad schon seit Jahrtausenden Bewässerungsfeldbau erforderlich; so konnten auch schon für das 13. Jahrhundert v. Chr. regionale Bewässerungskanäle nachgewiesen werden, deren Nutzung sich auch in parthisch/römischer Zeit annehmen lässt (Ergenzinger & Kühne 1991).

Das Wasser des Haburs, mit einem hohen Gehalt an Kalzium, Natrium und Magnesium, ist als stark bis sehr stark salzhaltig zu charakterisieren. Aufgrund der ausgeprägten Versalzung und der erhöhten Natriumkonzentration führt das Bewässerungswasser des Haburs zu einer Salzzakkumulation im Boden und folglich zu einem pH-Wert im Boden im alkalischen Bereich (Smettan im Druck).

Tonreiche Lehmböden mit Kies- und Sandanteilen kennzeichnen die Landschaft von Tell Schech Hamad. Ein salzreicher Boden wirkt sich auf das Pflanzenwachstum und die Agrarwirtschaft kontraproduktiv aus (Wirth 1971, Smettan im Druck). Wasserspeichernde Lehmböden erlauben hingegen bei entsprechender Niederschlags- oder Bewässerungsmenge gute Bedingungen für den Getreideanbau (Ergenzinger & Kühne 1991). Aufgrund hoher Gips- und Karbonatgehalte sowie durch hohe Tonmineralkonzentrationen im Boden zeichnet sich betreffs Kalzium und in geringerem Umfang auch für Magnesium eine erhöhte Pflanzenverfügbarkeit für diese Elemente ab (Smettan im Druck).

Für das Gebiet von Tell Schech Hamad geht Smettan (im Druck) anhand von Bodenuntersuchungen von guten landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten bei ausreichender Bewässerung aus. Eine nicht übermäßig umfangreiche Bevölkerungszahl kann Kühne (1991) zufolge von Weidewirtschaft und begrenztem Getreideanbau in dieser Region existieren. Nach Berechnungen von Smettan (im Druck) boten die Böden in mittelassyrischer Zeit genügend Nährstoffkapazitäten um Brotgetreide für 10.000 Menschen zu erbringen. Hinsichtlich der Vegetation ist von Auwäldern am Habur in der mittelassyrischen Epoche in Tell Schech Hamad auszugehen, welche jedoch schon in neuassyrischer Zeit eine anthropogen bedingte Reduzierung infolge der Bau- und Brennholznutzung sowie der Ausweitung der Weidekapazitäten erfuhren (Frey & Kürschner 1991, Kürschner im Druck). Insbesondere der in mittelassyrischer Zeit in dem Gebiet von Tell Schech Hamad anhand von Knochenfunden nachgewiesene Mesopotamische Damhirsch (Becker 1991) kann als charakteristisch für Au- und Galeriewälder angesehen werden (Frey & Kürschner 1991). Die Annahme von Zwerggesträuchen wird durch die Existenz von Onager und Gazelle zur mittelassyrischen Zeit gestützt (Frey & Kürschner 1991, Becker im Druck). In Abbildung 17 ist eine Rekonstruktion der Vegetationsverhältnisse in der mittelassyrischen Zeit nach Frey und Kürschner (1991) dargestellt.

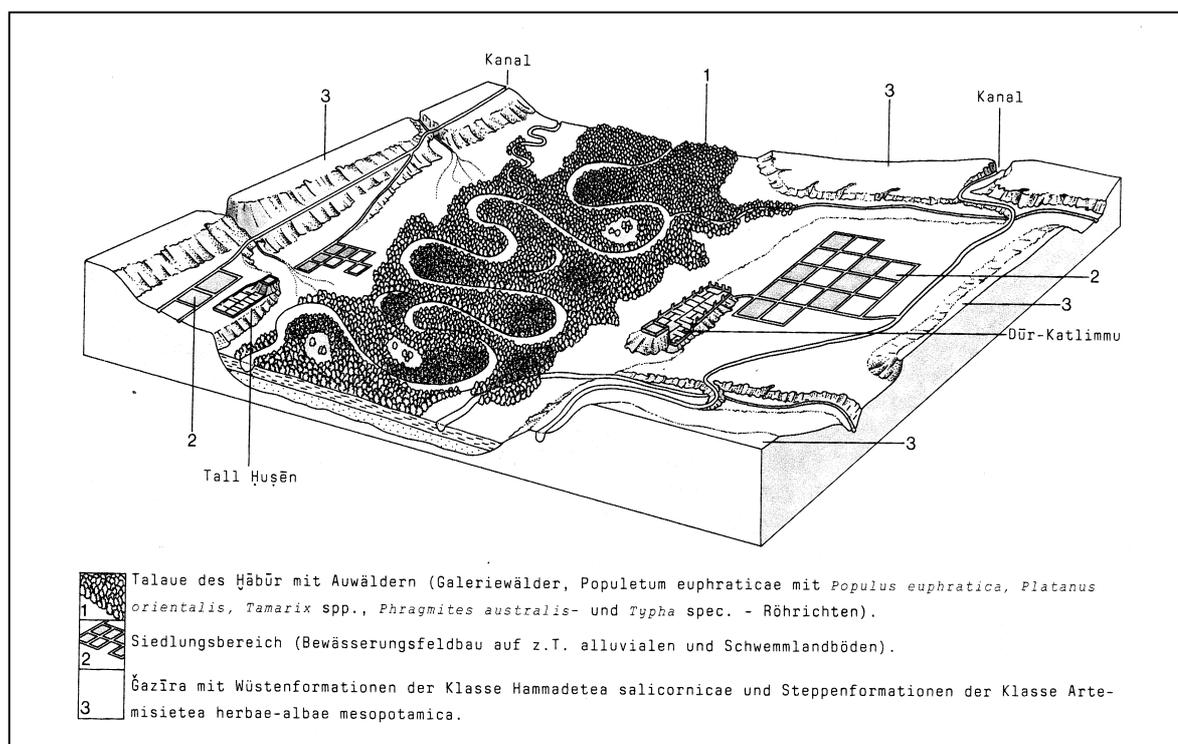


Abbildung 17: Rekonstruktion der Vegetationsverhältnisse in mittelassyrischer Zeit in Tell Schech Hamad, aus Frey und Kürschner (1991).

Die vermutlich hohe Weidekapazität und demzufolge Viehzucht wird mittels der Knochenbefundssituation durch die erhebliche Anzahl von Hausschafen und Hausziegen im mittelassyrischen Tell Schech Hamad bestätigt (Becker 1991, Frey & Kürschner 1991). Analysen von Becker (1991) sowie Krupp und Schneider (1991) zeigten allerdings eine Reduktion des Faunenbestandes im Verlauf der Jahrhunderte auf.

Becker (1991, im Druck) untersuchte Schlachtabfälle, welche indikatorisch für die verzehrte animalische Nahrung der Bewohner der mittel- und neuassyrischen Residenzen stehen. Für die mittel- und neuassyrische Zeit ließen sich Schafe und Ziegen, aber auch Rinder, Hausschweine, Damhirsche und Equide (Pferd, Hausesel und Onager) in beträchtlichem Umfang als tierische Nahrungsbasis nachweisen. Knochenreste von Kamelen, Auerochsen, Rehen, Rothirschen, Wildschweinen, Gazellen oder Hasen sind geringfügiger vorgefunden worden. Desgleichen dokumentierten sich Vögel, Fische, Enten, Wasserschildkröten, Süßwasserkrebse und Süßwassermuscheln in den Siedlungsstrukturen (Becker 1991, Becker im Druck).

1.6 Stabile Isotope

Isotope werden als Atome mit unterschiedlicher Neutronenanzahl und damit verschiedener Massenzahl eines Elements definiert. Stabile Isotope sind Isotope, welche nicht radioaktiv zerfallen, sondern unverändert einen stabilen Atomkern aufweisen. Durch das zusätzliche Neutronengewicht bei schweren Isotopen erfolgen chemische Reaktionen langsamer als bei leichteren Isotopen und die Bewegungs- und Diffusionsrate ist herabgesetzt. Schwere stabile Isotope von einem Element liegen in der Biosphäre nur in geringen Konzentrationen vor. Die Messung der Isotopenverhältnisse vom schweren zum leichten Isotop, bezogen auf einen festgesetzten Standard, erfolgt in der δ -Notation mit Angabe in Promille (Faure 1986):

$$\delta (\text{‰}) = [(R_{\text{Probe}}/R_{\text{Standard}})-1] \times 1000 \quad (\text{McKinney et al. 1950}).$$

Als R wird das Verhältnis vom schweren zum leichten Isotop bezeichnet. Ein negativer δ -Wert signalisiert eine im Verhältnis zum Standard mit dem schwerem Isotop abgereicherte Probe, bei einem positiven δ -Wert dagegen ist die Probe mit dem schwerem Isotop angereichert (Faure 1986).

Die Analyse der schweren Isotope ^{15}N , ^{13}C aus dem Knochenkollagen und ^{13}C aus dem Knochenkarbonat wird zur Rekonstruktion der Ernährungs- und Subsistenzstrategien genutzt, da diese als Indikatoren für die konsumierte Nahrung angesehen werden können.

Die mit der Nahrung aufgenommenen Proteine, Kohlenhydrate und Fette spiegeln ihre Isotopenverhältnisse in den tierischen und pflanzlichen Geweben wider (Krueger & Sullivan 1984). In einer Nahrungskette erfolgt die Weitergabe der stabilen Isotope eines Elements von den Produzenten zu den Primär-, Sekundär- und Tertiärkonsumenten. Dementsprechend verändert sich die Isotopensignatur (An- oder Abreicherung) der Organismen der verschiedenen Trophiestufen. Die Differenz zwischen den produzierenden Pflanzen und den Konsumenten wird als Fraktionierungsfaktor charakterisiert (Ambrose 1993). Diese masseabhängige Fraktionierung ist in Zusammenhang mit den unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften der Isotope eines Elements zu sehen (Faure 1986).

Knochenkollagen reflektiert den Proteinanteil der Ernährung, da zur Kollagensynthese Kohlenstoff und Stickstoff speziell aus mit der Nahrung aufgenommenen Proteinen genutzt werden (Ambrose & Norr 1993, Tieszen & Fagre 1993). Die Konzentrationen von Kohlenstoff und Stickstoff sind in tierischem Gewebe und somit im Knochenkollagen streng metabolisch kontrolliert (Price et al. 1985).

Knochen setzt sich aus rund 70 % anorganischer Matrix und etwa 30 % organischer Matrix zusammen, wobei Kollagen Typ I als Strukturprotein mit etwa 90 % die maßgebliche organische Substanz im Knochen darstellt. Eine vollständige Neusynthese der Kollagenfasern erfolgt bei Erwachsenen alle 10 bis 30 Jahre, so dass mittels der ¹⁵N- und ¹³C-Isotopenanalyse das Nahrungsverhalten einer längeren Zeitspanne aufgezeigt werden kann (Krueger & Sullivan 1984, Price et al. 1985, Ambrose 1993). Hedges et al. (2007) wiesen bei heranwachsenden Individuen eine wesentlich höhere Knochenumbaurate und bei Erwachsenen eine verlangsamte Umbaurate mit zunehmendem Alter nach. Des Weiteren ist auf eine höhere Kollagenneusynthese von Frauen im Verhältnis zu Männern hinzuweisen (Martin & Armelagos 1985, Hedges et al. 2007).

Anhand von $\delta^{13}\text{C}$ -Werten besteht die Möglichkeit auf den verzehrten Pflanzentyp (C_3 - oder C_4 -Pflanzen¹³) zu schließen, der als Nahrungsgrundlage diente (Krueger & Sullivan 1984). Der Kohlenstoff wird in Form von atmosphärischem Kohlenstoffdioxid (CO_2) mit -8 ‰ bis -7 ‰ ¹³C über die Stomata der Pflanzenblätter aufgenommen und durch die Photosynthese in organisches Material umgewandelt (Schwarcz & Schoeninger 1991). C_3 -Pflanzen fixieren CO_2 in der Photosynthese in enzymatisch (Enzym: Ribulose-1,5-

¹³ Die Bezeichnung C_3 -Pflanzen oder C_4 -Pflanzen geht jeweils auf das erste stabile CO_2 -Fixierungsprodukt zurück, das entweder eine Verbindung mit 3 C- oder 4 C-Atomen darstellt (Tischler 1993).

bisphosphat-Carboxylase/Oxidase, „Rubisco“) anderer Form als C₄-Pflanzen (Enzym: Phosphoenolpyruvat-Carboxylase, „PEPC“) (Straßburger 1991).

C₄-Pflanzen existieren vorzugsweise in trockenen Gebieten mit hohen Temperaturen, da sie gegenüber verschiedenen Umweltfaktoren wie zum Beispiel Lichtintensität und Temperatur im Vergleich zu C₃-Pflanzen unempfindlicher sind (van der Merwe 1989, Schwarcz & Schoeninger 1991). Die Enzyme in C₄-Pflanzen wirken hinsichtlich der Bindung von atmosphärischem CO₂ optimal bei 30 °C - 45 °C und bei 100%iger Sonneneinstrahlung, wohingegen die Funktionalität von „Rubisco“ der C₃-Pflanzen bei 15 °C - 35 °C und bei 10 % - 25 % Sonnenlichtaussetzung als optimal anzusehen ist (Ambrose 1986). Die hohe Affinität von „PEPC“ zu CO₂ sowie der wesentlich niedrige CO₂-Kompensationspunkt¹⁴ der C₄-Pflanzen im Verhältnis zu den C₃-Pflanzen erlaubt die CO₂-Fixierung bei nur geringfügig geöffneten Stomata, was in Zusammenhang mit der Reduktion der Evapotranspiration zu sehen ist. Gleichzeitig führt der niedrige CO₂-Kompensationspunkt der C₄-Pflanzen zu einer verstärkten Fixierung von ¹³CO₂ (Ambrose 1986). Höhere δ¹³C-Werte im Konsumentenkollagen signalisieren dementsprechend den Konsum von C₄-Pflanzen, da diese Pflanzen in geringerem Ausmaß als C₃-Pflanzen gegen das schwere Kohlenstoffisotop diskriminieren und somit mehr von dem verfügbarem ¹³CO₂ aufnehmen (Price et al. 1985). Die δ¹³C-Werte der C₄-Pflanzen variieren von -16 ‰ bis -9 ‰ (van der Merwe 1989).

CAM-Pflanzen (Crassulacean acid metabolism), wie zum Beispiel Kakteengewächse oder Ananas, sind je nach Umweltbedingungen zur C₃- oder C₄-Photosynthese befähigt und können folglich deren δ¹³C-Werte von -9 ‰ bis ca. -30 ‰ aufweisen. In ariden Regionen tendieren CAM-Pflanzen zur C₄-Pflanzen-Photosynthese, allerdings mit nächtlicher Spaltöffnung und CO₂-Fixierung. Zu beachten ist, dass bei der gleichzeitigen Existenz von CAM-Pflanzen und C₄-Pflanzen in einem Gebiet eine Unterscheidung im Konsumentenkollagen und eine differenzierte Ernährungsrekonstruktion nicht möglich ist (Price et al. 1985).

Bei C₃-Pflanzen erfolgt, wie ausgeführt, eine stärkere Diskriminierung gegenüber dem langsamer beweglichen ¹³CO₂, mit infolge niedrigeren δ¹³C-Werten im Verhältnis zu atmosphärischem CO₂ und zu C₄-Pflanzen (Krueger & Sullivan 1984). Die Fraktionierung während der Diffusion von CO₂ über die Stomata sowie während der Carboxylierung für

¹⁴ CO₂-Kompensationspunkt: CO₂-Verbrauch bei der Photosynthese und CO₂-Produktion durch die Photorespiration in den Pflanzen sind ausgeglichen (Straßburger 1991).

„Rubisco“ resultiert in einem durchschnittlichen $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -27‰ für C_3 -Pflanzen (Heaton 1999). Zu den C_3 -Pflanzen zählen zum Beispiel Weizen, Reis, Leguminosen und Nüsse, während zum Beispiel Hirse, Mais, Zuckerrohr und tropische Gräser C_4 -Pflanzen darstellen (Ambrose 1993).

Van der Merwe (1989) zufolge kann bei C_3 -Pflanzenblättern von einem $\delta^{13}\text{C}$ -Wert im Durchschnitt von $-26,5\text{‰}$ mit einer Variation von -35‰ bis -22‰ ausgegangen werden. Zu beachten ist, dass Pflanzen mit höherem Wasserverbrauch oder C_3 -Pflanzen aufgrund von Wassermangel in trockenen und warmen Regionen positivere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aufweisen, die sich in den Trophiestufen reflektieren können (Ambrose 1993). Hinsichtlich des $\delta^{13}\text{C}$ -Wertes in C_3 -Pflanzen sind Abhängigkeiten von der Lichtintensität, von der Temperatur, von der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit bekannt (Tieszen 1991, Ambrose 1993).

Beim so genannten Baldachin-Effekt des Waldes zeigen bodennahe Pflanzen niedrigere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte als die Pflanzenblätter des Blätterdachs, da das in Bodennähe abgegebene, abgereicherte CO_2 von den Pflanzen erneut aufgenommen wird. Die Blätter der Baumkrone hingegen weisen aufgrund der Fixierung von atmosphärischem CO_2 höhere $\delta^{13}\text{C}$ -Signaturen auf (van der Merwe & Medina 1989, van der Merwe & Medina 1991). Desgleichen führt die geringere Lichtintensität am Waldboden, verbunden mit einer reduzierten Photosynthese, zu abgereicherten $\delta^{13}\text{C}$ -Werten bei bodennahen Pflanzen (Ehleringer et al. 1986). Im terrestrischen Ökosystem sind somit bei Tieren, deren Nahrungsgrundlage bodennahe Pflanzen des Waldes darstellen, die niedrigsten $\delta^{13}\text{C}$ -Werte festzustellen, die sich im Nahrungsnetz widerspiegeln können (Ambrose & DeNiro 1986, van der Merwe & Medina 1991).

Im marinen Biotop steht der Kohlenstoff in Bezug zum gelösten Bikarbonat des Wassers, mit ungefähr 0‰ ^{13}C . Marine Nahrungsnetze basieren überwiegend auf dem C_3 -Photosyntheseweg; so weisen marine C_3 -Pflanzen im Durchschnitt -19‰ $\delta^{13}\text{C}$ auf (Smith & Epstein 1971) und sind demzufolge rund 7‰ $\delta^{13}\text{C}$ negativer als terrestrische C_3 -Pflanzen (Schwarcz & Schoeninger 1991). Allerdings können die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte je nach Pflanzentyp und Kohlenstoffquelle im marinen Habitat stark variieren (Schwarcz & Schoeninger 1991, Ambrose 1993). Wie im marinen Biotop kommen in Süßgewässern als Kohlenstoffquelle atmosphärisches CO_2 , gelöstes CO_2 des Wassers, Bikarbonat, Karbonat von Boden und Gestein sowie Dekompositionsprodukte der im Wasser existierenden Pflanzen und Tiere in Betracht. Demzufolge variieren die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Organismen eines Frischwasser-Ökosystems beträchtlich (Katzenberg & Weber 1999, Katzenberg 2000), zum Beispiel von

-23,8 ‰ bis -30,5 ‰ $\delta^{13}\text{C}$ in C_3 -Pflanzen (Vander Zanden & Rasmussen 1999). Es ist zu beobachten, dass die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der C_3 -Pflanzen in Süßgewässern den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten von terrestrischen C_3 -Pflanzen entsprechen, während die Pflanzen im marinen Ökosystem auch wesentlich positivere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte analog den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten von C_4 -Pflanzen aufweisen können (Schwarcz & Schoeninger 1991).

Tabelle 1 führt die Durchschnittswerte für $\delta^{13}\text{C}$ habitatabhängig in verschiedenen Pflanzentypen nach Smith und Epstein (1971), van der Merwe (1989) sowie Vander Zanden und Rasmussen (1999) auf.

Tabelle 1: Durchschnittswerte für $\delta^{13}\text{C}$ in C_3 - und C_4 -Pflanzen in verschiedenen Habitaten, nach Smith und Epstein (1971), van der Merwe (1989) sowie Vander Zanden und Rasmussen (1999).

Pflanzentyp	$\delta^{13}\text{C}$ -Werte
C_3 -Pflanzen terrestrisch	-35 ‰ bis -22 ‰, Mittel -26,5 ‰
C_3 -Pflanzen im Meer	ca. -19 ‰
C_3 -Pflanzen im Süßwasser	ca. -30,5 ‰ bis ca. -23,8 ‰
C_4 -Pflanzen terrestrisch	-16 ‰ bis -9 ‰, Mittel -12,5 ‰

Von den Herbivoren zu den Carnivoren zeigt sich im Kollagen eine Anreicherung für $\delta^{13}\text{C}$ von ca. 1 ‰ (Schoeninger & DeNiro 1984, Schoeninger 1985); Lee-Thorp et al. (1989) gehen von 3 ‰ aus (siehe Abbildung 18).

Anhand eines konstruierten Nahrungsnetzmodells von Lee-Thorp et al. (1989) kann die Anreicherung von $\delta^{13}\text{C}$ in den herbivoren und carnivoren Konsumenten und in Geweben wie Kollagen, Fleisch, Fette und Apatit nachvollzogen werden (Abbildung 18). Aufgrund der Fraktionierung während der Aminosäuresynthese weist das Konsumentenkollagen eine Anreicherung von ca. 5 ‰ $\delta^{13}\text{C}$ im Verhältnis zu den produzierenden Pflanzen und dem herbivoren Fleisch auf (Krueger & Sullivan 1984, Lee-Thorp et al. 1989). „For carbon isotopes in collagen, you are what you eat plus 5 ‰“ (Ambrose et al. 1997: 348).

Die Nahrungsgrundlage C_3 - oder C_4 -Pflanzen ist ermittelbar durch Subtraktion des Fraktionierungsfaktors vom gemessenen $\delta^{13}\text{C}$ -Wert eines Konsumenten. Fleisch eines Herbivoren ist mit ca. 2 ‰ im Verhältnis zum Kollagen angereicherter, Fett eines Herbivoren zeigt um 5 ‰ negativere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in Bezug zum Fleisch (Lee-Thorp et al. 1989). $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Knochenapatit von Herbivoren und von Carnivoren sollen Untersuchungen von Lee-Thorp et al. (1989) zufolge kongruent sein.

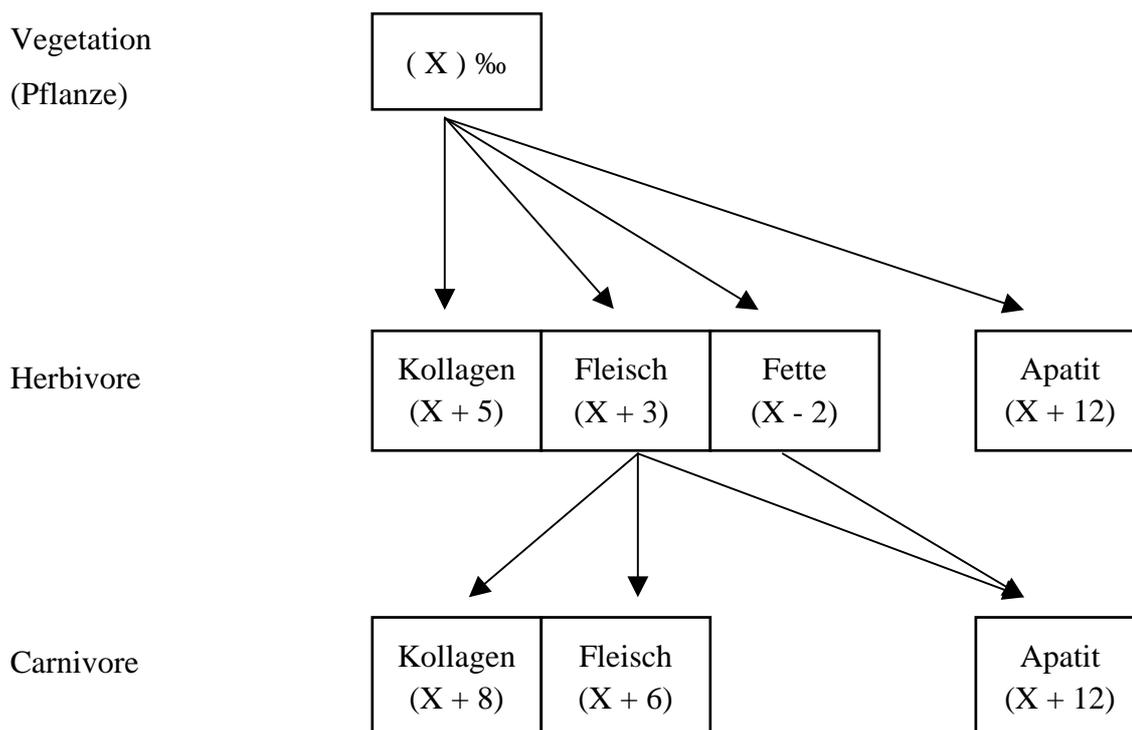


Abbildung 18: Verteilungsmodell stabiler schwerer Kohlenstoffisotope im Nahrungsnetz, nach Lee-Thorp et al. (1989), basierend auf dem Modell von Krueger und Sullivan (1984).

Hinsichtlich $\delta^{15}N$ zeigt sich eine Anreicherung von Trophiestufe zu Trophiestufe um ca. 3 ‰ bis 4 ‰, so dass eine Differenzierung von Primärkonsumenten zu Sekundärkonsumenten möglich ist (Schoeninger & DeNiro 1984). Da Kohlenhydrate und Fette keinen Stickstoff aufweisen, steht das Stickstoffisotopenverhältnis im Konsumentengewebe in direkter Beziehung zum Nahrungsprotein zuzüglich des Trophiestufeneffekts (Ambrose et al. 1997). „For nitrogen isotopes of consumer tissue proteins, you are what you eat plus 3-4 ‰“ (Ambrose et al. 1997: 348). Diese Anreicherung wird auf die Fraktionierung während der Transamination und Deamination der nicht-essentiellen Aminosäuren¹⁵ zurückgeführt (Ambrose 1991).

Jedoch sind bei der Interpretation von $\delta^{15}N$ -Werten spezifische Umweltfaktoren zu berücksichtigen. Terrestrische Pflanzen nehmen Stickstoff durch die im Boden existenten Formen Nitrat (NO_3^-) sowie Ammonium (NH_4^+) oder durch die Symbiose mit atmosphärischen N_2 fixierenden Bakterien auf und bilden somit stickstoffhaltige organische Verbindungen, wie Aminosäuren. Klimatische Bedingungen beeinflussen die $\delta^{15}N$ -Werte im Boden und

¹⁵ Es ist zwischen den essentiellen Aminosäuren, die mit der Nahrung aufgenommen werden müssen und den nicht-essentiellen Aminosäuren zu unterscheiden, die vom Körper synthetisiert werden können (Schwarcz & Schoeninger 1991).

folgend der Pflanzen sowie der Tiere (Ambrose 1991). Spezies in ariden Gebieten weisen häufig höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Signaturen auf, da zur Wasserersparnis dürrerolerante Tiere, zum Beispiel Schafe, isotopisch leichten Harnstoff in relativ hohen Konzentrationen im Urin ausscheiden (Ambrose 1991). In der Regel werden trockenen und heißen Gebieten, Salzböden und Regionen mit erhöhten tierischen Ausscheidungen höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zugeschrieben, da leichte Stickstoffverbindungen bevorzugter verdunsten als schwere (Ambrose 1991).

Des Weiteren ist zu beachten, dass bei Nahrungsmangel Proteindefizite durch Wiederverwertung von körpereigenen Stickstoffverbindungen ausgeglichen werden, wodurch erhöhte $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im entsprechenden Organismus resultieren (Koch et al. 1994). Durch Krankheiten wie Osteomyelitis (Katzenberg & Lovell 1999), durch die Menopause (White & Armelagos 1997) oder während einer Schwangerschaft (Fuller et al. 2004) kann eine Beeinflussung bzw. Veränderung der $\delta^{15}\text{N}$ -Werte bei Menschen erfolgen.

In Abbildung 19 sind die Spannbreiten von $\delta^{15}\text{N}$ -Werten und $\delta^{13}\text{C}$ -Werten der Produzenten und verschiedener Konsumenten abgebildet.

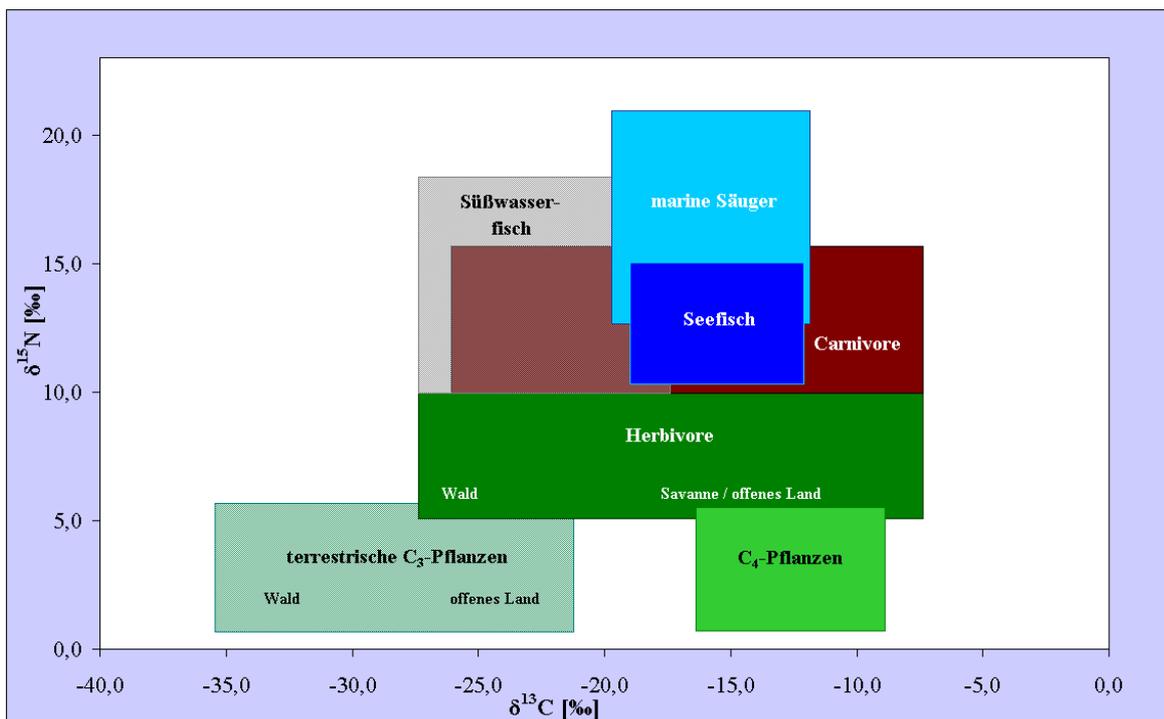


Abbildung 19: Nahrungsnetzmodell mit den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten und $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Produzenten und der verschiedenen Konsumenten, nach Ambrose (1986), van der Merwe (1989) und Mays (2000).

In Abbildung 19 lassen sich charakteristische Differenzen hinsichtlich der Isotopensignaturen von Konsumenten und ihrer gegebenenfalls aufgenommenen Nahrung er-

kennen. Pflanzen im marinen Biotop weisen wesentlich höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte als terrestrische Pflanzen auf und marine Nahrungsketten zeichnen sich durch differenzierte Trophiestufen aus, so dass eine Reflektion von erhöhten $\delta^{15}\text{N}$ -Werten im marinen Nahrungsnetz festzustellen ist (Schoeninger & DeNiro 1984). Bei Süßwasserfisch sind im Verhältnis zu terrestrischen Carnivoren höhere oder analoge $\delta^{15}\text{N}$ -Werte, jedoch vergleichbare $\delta^{13}\text{C}$ -Werte wie bei C_3 -Pflanzen (Schwarcz & Schoeninger 1991, Pate 1997, Mays 2000) oder geringfügig angereicherte $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zu beobachten (Katzenberg 2000).

Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte können als Indikatoren für den Still- bzw. Abstillprozess von Kleinkindern dienen. Während bei Neugeborenen noch vergleichbare $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zu den Müttern festzustellen sind, erfolgt durch die Zugabe von Muttermilch im Verlauf des Stillvorganges im Organismus des Kindes eine Anreicherung mit dem schwerem Stickstoffisotop. Gestillte Kinder weisen dementsprechend eine höhere Trophiestufe als ihre Mütter auf. Beim Entwöhnungsprozess kann eine Verringerung der $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Kindsorganismus erfasst werden (Fogel et al. 1989, Fuller et al. 2003).

Die $\delta^{13}\text{C}_{\text{K}_0}$ -Werte liefern desgleichen Hinweise auf eine von Muttermilch geprägte Ernährung von Kleinkindern, da in Untersuchungen an Fingernägeln von Mutter-Kind Paaren ein Trophiestufeneffekt während des Stillprozesses aufgezeigt werden konnte (Fuller et al. 2006b). Beim Abstillen sinken die $\delta^{13}\text{C}_{\text{K}_0}$ -Werte im Verhältnis zu den $\delta^{15}\text{N}$ -Werten wesentlich schneller auf das mütterliche Niveau ab, so dass sich mit den $\delta^{13}\text{C}_{\text{K}_0}$ -Werten der Zeitpunkt von fester Nahrungszugabe feststellen lässt, während die schweren Stickstoffisotope bevorzugt auf den Zeitraum des Stillvorgangs hinweisen (Fuller et al. 2006b).

Des Weiteren können die Isotopenverhältnisse des Kohlenstoffisotops im Knochenkarbonat zur Ernährungsrekonstruktion herangezogen werden, da der vollständige Umbau des Karbonats etwa sieben bis zehn Jahre in Anspruch nimmt und somit die Nahrungsgrundlagen eines längeren Zeitraumes reflektiert werden (Sillen 1989, Mays 2000).

Das anorganische Material (ca. 70 %) des Knochens ist als ein hexagonal strukturiertes Kalziumphosphat kristalliner Form in die organische Matrix eingelagert (Sillen 1989). Dieser Hydroxylapatit weist zwei bis vier Gewichtsprozent Karbonat (CO_3) auf. Es wird zwischen strukturellem Karbonat und adsorbiertem Karbonat unterschieden, welches auf der Kristalloberfläche gebunden ist (Lee-Thorp 2002). Aufgrund eines langsameren Austausch- und Erneuerungsumsatz sowie einer höheren Resistenz gegenüber diagenetischen Modifikationen wird zur Analyse der stabilen Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope nur

strukturelles Karbonat herangezogen (Sillen 1989, Ambrose & Norr 1993). Um abweichende $\delta^{13}\text{C}_{\text{Ka}}$ -Werte zu vermeiden, ist eine vollständige Entfernung von adsorbiertem Karbonat bei der Extraktion notwendig (Lee-Thorp & van der Merwe 1991)¹⁶. Strukturelles Karbonat degradiert im Gegensatz zu Kollagen zeitlich reduzierter (Lee-Thorp et al. 1994, Lee-Thorp & Sponheimer 2006). Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass qualitativ gutes Kollagen unter entsprechenden Bedingungen auch zum Beispiel über 200.000 Jahre überdauern kann (Jones et al. 2001) und sogar in einem ungefähr 1,5 Millionen Jahre altem *Australopithecus* aus Swartkrans/Südafrika nachgewiesen werden konnte (Schultz 1982).

Das strukturelle Karbonat des Hydroxylapatits wird vom Blutbikarbonat gebildet, welches in Bezug vom mit der Ernährung aufgenommenen Kohlenstoff gesehen werden kann (Lee-Thorp 2002). In Gegensatz zum Kollagen reflektiert das Knochenkarbonat die absolute konsumierte Nahrung (Proteine, Kohlenhydrate, Fette) und weist demzufolge um 3 ‰ bis 10 ‰ positivere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Verhältnis zum Kollagen auf (Ambrose 1993, Ambrose & Norr 1993, Tieszen & Fagre 1993).

Im Nahrungsnetzmodell (Abbildung 18) gehen Lee-Thorp et al. (1989) von einer $\delta^{13}\text{C}$ -Anreicherung von rund 12 ‰ im Knochenkarbonat im Verhältnis zur konsumierten Grundnahrung aus. In Untersuchungen differierten je nach Säugetierart und entsprechendem Stoffwechsel und Physiologie die ermittelten Fraktionierungsfaktoren (Ambrose & Norr 1993, Tieszen & Fagre 1993, Cerling & Harris 1999). Cerling und Harris (1999) stellten bei großen Paarhufern (Rinder, Schafe, Ziegen, Schweine) bezüglich des Knochenapatits einen Fraktionierungsfaktor von $14,1 \text{ ‰} \pm 0,5 \text{ ‰}$ fest und gehen bei Equiden von einem Fraktionierungsfaktor von $13 \text{ ‰} \pm 1 \text{ ‰}$ aus. Ambrose und Norr (1993) sowie Tieszen und Fagre (1993) wiesen für Nagetiere einen Fraktionierungsfaktor von weniger als 10 ‰ nach.

Krueger und Sullivan (1984) zufolge sind carnivore Spezies in größerem Umfang als Herbivore für den Energiestoffwechsel auf Fette angewiesen. Bei dem Nahrungskonsum von Herbivoren ist zu berücksichtigen, dass die Isotopenverhältnisse von Pflanzenprotein und Pflanzenkohlenhydraten nicht wesentlich differieren und die an $\delta^{13}\text{C}$ abgereicherten Fette in Pflanzen zu vernachlässigen sind (Krueger & Sullivan 1984). Mittels einer Subtraktion des $\delta^{13}\text{C}$ -Wertes des Kollagens vom $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Karbonats ($\Delta^{13}\text{C}_{\text{Ka-Ko}}$) soll auf den Fett- bzw. Fleischanteil der Ernährung geschlossen werden können, da Fette ungefähr

¹⁶ Siehe Kapitel 3.3.4 „Karbonatextraktion“.

5 ‰ - 6 ‰ geringere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte vorweisen und niedrigere $\Delta^{13}\text{C}_{\text{Ka-Ko}}$ -Werte somit Carnivorie reflektieren (DeNiro & Epstein 1978, Krueger & Sullivan 1984). Die Differenz zwischen den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten aus Karbonat und Kollagen wies in Untersuchungen bei Herbivoren einen Wert von $7 \pm 1,5$ ‰ und bei Carnivoren von 4 ± 1 ‰ auf (Lee-Thorp et al. 1989) und wurde folglich als Indikator der Trophiestufe angesehen (DeNiro & Epstein 1978, Krueger & Sullivan 1984, Lee-Thorp et al. 1989).

Anhand von $\delta^{18}\text{O}$ -Werten des Knochenkarbonats und -phosphats sind paläoklimatische Analysen (Longinelli 1984) und der Nachweis von Migration von Individuen sowie die Rekonstruktion der geographischen Herkunftsregion möglich (White et al. 1998, Dupras & Schwarcz 2001). Am Äquator zeigt sich in den Niederschlägen die höchste Konzentration von schweren Sauerstoffmolekülen, da dort die größte Masse feuchter Luft festzustellen ist, die durch Kondensation von ^{18}O isotopisch leichter wird. An den Polen dagegen weist die feuchte Luft, bedingt durch das Abregnen im Bewegungsverlauf der Luftmassen vom Äquator Richtung der Erdpole, die niedrigsten $\delta^{18}\text{O}$ -Werte auf (Fürstel & Hützen 1982, Faure & Mensing 1986).

Die gemessenen $\delta^{18}\text{O}$ -Signaturen im Karbonat des Knochens von Organismen sind in Bezug zu dem Körperwasser zu sehen, welches indessen in direkter Beziehung zum aufgenommenen Trinkwasser und somit zum Umweltwasser steht (Longinelli 1984, Luz & Kolodny 1989, Mays 2000). Die Isotopenverhältnisse von Sauerstoff im Wasser variieren in Abhängigkeit der geographischen und klimatischen Bedingungen (Faure 1986). Das Umweltwasser ist temperaturinduziert, da das leichtere H_2^{16}O essentieller bei höheren Temperaturen verdunstet als das schwere H_2^{18}O und so erhöhte $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in wärmeren Gebieten resultieren (Lajtha & Marshall 1994, Mays 2000). Grundsätzlich ist das Verhältnis von H_2^{18}O zu H_2^{16}O eine Funktion der Verdunstung und Kondensation von Wasser, der Höhe über dem Meeresspiegel, der Entfernung vom Äquator sowie der Küste und der Regenfallmenge (Faure & Mensing 1986, Lajtha & Marshall 1994).

Verschiedene Faktoren wie unterschiedliche Thermoregulations- oder Evaporationsmechanismen, Stoffwechselrate, Ernährung und Physiologie sind allerdings bei der Analyse der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von Organismen zu berücksichtigen (Bryant & Froelich 1995, Kohn 1996, Kohn et al. 1996).

Aufgrund des Wasserbezugs von vielen Spezies aus der Nahrung können die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von Tieren neben der Trinkwasseraufnahme in Abhängigkeit von der Nahrungsbasis gesehen werden (Sponheimer & Lee-Thorp 1999). Da das Pflanzenwasser von C_3 - und C_4 -Pflanzen im Verhältnis zum Grundwasser grundsätzlich in ariden Regionen mit ^{18}O ange-

reicherter ist (Sternberg et al. 1984) stellten Sponheimer und Lee-Thorp (2001) bei herbivoren Tieren in Südafrika angereicherte $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Vergleich zu carnivoren Tieren fest. Bei C_4 -Pflanzen und CAM-Pflanzen sind im Gegensatz zu C_3 -Pflanzen positivere $\delta^{18}\text{O}$ -Werte nachgewiesen worden (Sternberg et al. 1984, Sternberg et al. 1986), so dass sich bei herbivoren Spezies mit bevorzugtem C_4 -Pflanzenkonsum eine Anreicherung mit dem schweren Sauerstoffisotop abzeichnet (Kohn et al. 1996).

Bei carnivoren Tieren lassen sich häufig ihren Beutetieren entsprechende $\delta^{18}\text{O}$ -Werte erkennen, da sie Wasser in Form der Körperflüssigkeiten der Beutetiere aufnehmen. Hechelnde Tiere geben aufgrund der Verdunstung mit dem leichtem Sauerstoffisotop angereicherten Wasserdampf ab, so dass diese Tiere positivere $\delta^{18}\text{O}$ -Werte vorweisen (Sponheimer & Lee-Thorp 1999).

Bei Menschen können unter anderem Faktoren wie Krankheiten, zum Beispiel Anämien (Epstein & Zeiri 1988), physische Beanspruchungen (Zanconato et al. 1992), die Ernährung (Bryant & Froelich 1995) oder intensivierete Transpiration (Dupras & Schwarcz 2001) die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Körper beeinflussen.

Des Weiteren können auch die schweren Sauerstoffisotope als Indikator für den Stillprozess angesehen werden, da in Urinuntersuchungen bei gestillten Kleinkindern angereicherte $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ermittelt werden konnten (Roberts et al. 1988). Die vom Körperwasser der Mutter gebildete Muttermilch weist einen höheren Anteil ^{18}O als das konsumierte Trinkwasser auf, da bevorzugt das leichte ^{16}O vom Organismus wieder abgegeben wird. Dem Stillvorgang exponierte Kinder nehmen die angereicherte Muttermilch auf. Mit dem Abstillen sinken die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte auf das mütterliche Niveau ab (Bryant & Froelich 1996, Wright & Schwarcz 1999, Katzenberg 2000).

1.7 Spurenelemente

Die Rekonstruktion von Nahrungskomponenten und Ernährungsgewohnheiten erfolgt seit einigen Jahren anhand der Analyse von Spurenelementen in bodengelagerten menschlichen Knochen. Spurenelemente sind in geringfügiger Konzentration im Körper existente Mineralstoffe (Sandford 1993), die aus dem Knochendepot dem Bau- und Erhaltungstoffwechsel zur Verfügung gestellt werden können (Schutkowski 1994). Mit der Nahrung aufgenommene Spurenelemente reflektieren ihre Konzentrationen in gespeicherter Form im Skelett wie beispielsweise Strontium mit etwa 99 % (Sandford 1993), wobei die

Resorption der verschiedenen Elemente und ihr Eintrag im Knochen differiert (Grupe 1987).

Die Hauptkomponente der mineralischen Matrix des Knochens ist das Kalziumphosphat, in Form des Hydroxylapatits, in dessen Kristallgitter Elemente substituiert werden können (Sillen 1989). Es wird davon ausgegangen, dass Spurenelemente in charakteristischen Konzentrationen in Grundnahrungsmitteln vorliegen und durch die Resorption im Knochen Aussagen über marine im Vergleich zu terrestrischer Nahrung oder vegetabilen im Verhältnis zu animalischer Ernährung ermöglichen (Price et al. 1985, Grupe 1992). Infolge der verhältnismäßig langsamen Umbaurate von compactem Knochen wird von einer Speicherung der Spurenelemente im Knochen von rund 10 Jahren ausgegangen (Brätter et al. 1988), so dass sich „längerfristige, über einen mehrjährigen Zeitraum andauernde Zustandsbilder“ aufzeigen lassen sollen (Schutkowski 1994: 68). Compact Knochen ist diagenetischen Prozessen in geringerem Maße ausgesetzt als spongiöser Knochen, so dass konventionsgemäß die obere Diaphyse des Femurs zur Spurenelementanalyse herangezogen wird (Lambert et al. 1982, Pate & Brown 1985, Grupe 1988).

Aufgrund der unterschiedlichen Konzentrationsverteilung von einzelnen Elementen in verschiedenen Nahrungsbestandteilen sind Multielementspektren gegenüber Einzelementanalysen vorzuziehen (Buikstra et al. 1989, Schutkowski 1994). Im Gegensatz zu den Isotopenanalysen, die eine Interpretation auf Individuenbasis gestatten, ist bedingt durch die intraindividuelle Variabilität von Spurenelementen im Knochen (Brätter et al. 1977) eine Betrachtung von Individuengruppen zu berücksichtigen (Schutkowski 1994). Desgleichen sollten zur Interpretation des Nahrungsverhaltens von Populationen nur Skelettserien für die chemischen Analysen herangezogen werden, die die Repräsentanzkriterien erfüllen und demzufolge Aussagen zur historischen Lebendbevölkerung zulassen (Herrmann et al. 1990).

Viele ursprünglich zur Ernährungsrekonstruktion herangezogene Spurenelemente sind inzwischen als Nahrungsindikatoren aufgrund postmortaler Instabilität (zum Beispiel Magnesium, Eisen, Nickel), der ungewissen Interdependenz zwischen der Nahrungsaufnahme und der Knochenkonzentration, ungesicherten physiologischen und metabolischen Faktoren sowie der fraglichen Bioverfügbarkeit der jeweiligen Elemente aus der Nahrung (zum Beispiel Kupfer) als ungeeignet anzusehen (Wolfspurger 1994). Schon Lambert et al. (1979) wiesen beispielsweise Eisen, Aluminium und Mangan als für diagenetische Prozesse anfällige Elemente aus.

Sandford und Weaver (2000) zufolge gelten nur Strontium und Barium als verhältnismäßig zuverlässige Nahrungsindikatoren. Strontium und Barium, aber auch Magnesium weisen als Elemente der Hauptgruppe IIa des Periodensystems ähnliche chemische Eigenschaften wie Kalzium auf und können direkt Gitterplätze von Kalzium im Hydroxylapatit des Knochens einnehmen (Sandford 1993). Strontium und Barium werden höhere Konzentrationen in vegetabiler Nahrung zugeschrieben. Sie gelten infolgedessen als Anzeiger für die Trophiestufe, aus der die ursprüngliche Nahrung bestand (Price et al. 1985). Zur Identifizierung der Trophiestufen sind vergleichende Analysen zu Tierknochen des jeweiligen Biotops angebracht (Schoeninger 1985, Schutkowski 1994).

Die von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommenen Elemente Strontium und Barium werden in den Konsumenten zugunsten von Kalzium diskriminiert, so dass in animalischer Nahrung weniger von beiden Elementen vorhanden ist, als in vegetabiler (Price et al. 1985), da bei Pflanzen bei der Bodenabsorption keine Differenzierung zwischen Kalzium und Strontium erfolgt (Comar et al. 1957). Bei dieser „Biopurifikation des Kalziums“ wird Kalzium im Vergleich zu Strontium oder Barium bevorzugt im Konsumentengewebe assimiliert (Elias et al. 1982).

Die Strontium- und Bariumkonzentration im Knochen wird durch den Kalziumgehalt in der Nahrung beeinflusst. Der Sr/Ca-Quotient und der Ba/Ca-Quotient stellt das Verhältnis des Elements Strontium bzw. Barium zum anstelle von Kalzium im Hydroxylapatit eingenommenen Gitterplatz dar. Ein hoher Sr/Ca-Quotient und Ba/Ca-Quotient soll demzufolge einen erhöhten Anteil an pflanzlicher Kost signalisieren (Lambert & Weyert-Homeyer 1993, Burton & Wright 1995). Da der Körper nur ein Viertel des nahrungsbedingt aufgenommenen Strontiums absorbiert, wird folgender Diskriminierungsfaktor herangezogen:

$$\text{Sr/Ca}_{\text{Knochen}} : 0,25 = \text{Sr/Ca}_{\text{Nahrung}} \quad (\text{Comar 1963}).$$

Spurenelementanalysen sind desgleichen zur Feststellung des Abstillprozesses von Kleinkindern herangezogen worden. Die Brustdrüse sowie die Plazenta diskriminieren gegen Strontium, so dass im Verhältnis zu Kalzium eine Abreicherung von Strontium im Organismus von Neugeborenen bzw. gestillten Kindern resultiert. Ein niedriger Sr/Ca-Quotient bei Kleinkindern soll dementsprechend den Zeitraum des Stillvorgangs aufzeigen (Sillen & Smith 1984, Price et al. 1986). Beim Abstillen wird in der Regel mit vegetabiler Nahrung zugefüttert, so dass ein Ansteigen der Sr/Ca-Quotienten bei Kindern einer Population auf den Entwöhnungszeitpunkt hinweisen kann (Grupe 1991, Mays 2003).

Allerdings ist festzuhalten, dass der Erfolg von Ernährungsrekonstruktionen durch die Analyse von Spurenelementen, insbesondere auch anhand von Strontium, inzwischen

angezweifelt wird (Klepinger et al. 1986, Radosevich 1993, Wolfsperger 1993, Wolfsperger 1994, Fabig 2002, Hotz 2002).

Zu beachten sind sowohl bei den Spurenelement- wie auch bei den Isotopenanalysen de facto stets die diagenetischen Modifikationen, denen Knochen im Boden aufgrund von physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen unterliegen können. Das Bodenmilieu sowie die Fauna und Flora des Bodens können zu chemischen Transformationen im Knochen führen. Beispielsweise degradieren saprophage Mikroorganismen den Hydroxylapatit und die organische Phase (Kollagen), wobei zuerst die organische Matrix degeneriert, an die der anorganische Hydroxylapatit gebunden ist (Wolfsperger 1993).

Die Knochen sind im Boden vielfältigen Einflüssen ausgesetzt. Algen, Pilze, Pflanzenwurzeln, Bakterien, Arthropoden und Würmer können Knochenstrukturen schädigen (Schultz 1986, Schultz 1997b, Schultz 2001a). Algen und Pilze verursachen so genannte Bohrkanäle, wodurch Knochengewebe, zum Beispiel durch Auflösung von Kollagenfibrillen, angegriffen wird und für diagenetische Modifikationen anfälliger ist. Bohrkanäle entstehen durch saure oder enzymatische Exkretionsprodukte von Mikroorganismen (Piepenbrink 1986). Mikroorganismen bedingen Elementverlust oder Kontaminationen mit Elementen und verändern so die Spurenelementkonzentration des Knochens (Grupe & Piepenbrink 1988, Schultz 1997b).

Der pH-Wert des Bodens beeinflusst die Struktur des Hydroxylapatits und damit das Ca/P-Verhältnis. In einem Liegemilieu mit einem pH-Wert im sauren Bereich wird eine Umkristallisation des Hydroxylapatits unter Bildung von Brushit mit einem infolge niedrigeren Ca/P-Verhältnis gefördert (Herrmann & Newesely 1982). Durch die Degradation des Hydroxylapatits in sauren Böden ist von einem Verlust von Spurenelementen im Knochen auszugehen (Herrmann et al. 1990). Nach Gawlik et al. (1982) wird das mittlere Ca/P-Verhältnis im intaktem Hydroxylapatit mit einem Wert von 2,17 beziffert. Höhere Verhältniswerte explizieren beispielsweise die Einlagerung von CaCO_3 im Knochen (Hassan & Ortner 1977, Grupe & Piepenbrink 1989a).

Dagegen bewirken verschiedene Elemente, wie Mangan, Eisen und insbesondere Kupfer eine Konservierung von Knochen (Schultz 1986, Schultz 1997b, Schultz 2001a). So führen beispielsweise am Skelettindividuum angrenzend niedergelegte Bronzebeigaben zu einer besseren Erhaltung der Knochen (Schultz 1986).

Grundsätzlich können die im Knochen registrierten biologischen Signale der Ernährung durch die postmortale Degradation beeinträchtigt oder zerstört werden (Lee-Thorp & Sponheimer 2006), so dass zur Überprüfung von diagenetischen Modifikationen eine

Beurteilung der histologischen Knochenstruktur mittels Knochendünnschliffen erfolgen sollte (Schultz 1986, Schultz 1997b, Sandford & Weaver 2000, Schultz 2001a).

Um eventuelle liegemilieubedingte Beeinflussungen von Spurenelementkonzentrationen im Knochen zu identifizieren, sind des Weiteren Spurenelementanalysen des Bodens angebracht (Buikstra et al. 1989, Sandford 1992).

1.8 Ziele und Aufgabenstellung

Das wesentliche Ziel dieser Untersuchungen ist die Rekonstruktion der demographischen Struktur und des Nahrungsverhaltens der parthisch/römischen Population von Tell Schech Hamad/Magdala um anknüpfend die Lebens- und Umweltbedingungen zu erschließen. Verschiedene Untersuchungen (siehe Becker 1991, Ergenzinger & Kühne 1991, Frey & Kürschner 1991, Krupp & Schneider 1991, Becker im Druck, Smettan im Druck) zu Vegetation und Fauna, Bodenbeschaffenheit, Wasser und klimatischen Verhältnissen der Region versuchten der Frage nach den Voraussetzungen für die Existenzgrundlage einer siedelnden Bevölkerung des Gebietes nachzugehen (Kühne 1991). Kühne (1991: 24) zufolge werden „[...] ökologische Bedingungen eines bestimmten geographischen Raumes in einem bestimmten historischen Abschnitt erforscht, um wirtschaftliche, politische und kulturelle Handlungen der damaligen Menschen vor dem Hintergrund und unter dem Zwang dieser Bedingungen zu begreifen“.

Dieses Dissertationsvorhaben erweitert mit einer primären Forschungsquelle als Basis, dem verstorbenen Menschen, die bisherigen Analysen und beabsichtigt Erkenntnisse zum Leben, zur Lebensqualität und zur Lebensgrundlage der Menschen in der parthisch/römischen Zeit in Nordmesopotamien unter den ausgeführten ökologischen Bedingungen zu gewinnen.

Die anthropologische Befunderhebung an den Skeletten des parthisch/römischen Friedhofs von Magdala und die folgend kombinierte Analyse der biologischen Individualdaten ermöglicht die Darstellung der demographischen Populationsstrukturen.

Vorab erfolgt eine Repräsentanzüberprüfung zur Feststellung, ob die Skelettpopulation als repräsentativ für die historische Lebendbevölkerung angesehen werden kann. Die Ermittlung von Mortalitätsverhältnissen, der Kindersterblichkeit, des Geschlechtsverhältnisses, der durchschnittlichen Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt sowie der Lebenserwartung von Frauen und von Männern mit Beginn des 20. Lebensjahres dient der

Spezifizierung der Lebensqualität und der Lebensbedingungen der Menschen und der Gesellschaftsgruppen.

Die festgestellten Alters- und Geschlechtsverteilungen, aufgeschlüsselt auf die von den Individuen zur Bestattung genutzten Grabformen, dienen ebenso wie die geschlechtsbezogene Verteilungsüberprüfung der Bestattungsformen der Erschließung von Bestattungssitten.

Chemische Analysen an den Skeletten sollen im Besonderen dazu beitragen, Informationen über Nahrungsressourcen, die Ernährungssituation der Kleinkinder, Migrationsverhalten, Mensch/Umwelt-Beziehungen sowie kulturell oder ökologisch bedingtes Nahrungsverhalten im parthisch/römischen Nordmesopotamien zu erhalten.

Aus Knochenproben von ausgewählten Menschen- und Tierskeletten wurden Kollagen und Karbonat extrahiert. Zuvor unterlag der Erhaltungszustand der Knochen einer Begutachtung, unter anderem anhand der Herstellung von Knochendünnschliffen sowie einer Aminosäureanalyse zur Qualitätskontrolle des Kollagens.

Die Isotopenverhältnisse der stabilen Isotope Stickstoff und Kohlenstoff aus dem Kollagen sowie Kohlenstoff und Sauerstoff aus dem Karbonat sind mittels Massenspektrometer gemessen worden. Aus dem chemisch aufbereiteten Hydroxylapatit erfolgte die Messung von 15 Spurenelementen mittels Atomabsorptionsspektrometrie.

Die Hinzuziehung von Knochenproben von Tierskeletten dient der Einordnung der trophischen Stellung von Organismen im Ökosystem. Des Weiteren ist die Analyse von jeweils 15 Spurenelementen in vier Bodenproben zum Vergleich mit den Spurenelementkonzentrationen der Knochenproben von Menschen- und Tierskeletten zur Identifizierung von eventuellen diagenetischen Modifikationen des Hydroxylapatits durch das Liegemilieu einbezogen worden.

Von besonderer Relevanz ist die Erforschung folgender Fragestellungen:

- Ist das Gräberfeld als repräsentativ anzusehen und sind somit Aussagen über die historische Lebendbevölkerung zulässig?
- Auf welche Lebensbedingungen in einer nordmesopotamischen Siedlung zur parthisch/römischen Zeit lassen die Sterbehäufigkeiten in den einzelnen Altersklassen schließen?
- Wie hoch ist die Kindermortalität zu beziffern? Auf welche Lebensumstände in der Population deutet die Kindersterblichkeit?
- Worauf sind die eventuell heterogen erhöhten Sterbehäufigkeiten in den jeweiligen 1-Jahres-Altersstufen der Kinder zurückzuführen?

- Welche Erkenntnisse können anhand von geschlechtsspezifischen Mortalitätsdifferenzen in den Altersklassen zu eventuell divergierenden Lebensbedingungen von Frauen und Männern gewonnen werden?
- Welche Aussagen lassen sich aufgrund des ermittelten Maskulinitätsindex zum Geschlechtsverhältnis und zur Stabilität der Population ableiten?
- Wie ist die ermittelte Lebenserwartung der Population sowie die jeweilige Lebenserwartung der Frauen und der Männer in Bezug auf die Lebensverhältnisse zu beurteilen?
- Zeigen sich alters- oder geschlechtsbedingte Präferenzen bei den genutzten Grabformen sowie geschlechtsspezifische Bevorzugungen einer Bestattungsposition? Inwiefern ist generell eine sozialökonomische oder geschlechtsbedingte Differenzierung bei den Bestattungssitten zu erkennen?
- Erlauben in aridem Klima bodengelagerte Knochen Ernährungsrekonstruktionen anhand chemischer Analysen?
- Auf welche Nahrungsgrundlagen der parthisch/römischen Population deutet die Ernährungsrekonstruktion mittels chemischer Analysen hin?
- Wie ist die Ernährungssituation der Population zu definieren?
- Wie ist der Proteinanteil in der Ernährung zu beurteilen?
- Besteht die Möglichkeit Unterschiede im Nahrungsverhalten von definierten Subgruppen aufzuzeigen? Zeigen sich differierende Ernährungsstrategien zwischen Individuen der Altersklassen adult, matur und senil, zwischen Frauen und Männern, zwischen Individuen der verschiedenen Grabformen sowie Bestattungsformen oder von Individuen aus Gräbern mit und ohne Beigaben?
- Veränderte sich im Verlauf von historischen Epochen die Ernährungskonstellation?
- Worauf lassen sich eventuell abweichende $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von herbivoren Tieren im Verhältnis zu omnivoren und carnivoren Tieren sowie den Menschen zurückführen?
- Sind variierende $\delta^{18}\text{O}$ -Werte bei Individuen der Altersklassen adult, matur und senil oder bei den Frauen und Männern zu erkennen?
- Kann mit Hilfe des schweren Sauerstoffisotops Migration oder eine geographisch homogene Population nachgewiesen werden?
- Ist die Entwöhnungsphase und die Ernährungssituation der Kleinkinder von Magdala mittels chemischer Analysen festzustellen?

- Korrelieren Sterbemaxima in den 1-Jahres-Altersstufen der Kleinkinder mit einer Nahrungsumstellung von der Muttermilch zu einer den Erwachsenen entsprechenden Nahrung?
- Lassen sich Ursachen für die Siedlungsaufgabe anhand der Isotopenanalysen aufzeigen?
- Auf welche Umweltfaktoren und Lebensbedingungen im althistorischem nord-mesopotamischen Magdala deuten die Analysen?