Aus Natur und Landschaft im Saarland

Mardellen im saarländisch-lothringischen Schichtstufenland

von Bettina Barth, Claudia Schneider, Claudia und Thomas G. Schneider, Dieter Dorda, Dietmar Eisinger, Axel Didion und Heinz Royar

Abh. 22 / 1996

Schriftenreihe
"Aus Natur und Landschaft im Saarland"

zugleich

Abhandlungen der DELATTINIA
22 / 1996

Herausgegeben
vom Minister für Umwelt, Energie
und Verkehr des Saarlandes
und der DELATTINIA-Arbeitsgemeinschaft
für tier- und pflanzengeographische Heimatforschung
im Saarland e.V.

Abh. DELATTINIA	22	1- 285	Saarbrücken 1996	ISSN 0948-6526

SCHRIFTLEITUNG:
DR. HARALD SCHREIBER

DRUCK:
ESCHL DRUCK
HOCHSTRASSE 4a
66583 SPIESEN-ELVERSBERG

VERLAG:
EIGENVERLAG DER DELATTINIA
FACHRICHTUNG BIOGEOGRAPHIE
UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
66401 SAARBRÜCKEN

ERSCHEINUNGSORT:
SAARBRÜCKEN

Die Skizze auf der Umschlagseite zeigt Form und Lage von 2 Mardellen, die im "Buschwald", östlich des Forêt de Farschviller in Lothringen vermessen wurden einschließlich der Lage von jeweils 3 angelegten Profilgruben.

Inhalt:

Vorwort von Prof. Dr. Ernst Löffler 5

Mardellen im lothringischen Gipskeuper am Beispiel des Forêt de Farschviller von Bettina Barth 7

Geoökologische Untersuchungen an Mardellen im Forêt de Sierck westlich von Halstroff (Nordost-Lothringen) von Claudia Schneider 61

Vegetation einer Mardelle im Gebiet des Bischwaldes (Lothringen) von Claudia und Thomas G. Schneider 193

Mardellen im südlichen Bliesgau von Dieter Dorda 229

Zur Käferfauna einiger Mardellen im Saar-Blies-Gau von Dietmar Eisinger 237

Vergleichende Untersuchungen der Odonatenzönosen von Mardellen im Bliesgau von Axel Didion 255

Keltische Kultlandschaft im saarländisch-lothringischen Grenzraum von Heinz Royar 273

Nachruf: Helmut Derbsch (23.08.1909-24.1.1995) von Johannes A. Schmitt 281

Abh. DELATTINIA **22**: 7 - 60 Saarbrücken, 1996 ISSN: 0948-6526

Mardellen im lothringischen Gipskeuper

von

Bettina Barth

Inhalt

Seite

1. Einleitung 11

2. Das Untersuchungsgebiet. 15
2.1 Geographische Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets 15
2.2 Geologie 15
2.3 Klima 17

3. Arbeitsmethoden 18
3.1 Lokalisierung der Mardellen 18
3.1.1 Multitemporale Karteninterpretation 18
3.1.2 Lokalisierung im Gelände 18
3.1.3 Luftbildinterpretation 20
3.2 Morphographische Aufnahme der Mardellen 21
3.3 Zusammenfassung 21

4. Morphographie und Raumbezug 24
4.1 Morphographie 24
4.1.1 Form 24
4.1.2 Abfluß 25
4.1.3 Durchmesser 25
4.1.4 Relative Tiefe 27
4.1.5 Querschnitt 27
4.1.6 Hangneigung des Mardellenhanges 28
4.1.7 Feuchtegrad und Wasserstandsmessungen 29
4.1.8 Vegetation 30
4.2 Raumbezug 30
4.2.1 Geologie 31
4.2.2 Höhenlage. 32
4.2.3 Oberflächenneigung 32
4.2.4 Exposition. 33
4.2.5 Lage im Abdachungsbereich des Hanges. 34
4.3 Zusammenfassung 34

5. Literaturanalyse zur Entstehungstheorie 34
5.1 Anthropogene Entstehung 35
5.1.1 Prähistorische Wohnstätten 35
5.1.2 Zisternen und Viehträrken 36

5.1.3 Pingen, Ton- und Mergelgruben 37
5.1.4 Bombentrichter 37
5.2 Natürliche Entstehung 38
5.2.1 Meteoritenkrater 38
5.2.2 Vulkanische Bildung 38
5.2.3 Sölle 38
5.2.4 Pingos 39
5.2.5 Lösungsformen 41
5.3 Zusammenfassung 42

6. Lösungsform Mardelle 42
6.1 Gipslösung 43
6.2 Erdfälle, Dolinen und Mardellen 43
6.3 Detailuntersuchungen 44
6.3.1 Auswahl geeigneter Mardellen 46
6.3.2 Profil- und Bohrberunde 47
6.3.3 Interpretation 50
6.4 Zusammenfassung 52

7. Zusammenfassende Diskussion 52

8. Schriften- und Quellenverzeichnis 54
8.1 Literatur 54
8.2 Kartenwerke 58
8.3 Luftbildmaterial 59

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Mardelle mit einer runden Form 13
Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebietes 14
Abbildung 3: Lage der Mardellen im Untersuchungsgebiet 19
Abbildung 4: Ausschnittsvergrößerung aus dem Untersuchungsgebiet im Luftbild 20
Abbildung 5: Kartierschlüssel 22
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Mardellenformen 24
Abbildung 7: Statistische Auswertung der Achsenlängen von Achse 1 25
Abbildung 8: Statistische Auswertung der Achsenlängen von Achse 2 26
Abbildung 9: Relative Tiefe der Mardellen. 27
Abbildung 10: Querschnitte der Mardellen. 28
Abbildung 11: Ternperatur, Niederschlag und Wasserstand im Jahresverlauf 29
Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der Mardellen im geologischen Substrat 31
Abbildung 13: Höhenlagen der Mardellen 32
Abbildung 14: Verteilung der Mardellen in Korrelation mit der Oberflächenneigung 33
Abbildung 15: Verteilung der Mardellen in Korrelation mit der Hauptexpositionsrichtung 33
Abbildung 16: Lage der Profilgruben in Mardelle l90 und 195. 47
Abbildung 17: Profilgruben in der Mardelle Nr. 190 48
Abbildung 18: Schematische Darstellung der Entstehung einer Mardelle . . . 51

Tabelle 1: Stratigraphie des Keupers in Lothringen 16
Tabelle 2: Klimadaten der Station Nancy 17
Tabelle 3: Querschnittsform der Mardellen 28
Tabelle 4: Prozentuale Verteilung der Vegetations-bedeckung in der Mardelle 30
Tabelle 5: Prozentuale Verteilung der Lage der Mardellen im Abdachungsbereich des Hangs 34

1. Einleitung

Das Salzauslaugungsgebiet zwischen Nancy und Saarbrücken ist bestimmt von einem Wechsel zwischen weitgestreckten Laubwäldern und vorwiegend als Grünland genutzten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Einen besonderen Akzent erhält die Landschaft durch die zahlreichen Weiher und Seen. Sehr treffend trägt die Landschaft den Namen "Pays des Etangs" oder, im Deutschen, das Lothringische Seengebiet.

Neben diesen größeren Wasserflächen findet man aber auch, und vor allem im Wald, kleinere, oft wassergefüllte Hohlformen, die zwar unauffälliger, aber nicht weniger charakteristisch für die Landschaft im Lothringischen Seengebiet sind: die Mardellen. Die Frage nach der Verbreitung und Entstehung der Mardellen hat schon seit jeher nicht nur Wissenschaftler und Naturforscher beschäftigt, sondern auch die Phantasie der Bevölkerung angeregt. Der Volksmund gab ihnen die verschiedensten Namen wie "Höllenmertel", "Heidenloch" und "Hexenpfuhl". Urkunden aus dem 16. und 17. Jahrhundert geben Hinweise, daß Mardellen ..auch in spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen Hexenprozessen eine Rolle spielten (LINCKENHELD 1928: 237). Neben den mystifizierenden Bezeichnungen für einzelne Mardellen kennt der Volksmund für diese Hohlformen auch allgemeine Begriffe wie Mare, wobei der Ausdruck "la mare" nach WICHMANN (1903) von der mittelalterlichen Femininform "mara" abgeleitet wird, was soviel heißt wie Lache, Pfütze oder Tümpel. Andere Bezeichnungen sind Seepe (germanisch "Seep" und niederdeutsch "Siepe" = feuchtes Tal), Mertel oder Pfuhle (WICHMANN 1903: 229). In Lothringen sind die Begriffe Mare, Mardel, Mardellen und Mertel bekannt und gebräuchlich (RISONES 1991: mündlich).

Vorwiegend gegen Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts fanden die Mardellen das Interesse verschiedener naturkundlich Interessierter. Untersuchungen neueren Datums sind die Ausnahme. WICHMANN (1903) führte zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Erhebung über Zahl und Verbreitung der Mardellen durch und nannte etwa 5000 "Maren" in den Waldgebieten des Bezirks Lothringen (heutiges Departement Moselle) und 1796 "Maren" im offenen Gelände (WICHMANN 1903). Gründe dafür, daß man im Wald etwa drei mal mehr Mardellen als im Offenland fand, liegen vor allem in der anthropogenen Reliefumgestaltung durch landwirtschaftliche Nutzung. Die Meinungen über die Anzahl der Mardellen gehen je nach Autor weit auseinander. So nennt WELTER für Lothringen eine Zahl von "... au moins 30000" (WELTER 1924: 201).

Die Frage nach der Entstehungsart der Mardellen beschäftigt sowohl Archäologen als auch Geologen seit langem und bis heute weichen die Meinungen darüber weit auseinander. Neben Archäologen und Historikern, die in den Mardellen gerne

Relikte menschlicher Grabungs- und Siedlungstätigkeit sehen wollten, interpretierten sie Geologen und Geographen als natürliche Hohlformen.

Schlägt man im DIERCKE "Wörterbuch der allgemeinen Geographie" (1989) den Begriff Mardelle nach, findet man die folgende Definition:

> "kleine, rundliche Hohlform, mit Torf gefüllt und durch Auslaugung von Gips in verschiedenen Horizonten der Trias und des Lias entstanden. Die geomorphographische Bezeichnung Mardelle ist im Gutland des nördlichen Luxemburg üblich, wird aber auch in anderen Regionen für ähnlich entstandene Formen verwandt" (LESER et.al. 1989: 384).

Außer der morphographischen Beschreibung liegt der Schwerpunkt dieser Definition auf der natürlichen Entstehung. Im WESTERMANN "Lexikon der Geographie" (1970) sucht man vergeblich nach den Begriffen Mardelle oder Mare. Dagegen finden sich in der französischen Literatur eine Vielzahl verschiedener Erklärungen, so z.B. die folgende der COMMISSION FRANCAISE DES PHENOMENES KARSTIQUES (1956):

> "Doline de dimensions modestes (5 à 20 m) et enrobée de dépôts superficiels, de forme presque circulaire, ce qui l'a fait assimiler parfois à un fond de cabane néolithique. Creusée par dissolution, ou par soutirage, dans la craie ou le calcaire, cette Depression fermée, est connue sous le même nom en Normandie, Picardie, Berry, Champagne, Lorraine. Fréquemment située en forêt, la mardelle serait quelquefois d`origine anthropique; elle proviendrait de prélèvements de sol forestier pour les amendements des terres de labour, ou bien elle aurait été creusée par des fabricants de charbon de bois. Mais le problème des mardelles est loin d`être résolu. Il est probable qu`il faut leur attribuer plusieurs origines" (FENELON et al. (Hrsg.) 1965: 52).

Auch diese Definition gibt einen Hinweis auf die verschiedenen Erklärungsansätze, die in die bisherige Diskussion eingebracht wurden. In Anlehnung an WERVEKE (1903) wird folgende, rein morphographische Begriffsdefinition vorgeschlagen:

Mardellen sind wannenförmige Vertiefungen der Erdoberfläche mit rundem, ovalem, seltener auch unregelmäßigem Grundriß. Der Durchmesser beträgt im Mittel 10-30 m und die Tiefe 0,5-5 m. An der Basis der Hohlform sammelt sich das Niederschlagswasser. Der Wasserspiegel schwankt in Abhängigkeit von der Jahreszeit. Manche Mardellen führen periodisch oder permanent Wasser, andere sind während des ganzen Jahres trocken.

Untersucht wurde die Verteilung, das charakteristische Aussehen und die Entstehung der Mardellen. Zur Lokalisierung und Erfassung der Formen wurden Literatur-, Karten- und Luftbildauswertung und Geländearbeiten nach einem zuvor entwickelten Erhebungsbogen durchgeführt.

Den zweiten Arbeitsschwerpunkt bildete die umstrittene Entstehungsgeschichte der Hohlformen. Eine vergleichende Literaturanalyse stellte die Grundlage für die Entwicklung und Prüfung einer Entstehungshypothese dar. Die exemplarische Überprüfung im Gelände erfolgte als pedologische Detailuntersuchung an ausgesuchten Mardellen.

Abb. 1: Mardelle mit einer runden Form

Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes (Kartenausschnitt aus der CARTE TOPOGRAPHIQUE 100, Blatt 12 Straßbourg, Forbach. Copyright: IGN - Paris - 1996, Autorisation Nr. 90.6057)

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Arbeitsgebiet stellt einen Teil des ostfranzösischen Schichtstufenlandes dar. Neben dem landschaftlich auffälligen Wechsel von Stufen und Flächen in Buntsandstein und Muschelkalk ist die Geomorphologie des Keuperhügellandes aufgrund der geologischen Voraussetzungen kleinräumiger strukturiert (LIEDTKE 1989).

2.1 Geographische Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet umfaßt den Forêt de Farschviller mit den sich westlich und östlich anschließenden Waldgebieten. Das Waldgebiet liegt nördlich von Farébersviller etwa 15 km südwestlich von Sarreguemines und etwa 15 km südöstlich von St. Avold. Die Fläche des kartierten Gebietes beträgt ca. 1000 ha. Vielversprechende Hinweise auf das Gebiet ergaben sich aus der Literatur und aus der Auswertung unterschiedlich alter Karten. Die Abgrenzung erfolgte weiterhin unter dem Gesichtspunkt der geologischen Homogenität. Die Untersuchung beschränkte sich auf den Gipskeuper, um potentielle Einflüsse unterschiedlicher geologischer Substrate auf Form und Verbreitung der untersuchten Mardellen auszuschließen, oder doch wenigstens auf ein Minimum zu reduzieren. Daneben erfüllt das Gebiet die Forderung nach großen, zusammenhängenden Waldflächen, da möglichst unbeeinflußte Formen kartiert werden sollten. Anthropogene Einflüsse sollten möglichst gering gehalten werden.

Naturräumlich gehört das Untersuchunsgebiet zum Lothringischen Seengebiet. "Das Gebiet des Salz- und Gipskeupers ist gekennzeichnet durch mäßig hohe, sanft geböschte Rücken mit ausgeglichenen Hängen und gerundetem Kamm, die wellenförmig aufeinanderfolgen und durch breite, ebene oder flach muldenförmige Talauen getrennt sind" (JESSEN 1922: 53). Die Plateau- und Hanglagen des Raumes sind von gelben, tonigen Lehmen bedeckt (JESSEN 1922). "Ce sont des produits de l'altération du soubassement" (Erläuterungen zur Carte Géologique de la France Sarreguemines 1:50.000), entstanden durch die Verwitterung des Schilfsandsteins und Plattendolomits, vorwiegend wird es sich hierbei jedoch um Lößlehme handeln.

2.2 Geologie

Das lothringische Keupergebiet unterscheidet sich vom ostrheinischen Keupergebiet durch das Fehlen der im ostrheinischen Gebiet mächtig entwickelten Keupersandsteine (Stubensandstein, Burgsandstein, Kieselsandstein). Stattdessen ist dieser fast durchweg aus weichen Mergeln aufgebaut, was die sanften und verwaschenen Formen und die nur andeutungsweise erfolgte Stufenbildung im lothringischen Keupergebiet erklärt (GRADMANN 1931).

Tab. 1: Stratigraphie des Keupers in Lothringen

GK Saarbrücken (1979) 1:200.000		Carte Geologique de la France Sarreguemine (1967) 1:50.000		WERVEKE (1906)	
Signatur	**Bezeichnung**	**Signatur**	**Bezeichnung**	**Bezeichnung**	**Mächtigkeit**
oberer Mittelkeuper	kmo	t7e	Marnes irisées supérieures	Steinmergel-keuper	35m
		t7d	Marnes rouges	Rote Mergel	10m
		t7c	Dolomie en dalles	Hauptstein-mergel	5m
		t7M	Marnes bariolées sur le Grès a Roseaux	Bunte Mergel des Schilfsand-steins	5m
Schilfsand-stein	kmS	t7bG	Grès a Roseaux	Schilfsand-stein	12m
Gipskeuper	kmG	t7a	Marnes irisées inférieurs	Estherien-schichten Gipskeuper i.e.S Salzkeuper i.e.S.	6m 12m 65-80m
Unterer Keuper	ku	t6c	Dolomie limite	Grenzdolomit	1m
		t6b	Argiles bariolées de la Lettenkohle	Mittlere Lettenkohle	17m
		t6a	Dolomie inférieure	Untere Dolomite	10m

Die geologischen Karten St. Avold (1960) und Saareguemines (1967) im Maßstab 1:50.000 weisen für das Untersuchungsgebiet Salz- und Gipskeuper und Lettenkohle aus. Der Gipskeuper (Marnes irisées à gypse) im engeren Sinne, der dem Mittleren Keuper angehört, ist gekennzeichnet " par les marnes et argiles aux teintes variées, grises, vertes, rouges ou violettes" (Erläuterungen zur Carte Géologique de la France 1:50.000 - Sarreguemines). KAYSER (1923) beschreibt den Aufbau des Salzkeupers als bunte, vorwiegend grau und violett gefärbte Mergel mit Steinsalzpseudomorphosen. Gips und Steinsalz tritt in zum Teil mächtigen, doch nicht durchgängigen Lagern auf, die in die Bunten Mergel eingeschaltet sind (BENECKE 1900).

2.3 Klima

Klimatisch nimmt das Keuperland innerhalb Lothringens keine scharf hervortretende Sonderstellung ein. Nach der Klimaklassifikatin von TROLL/PAFFEN (1969) handelt es sich um einen Raum, der durch ein subozeanisches Waldklima vom mitteleuropäischen Typ geprägt wird. Die Winter dauern in der Regel von November bis April und die Mitteltemperatur des kältesten Monats, Januar, beträgt in Tomblaine bei Nancy etwa 1,3° C. Die warme Jahreszeit reicht von Mai bis Oktober, wobei in Nancy im Juli im Monatsmittel Temperaturen bis annähernd 18°C erreicht werden. Die Jahresdurchschnittstemperatur für Nancy liegt bei 9,5°C. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge liegt zwischen 750 und 800 mm (FRECAUT 1983).

Tab. 2: Klimadaten der Station Nancy (212 m ü.NN, 1950-1979; T = Langjährige mittlere Monatstemperaturen in °C. N = Langjährige mittlere Niederschläge in mm) (nach: FRECAUT 1983)

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	GES
T	1,3	2,5	5,5	8,8	12,8	16,2	17,9	17,3	14,8	10,1	5,2	2,2	9,5
N	61	58	52	45	62	70	60	752	61	49	65	67	725

3. Arbeitsmethoden

Die Kartierung der Mardellen beinhaltet die Erfassung ihrer Lage mit kartesischen Koordinaten auf der einen Seite und der wahrnehmbaren morphologischen Charakteristika auf der anderen.

3.1 Lokalisierung der Mardellen

Die Lokalisierung der Mardellen erfolgte in drei Arbeitsschritten. In einem ersten Schritt wurden topographische und geologische Karten verschiedenen Alters ausgewertet. Die Kartierung bisher nicht dargestellter Mardellen erfolgte im Gelände. Darüberhinaus sollte in einem dritten Ansatz die Eignung von Luftbildern für die Lokalisierung von geomorphologischen Kleinformen unter Wald am Beispiel der Mardellen geprüft werden.

3.1.1 Multitemporale Karteninterpretation

Um einen ersten Überblick über das Vorkommen der Mardellen zu erhalten, wurden unterschiedliche Kartenjahrgänge verfügbarer Karten bezüglich der dargestellten Mardellen ausgewertet und zu einer multitemporalen Ergebnis-Karte zusammengestellt.

Während der Geländearbeit wurden 235 Mardellen kartiert, davon waren 27 % bereits in den verschiedenen Karten eingezeichnet, wobei die einzelnen Karten jeweils unterschiedliche Teilmengen der bisher kartographisch dargestellten Mardellen auswiesen. 73 % aller im Gelände kartierter Mardellen waren Neufunde.

3.1.2 Lokalisierung im Gelände

Die Lokalisierung der Mardellen im Gelände erfolgte in einem Zeitraum von März bis Juni 1991. Beim systematischen Abschreiten des Geländes erwiesen sich die Waldschneisen als wertvolle Orientierungsachsen. Dies gilt insbesondere für Niederwälder aus Hainbuche und Eiche, die während der Vegetationsphase die Sicht im Wald stark einschränken.

Die Schneisen wurden zum Großteil bereits im 19. Jahrhundert von preußischen Forstbeamten angelegt. Die Numerierung der Schneisen in der Karte der Preußischen Landesaufnahme von 1883 wurde von der französischen Forstadministration in den meisten Bereichen übernommen, wie die entsprechende Beschilderung im Wald belegt. Die Lage der Mardellen verdeutlicht Abbildung 4.

Abb. 3: Lage der Mardellen im Untersuchungsgebiet

3.1.3 Luftbildinterpretation

In einem dritten Arbeitsschritt wurde die Eignung von Luftbildern für die Lokalisierung der Mardellen geprüft. Das bedeutet bei einer durschnittlichen Mardellengröße von 10 bis 30 Metern, daß die Formen in einem Luftbild im Maßstab 1:17.000 im Durchschnitt 1 bis 2 mm groß sind. Hinzu kommt, daß der radiale Versatz im in der Regel nicht entzerrten Senkrechtluftbild aufgrund der zentralperspektivischen Aufnahme einen direkten Vergleich mit der Karte nicht erlaubt, insbesonder im Hinblick auf die geringe Größe der Form.
Mardellen im Offenland sind mit Hilfe eines Stereoskops relativ problemlos im Luftbild zu kartieren. Feld- bzw. Wiesenmardellen sind in vielen Fällen mit Büschen und Bäumen bestanden, die in der ausgeräumten Landschaft leicht zu erkennen sind. Sind sie zudem wassergefüllt, setzen sie sich durch einen dunkleren Grauwert von ihrer Umgebung ab. Aber auch trockene Feldmardellen ohne Vegetationsbestand sind oftmals mit bloßem Auge im Luftbild aufzufinden. Man erkennt sie an der ovalen bis runden Form, auch ist ihr Grauwert etwas dunkler als der der Umgebung (vgl. folgende Abbildung).

Abb. 4: Ausschnittsvergrößerung aus dem Untersuchungsgebiet im Luftbild

Problematischer ist die Kartierung der Formen, die im Wald liegen. Da die Befliegungen in der Regel im Sommer erfolgen, werden die meisten Mardellen vom Kronendach der Laubbäume verdeckt. Auch kann man sich nicht darauf verlassen, die Wasserfläche der Mardellen am dunklen Grauwert zu erkennen, da viele im Sommer austrocknen. Oftmals kann nicht eindeutig unterschieden werden, ob es sich bei der rundlichen, dunkelgrauen Form, die man im Wald häufig findet, um eine Mardelle oder um eine Lücke im Baumbestand handelt, deren Schatten den Waldboden ebenfalls dunkel erscheinen läßt. So ist es mit diesem Luftbildmaterial lediglich möglich, einen Teil der zuvor im Gelände kartierten Mardellen, und zwar vor allem die größeren wiederaufzufinden. Formen mit geringeren Dimensionen, die zudem permanent trocken sind und von Bäumen um- oder bestanden sind, können mit Hilfe des Luftbildes nicht identifiziert werden.

Eine flächendeckende Kartierung der Mardellen mit Hilfe der Luftbilder im Maßstab 1:17.000 ist in diesem Fall nicht möglich. Bessere Ergebnisse könnten erzielt werden, wenn die Befliegung vor der Belaubung im Frühjahr oder nach der Entlaubung im Herbst erfolgen würde, wenn die Mardellen zudem noch viel Wasser enthalten.

3.2 Morphographische Aufnahme der Mardellen

Abbildung 5 zeigt das Formular des Kartierschlüssels, mit dem die Geländeaufnahme erfolgte. Die morphographischen Aspekte, die zur Beschreibung einer Mardellenform erforderlich sind, wurden darin festgehalten.

3.3 Zusammenfassung

Im lohringischen Seengebiet findet man, vor allem im Wald, vereinzelt aber auch auf den Wiesen und Feldern, schüsselförmige oft wassergefüllte Hohlformen in unterschiedlichen Dimensionen. Bisherige Schätzungen über die Zahl dieser Mardellen schwanken zwischen 5000 (WICHMANN 1903) und mindestens 30000 (WELTER 1903). Nach einer multitemporalen Kartenauswertung wurde für das Arbeitsgebiet "Forêt de Farschviller" eine flächendeckende Geländekartierung durchgeführt bei der für 235 Mardellen eine Vielzahl von Parametern erhoben wurden.

Aufnahmebogen **Mardellen im lothringischen Gipskeuper**

Datum:	Lfd.Nr.:	Nr.:	Höhe üNN:
Gemeinde: Flurname:		Kartenmaßstab: Kartennummer:	
Geologie:		Rechtswert: Hochwert:	
Oberflächenneigung:		Exposition:	

Lage im Relief: (Großform)		Rel. Lage zur Reliefform:		Abdachungsbereich d. Hanges (Flanke):		Hangbereich:	
ebene Fläche	☐	Kummulat.ber.	☐	Oberhang	☐	konvex	☐
Rücken	☐	Oberhang	☐	Mittelhang	☐	konkav	☐
Kuppe	☐	Mittelhang	☐	Unterhang	☐	gestreckt	☐
		Unterhang	☐				

Umgebende Nutzung:					
Laubwald	☐	Acker	☐	Wiese	☐
Nadelwald	☐	Weide	☐	_____	

Form der Mardelle:				Vorkommen:		Abfluß	
oval	☐	unregelmäßig	☐	einzeln	☐	ja	☐
rund	☐	achtförmig	☐	doppelt	☐	nein	☐
dreieckig	☐	tropfenförmig	☐	aus mehreren zusammengew.	☐	Richtung des Abflusses:	
nierenförmig	☐	amöbenförmig	☐				

Durchmesser	Achse 1:	Richtung Achse 1:
	Achse 2:	

Feuchtegrad:				Anthropogene Beeinträchtigung:
wassergefüllt	☐	offene Wasserfläche	☐	verfüllt mit Müll ☐
		versumpft	☐	verfüllt mit organ. Abfall ☐
		teilweise vermoort	☐	in Nutzung miteinbezogen ☐
		vermoort	☐	
trocken	☐	_____		_____
period. trocken	☐			

Tiefe:			
Wasserstandsmessung:	ja	☐	nein ☐

Abb. 5: Kartierschlüssel

Vegetation -
in der Umgebung der Mardelle: in der Mardelle:

Fotografie:
Filmnr.: Filmart: Bildnr.: Richtung:

Bohrung: ja ☐ nein ☐

Bemerkungen:

Querschnitt:

Hanglänge und -neigung:

	a	b
Hangneigung		
Hanglänge		

Skizze:

Abb.5: Kartierschlüssel (Fortsetzung)

4. Morphographie und Raumbezug

Die Auswertung der Aufnahmebögen vermittelt ein detailliertes Bild über Ausprägung und Lage der Mardellen.

4.1 Morphographie

Für die Auswertung der Parameter "Form", "Abfluß", "Durchmesser", "Relative Tiefe" und "Querschnitt" wurden nur die Mardellen herangezogen, die im Wald liegen, da für diese angenommen wurde, daß ihre Form relativ naturnah erhalten ist. Für die Hohlformen im Offenland wurde nur die Lage festgehalten, da diese Mardellen durch Überpflügen und Viehtritt stark überformt sind.

4.1.1 Form

Abbildung 6 stellt die Häufigkeitsverteilung der vorgefundenen Mardellenformen dar. Der ausgeprägte Schwerpunkt auf den Formen "oval", "rund" und "tropfenförmig" wird deutlich.

Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Mardellenformen

4.1.2 Abfluß

Bei 20 % der Mardellen wurde der Versuch unternommen, sie durch Entwässerung für die Pflanzung von Stieleichen trockenzulegen (wenn auch nicht mit entsprechendem Erfolg). Im Gegensatz zu dem künstlich entstandenen Abfluß zeigen ca 11 % der Mardellen einen oberflächennahen Wasserabfluß ("Überlauf"), der auch an der feuchtigkeitsliebenden, bzw. -toleranten Vegetation zu erkennen ist. Der überwiegende Anteil der Formen scheint ungestört zu sein.

4.1.3 Durchmesser

Da der Durchmesser der Formen anhand der kürzesten und der längsten Achse gemessen wurde, sind die Häufigkeitsverteilungen beider Achsenlängen in zwei verschiedenen Diagrammen dargestellt.

Abb. 7: Statistische Auswertung der Achsenlängen von Achse 1

Abb. 8: Statistische Auswertung der Achsenlängen von Achse 2

Die beiden Histogramme machen deutlich, daß "Achse 1" im Mittel zwischen 15 und 35 m lang ist. Der arithmetische Mittelwert für "Achse 1" liegt bei 24 m. "Achse 2" hat einen arithmetischen Mittelwert von 19,5 m bei einem Schwankungsbereich zwischen 10 und 30 m. Der Vergleich der Abbildungen zeigt, daß sich die jeweils längeren Achsen in einem breiteren Spektrum bewegen. Die Standardabweichungen von 8,3 für "Achse 1" und 5,2 für "Achse 2" verdeutlichen diesen Sachverhalt. Die Verteilung stimmt mit den mehr oder weniger regelmäßigen Formen überein.

Der Chi-Quadrat-Anpassungstest ergab u.a., daß "Achse 2" im Mittel etwa 25 % kürzer ist als "Achse 1" und daß die Länge von "Achse 1" signifikant mit der "relativen Tiefe" korreliert. Tendenziell kann festgestellt werden, daß mit steigender Achsenlänge im Mittel auch die Tiefe der Form zunimmt.

4.1.4 Relative Tiefe

Die "relative Tiefe" der untersuchten Mardellen bewegt sich in einem Bereich zwischen 0,5 m und maximal 5,7 m. Der Schwerpunkt der Verteilung liegt dabei bei einer Tiefe zwischen 1,5 m und 2,5 m. Bei der Berechnung des Mittelwertes ergibt sich ein Wert von 2,1 m. Mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests konnte ermittelt werden, daß die Tiefe der Mardelle signifikant mit der Oberflächenneigung korreliert. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,004 liegt der Wert bei 0,000. Das heißt, daß die Formen im Mittel mit steigender Hangneigung auch tiefer werden.

Abb. 9: Relative Tiefe der Mardellen

4.1.5 Querschnitt

Der überwiegende Teil der Mardellen (ca. 61 %) kann im Querschnitt durch die Form "offene Treppe" beschrieben werden. Dabei hat "Achse 1" den Treppen-, "Achse 2" den Schüsselquerschnitt, d.h. die längste Achse verläuft in Expositionsrichtung. Bei der mit ca. 21 % vertretenen Querschnitts-Form "offene Schüssel" verhält sich dies genau umgekehrt, die längere Achse verläuft hangparallel. Die beiden anderen Querschnittsformen treten mit 12 % ("Schüssel") und ca. 6 % ("Treppe") zahlenmäßig stark zurück.

Tab. 3: Querschnittsform der Mardellen

Schüssel:	beide Achsenquerschnitte haben Schüsselform
Treppe:	beide Achsenquerschnitte haben Treppenform
offene Schüssel:	A1 hat den Schüssel-, A2 den Treppenquerschnitt; d.h. die längste Achse verläuft hangparallel
offene Treppe:	A2 hat den Treppen-, A1 den Schüsselquerschnitt; d.h. die längste Achse verläuft in Expositionsrichtung

Abb. 10: Querschnitte der Mardellen

4.1.6 Hangneigung des Mardellenhanges

Die Hangneigung des Mardellenhanges wurde bei 120 Mardellen ermittelt. Es treten Hangneigungen zwischen 4 Grad und maximal 26 Grad auf. Mehr als 2/3 der Werte liegen im Bereich zwischen 10 und 18 Grad.

4.1.7 Feuchtegrad und Wasserstandsmessungen

Die morphographische Kartierung und damit Erfassung des Feuchtegrades erfolgte für alle 235 Mardellen von März bis Juni 1991. Im Frühjahr zeigen die stichprobenartig untersuchten Mardellen den höchsten Wasserstand mit Maxima im März. Mardellen, die während dieses Zeitraums schon trocken waren, bleiben während des ganzen Jahres trocken. Das bedeutet, daß 21 % der Mardellen ganzjährig trocken sind; bei den verbleibenden 79 % kann man periodische und sicher zum Teil auch permanente Wasserführung annehmen.

Allein aufgrund der Wasserstandsmessungen ist eine einheitliche Aussage über den Feuchtegrad der Mardellen nicht möglich. Es wurde zwar versucht, die Mardellen, in denen Wasserstandsmessungen durchgeführt wurden, nach den Kriterien der Repräsentativität auszuwählen. Jedoch war der Stichprobenumfang zu gering, um repräsentative Werte zu erhalten. Deshalb wurden die Meßwerte der Wasserschwankungen in einem Diagramm mit den entsprechenden Temperatur- und Niederschlagswerten der Flugwetterwarte Ensheim, in Beziehung gesetzt und so auf ihre Plausibilität geprüft.

Abb. 11: Temperatur, Niederschlag und Wasserstand im Jahresverlauf (Niederschlag und Temperatur: Monatsmittelwerte der Flugwetterwarte Ensheim im Saarland)

Aus der Abbildung 11 lassen sich folgende Aussagen ableiten:

1. Der Wasserstand in den Mardellen folgt erwartungsgemäß mit zeitlicher Verzögerung dem Temperaturgang und zwar über das ganze Jahr hinweg.

   Dem Temperaturanstieg von Mai (ca. 10° C) bis August (ca. 20° C) entspricht das kontinuierliche Absinken des Wasserspiegels. Durch die geringere Verdunstung im Winterhalbjahr läßt sich aber nicht der Anstieg des Wasserspiegels erklären.

2. Eine Korrelation von Wasserstandsschwankung und Niederschlägen kann aber nur für das Winterhalbjahr festgestellt werden (November bis März). Zwar sinkt der Wasserspiegel im regenärmsten Monat August und mit Verzögerung im September sogar auf sein Minimum. Dies ist jedoch schon im Juni und Juli trotz relativ hoher Niederschlagswerte zu beobachten.

3. Aufgrund dieser Beobachtungen kann man folgern, daß der Wasserstand in den Mardellen hauptsächlich vom Grundwasser unabhängig ist.

4.1.8 Vegetation

Tab. 4: Prozentuale Verteilung der Vegetationsbedeckung in der Mardelle

Vegetation	Waldvegetation	Feuchtez./ Wasserpfl.	Wiese	vermoort (Sphagnen)	keine Vegetation
%	17,9	42,6	1,7	2,9	34,9

Die Tabelle zeigt, daß 35 % der Mardellen ohne Pflanzenwuchs sind. Meistens sind es auch Formen, die im Sommer austrocknen, also nur episodisch Wasser führen. Damit sind für Pflanzen extreme Standortbedingungen gegeben, die die fehlende Vegetation erklären. Jedoch kann festgestellt werden, daß in 2/3 der kartierten Mardellen ein mehr oder weniger vielfältiger Pflanzenbestand vorhanden ist.

4.2 Raumbezug

Die Auswertung des Aufnahmebogens vermittelt auch einen Überblick über einige Parameter, die den Raumbezug bzw. die Lage der Mardellen beschreiben. Die prozentuale Verteilung der Mardellen im geologischen Substrat sowie das Vorkommen von Mardellen in Abhängigkeit der Parameter Hangneigung,

Exposition und Höhenlage wurden mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems, in diesem Falle PC ARC/INFO, untersucht. In diesem Zusammenhang sollte die Eignung dieser neuen Werkzeuge in der Geographie, speziell in Bezug auf geomorphologische Fragestellungen, untersucht werden. Dabei hat sich herausgestellt, daß das System in der Lage ist, komplexe raumbezogene Phänomene miteinander zu verknüpfen, so daß daraus räumliche Zusammenhänge und Abhängigkeiten abgeleitet werden können.

4.2.1 Geologie

Die größte Zahl der Mardellen (57,45 %) liegt im Gipskeuper. 41,7 % der Mardellen liegen in der im Mittel 2 m mächtigen diluvialen Deckschicht, die vor allem die Plateau- und Hanglagen des Gebietes bedeckt. Lediglich 0,85 % der Mardellen liegen im Alluvium.

Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Mardellen im geologischen Substrat

4.2.2 Höhenlage

Folgende Abbildung vermittelt einen Eindruck über die Häufigkeitsverteilung der Höhenlage, in der die Mardellen liegen. Die Reliefenergie im gesamten Untersuchungsgebiet beträgt 92 m, die Höhen liegen zwischen 210 und 302 m ü.NN..

Abb. 13: Höhenlagen der Mardellen

4.2.3 Oberflächenneigung

Die untersuchten Mardellen liegen im Flankenbereich von Rücken, die im Mittel 5 Grad geneigt sind. Mit zunehmender Hangneigung verringert sich die Zahl der Mardellen. Die maximal gemessene Oberflächenneigung, in der Mardellen noch vorkommen, beträgt 12 Grad.

Abb. 14: Verteilung der Mardellen in Korrelation mit der Oberflächenneigung

4.2.4 Exposition

Zwei Drittel der untersuchten Mardellen sind nord- bzw. südexponiert. Da die Mardellen meist an den Hangflanken liegen, korreliert diese Präferenz mit der Streichrichtung (SW-NE) der Rücken.

Abb. 15: Verteilung der Mardellen in Korrelation mit der Hauptexpositionsrichtung

4.2.5 Lage im Abdachungsbereich des Hanges

Einen Überblick über die Lage im Abdachungsbereich des Rückens vermittelt folgende Tabelle:

Tab. 5: Prozentuale Verteilung der Lage der Mardellen im Abdachungsbereich des Hangs

Lage	Kulminationsbereich	Oberhang	Mittelhang	Unterhang
%	25	46	17,5	11,5

Die Mehrzahl der untersuchten Formen liegt am Oberhang einer Erhebung bzw. eines Rückens. Im Gelände konnte außerdem beobachtet werden, daß die Mardellen in dieser Hangposition oftmals perlenschnurartig hintereinander aufgereiht sind. Die Tabelle belegt zudem, daß die Zahl der Mardellen mit zunehmender Nähe zum Vorfluter abnimmt. So befinden sich nur wenige Mardellen am Unterhang und keine einzige Form am Hangfuß bzw. im Tiefenbereich eines Rückens.

4.3 Zusammenfassung

Das Modell einer "idealen" oder "typischen" Mardelle des Untersuchungsraumes ist eine ovale, abflußlose Mardelle im Wald mit einem Durchmesser von 25 m und 2 m Tiefe. Dabei liegt der größte Duchmesser in Expositionsrichtung und damit im Hangfallen. Sie liegt am Oberhang der süd-, bzw. nordexponierten Hangflanke eines Rückens, der etwa 4 Grad geneigt ist. Die Mardelle ist im Winterhalbjahr wassergefüllt und trocknet im Sommer aus. Häufig findet sich krautige Vegetation in der Mardelle. Diese Beschreibung hat jedoch ausdrücklich Modellcharakter und soll nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Formenmannigfaltigkeit sehr groß ist.

5. Literaturanalyse zur Entstehungstheorie

Mitte des vorigen Jahrhunderts waren es vor allem natur- und kulturhistorisch interessierte Lehrer, Pfarrer und Adelige, die sich mit Mardellen und deren Entstehungsgeschichte auseinandersetzten. Daneben verfolgten aber auch Geologen und Historiker diese Fragestellung. Geowissenschaftler suchten stets nach natürlichen Zusammenhängen, wohingegen Historiker und Laien einer anthropogenen Entstehungshypothese folgten.

5.1 Anthropogene Entstehung

5.1.1 Prähistorische Wohnstätten

Im Auftrag der Gesellschaft für lothringische Geschichte und Altertumskunde wurden um 1900 Grabungen in Mardellen im Wald von Leyweiler (1901 bis 1902) und Altrip (1903 bis 1904) durchgeführt. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß es sich bei den Mardellen um künstliche, zum Wohnen gegrabene Gruben handelt (WICHMANN 1901; WICHMANN 1903; COLBUS 1905; COLBUS 1913). Auch andere Autoren kommen zu ähnlichen Schlußfolgerungen, so z.B. WELTER (1903) oder LINKENHELD (1928), der glaubt, in den Mardellen "... Hausreste und Wohngruben unserer keltischen Vorfahren..." zu sehen (LINKENHELD 1928: 244).

Die aufgeführten Autoren stützen ihre Theorien auf eine Reihe von ähnlichen Funden. So berichtet z.B. WICHMANN (1901: 78) "Innerhalb einer fast 3 m starken Moor- und Blätterschicht lagen kreuz und quer Baumstämme, deren längster 14 m misst, bis zu fünft übereinander. Sie sind abgerindet, unten und oben mit der Axt bearbeitet, unten etwas zugespitzt, oben enden mehrere in Gabeln. Zuunterst lag ein vierkantiger Thürpfosten mit Zapfen. Damit ist der Beweis geliefert, daß auf dem Grunde der Mardelle ein Blockhaus gestanden hat".

Aufgrund weiterer Artefaktenfunde, wie römische Scherben, Holzkohlen, ein Sieb, weiterhin schindelartige kleine Bretter, Lederstücke, die als Reste einer Schuhsohle interpretiert werden, ein Weidengeflecht, das als Tragekorb gedient haben soll, kommt WICHMANN (1901,1903) zu der Schlußfolgerung, daß die Gruben-wohnungen noch zu römischer Zeit benutzt wurden.

Diese Schlußfolgerungen, daß die Hohlformen von Menschen gegraben wurden, können mit den Grabungsfunden nicht hinreichend belegt werden. Insbesondere das Aushubmaterial müßte bei allen Mardellen in unmittelbarer Umgebung zu finden sein. Handelte es sich hingegen um Materialentnahmestellen, z.B. zum Bau von Hütten oder sonstigen Behausungen, so wird die Annahme, daß die Gruben für Wohnzwecke gedient haben, hinfällig. Der Umstand, daß in der Fundschicht Blätter gefunden wurden, läßt das von COLBUS (1905) angegebene relativ hohe Alter der Funde zweifelhaft erscheinen.

Aufgrund der Ausgrabungen und Funde kann man lediglich vermuten, daß einige Mardellen als Unterstand bei der Waldweide, für Waldarbeiter oder vielleicht in einzelnen Fällen als Wohnung gedient haben könnten. Daraus abzuleiten, daß Mardellen von Menschen gegraben wurden, ist nicht belegbar. Daß Mardellen von Menschen genutzt wurden, steht nicht im Widerspruch zu einer primär natürlichen

Entstehung. Auch anthropogene Überformungen, wie Überdachung und Anlage von Drainagegräben können die Hypothese einer primär anthropogenen Entstehung nicht beweisen. In der angeführten Literatur wird nicht die Entstehungsart sondern die Nutzungsart der Mardellen diskutiert.

5.1.2 Zisternen und Viehtränken

Einen anderen Erklärungsansatz vertrat MAUDHEUX schon 1860 (WICHMANN 1903). Er behauptete, daß Mardellen nicht zu Wohnzwecken, sondern als Zisternen gedient haben. Dem schloß sich BOUCHHOLTZ (1902) an, als er in seiner Abhandlung "Über die ländliche Wasserversorgung der alten Zeit, die Pfahlbauten und Zisternen" die Meinung vertrat, daß die Mardellen "... alle ohne Ausnahme..." Wasserbehälter gewesen seien (BOUCHHOLTZ 1902: 473).

WERVEKE stellt in einer Abhandlung die Ergebnisse verschiedener Autoren bezüglich des Wasserhaushaltes der Landschaft zusammen. Darin vermutet er, daß Mardellen "... uralte künstliche Aushöhlungen..." sein könnten, die von vorgeschichtlichen Menschen als Wasserreservoire benutzt wurden. Zugleich nahm er ein wesentlich trockeneres Klima für die betreffende, nicht näher bestimmte Epoche an (WERVEKE 1903: 354).

Vergleichbare Nutzungsformen finden sich auf der Schwäbischen Alb in Form der Hülben. Auch in ihrer Morphologie ähneln die schwäbischen Hülben in vieler Hinsicht den lothringischen Mardellen. Hülben sind kleine Weiher oder Tümpel auf der verkarsteten, von Natur aus sehr wasserarmen, Schwäbischen Alb. Sie treten nicht nur in der Nähe von Siedlungen auf, man findet sie auch häufig im Wald. Diese Hülben werden als Überreste der hallstattzeitlichen Waldweidewirtschaft interpretiert und dienten demnach als Viehtränken. Häufig finden sich in der Nähe der Hülben auch Grabhügel. Die Entstehung der Hülben ist nicht immer eindeutig zu klären. Sie sind zwar in der Mehrzahl künstliche Bildungen, das heißt allein auf menschliche Grabungstätigkeit zurückzuführen, aber einige sind sicher durch die Abdichtung von Dolinen entstanden, also primär natürlich und durch menschliche Nutzung überformt (MATTERN & BUCHMANN 1982).

Eigene Geländebeobachtungen ergaben, daß sehr viele Mardellen während des Sommers austrocknen und ein Teil sogar immer trocken bleibt. Eine Nutzung als Wasserzisterne ist unwahrscheinlich. Es ist nicht auszuschließen, daß einige Mardellen in früherer Zeit als Wasserbehälter oder Viehtränken gedient haben könnten. Dieser Umstand schließt wiederum eine primär natürliche Bildung nicht aus.

Daß Tausende von Mardellen jedoch künstlich zu diesem Zweck angelegt worden sein sollen, muß stark bezweifelt werden, insbesondere, wenn man den Umstand berücksichtigt, daß in unmittelbarer Nähe der Mardellen kleine Bäche oder Teiche zu finden sind. Wie schon im Kapitel über die prähistorischen Wohnstätten muß auch hier festgestellt werden, daß die Überlegungen in erster Linie die Nutzungsform der Mardelle betreffen, aber keine Befunde für eine primär anthropogene Entstehung vorgelegt werden konnten.

5.1.3 Pingen, Ton- und Mergelgruben

Eine andere Erklärung für das Vorkommen der Mardellen findet KIRSCHNER (1929), indem er die Hohlformen als Ton- und Mergelgruben, bzw. Pingen bezeichnet (KIRSCHNER 1929). Die Verbreitung von Pingen korreliert dabei immer mit dem Vorkommen abbauwürdiger Rohstoffe (BAUER 1986). Nimmt man an, Mardellen seien Ton- und Mergelgruben, so könnten sie als Materialgruben für Töpferei und Ziegelei angelegt worden sein. HÄBERLE (1928) verweist dazu auf die vergleichbaren Vertiefungen auf der Pirmasenser Hochfläche, die Materialgruben darstellen, aus welchen man Baustoffe zu Töpferei- und Bauzwecken entnommen hat .

Die Mardellen des Arbeitsgebietes haben jedoch im Gegensatz zu Pingen regelmäßige Umrisse und Formen, und in keinem Fall konnte in der näherern Umgebung Ausraummaterial nachgewiesen werden.

5.1.4 Bombentrichter

Erkundigt man sich bei der jüngeren Generation in Lothringen nach dem Ursprung der Mardellen, bekommt man oftmals die Erklärung, daß es sich um Bombentrichter aus dem Zweiten Weltkrieg handele. Tatsächlich verläuft die Maginot-Linie, die Festungslinie, die von 1929 bis 1935 an der französischen Ostgrenze gebaut wurde, durch dieses Gebiet. Wenn man also Bombentrichter im Sinne von Granattrichtern verstehen will, so erscheint diese Überlegung zunächst durchaus plausibel. Auch im Tal des Mutterbachs hatte man sich die natürlichen Bedingungen zu Nutze gemacht und durch Aufstau von Talmulden das Vordringen der gegnerischen Truppen zu verhindern versucht. Deshalb liegen hier heute die bekannten Weiher von Diffembach, Hoste und Puttelange (MOLL 1990). Im Forêt de Farschviller findet man zudem zahlreiche Kampfstände, Schützengräben und Bunkerreste.

Daß Mardellen schon auf den Karten der Preußischen Landesaufnahme von 1883 eingezeichnet sind, entkräftet diese Erklärung. Sie existierten schon vor den beiden Weltkriegen.

5.2 Natürliche Entstehung

5.2.1 Meteoritenkrater

Auch die Entstehung der Mardellen durch Einschläge von Meteoriten wird in der Literatur diskutiert (CAILLEUX 1956; WIEGAND 1965).

Um diese Hypothese zu verifizieren, müßten Überreste bzw. Splitter des Meteoriten sowie Auswurfmaterial in Form einer randlichen Erhebung in der Umgebung der Hohlformen zu finden sein. Dies war aber bisher nirgends der Fall. Eine Bildung durch Meteoriteneinschläge ist demnach auszuschließen.

5.2.2 Vulkanische Bildung

Auch eine vulkanische Bildung, ähnlich denen der Eifelmaare, wurde diskutiert. In der Umgebung der Mardellen findet man jedoch weder Auswurfmaterial, noch umgibt die Form ein Wall aus Trümmern. Die Mardellen haben einen sehr viel geringeren Durchmesser, der selten einen Wert von 55 m überschreitet und liegen zudem nie in Tälern. Eine vulkanische Bildung ist daher auszuschließen.

5.2.3 Sölle

SCHUMACHER (1885) verglich die Mardellen mit den in der norddeutschen Tiefebene vorkommenden Söllen. Dabei erklärte er die Entstehung der Sölle durch Auswaschungsprozesse der eiszeitlichen Schmelzwässer. "Hügellandschaften mit schmalen, möglichst scharf ausgezeichneten Rücken bilden in dieser Beziehung das geeignetste Terrain. In solchen Hügellandschaften trifft man sie oft in deutlichen Reihen am häufigsten am oberen Teil des Gehänges sowie auf den schmalen oder nur wenig verbreiterten Plateaus zwischen denselben" (SCHUMACHER 1885). Daraus leitete er die Schlußfolgerung ab, daß es sich bei den Mardellen um natürliche Auswaschungsformen handeln könnte und daß die lothringischen Lehme als "Art Grundmoräne" entstanden sein könnten (WERVEKE 1903; SCHUMACHER 1885).

Auch TROLL (1962: 31) beschäftigte sich mit der Entstehung der Sölle in seinem 1962 erschienenen Aufsatz "Sölle and Mardelles". Er erklärt die Entstehung der Sölle jedoch mit der "Pingo - Theorie". Demnach wären Sölle die Reste von periglazialen Eisschwellungshügeln, die nach der Abschmelzung eine kreisrunde Mulde mit einem sie umgebenden Wall hinterlassen. Er zieht die Pingo-Theorie auch als Erklärungshypothese für die Mardellen des Pariser Beckens, des Hohen Venn und Lothringens heran .

MURAWSKI (1983: 204) beschreibt dagegen Sölle allgemeingültig, als kleine Bodensenken von oft kreisrundem Umriß, die nicht selten mit Wasser gefüllt sind. "Solche Gebilde kommen durch Nachsacken des Bodens über Toteisblöcken zustande, die beim Rückzug der Gletscher zurückgeblieben waren. Einige wenige können auch Ausstrudelungs-Bildungen sein".

Da die kontinentale Inlandeiskappe während der letzten Eiszeit (Würm-Weichsel) in Norddeutschland lediglich eine Ausdehnung bis knapp 52 Grad N erreichte, hat die pleistozäne Vereisung weder Lothringen noch das Pariser Becken erreicht. Diese Gebiete wurden ausschließlich periglazial überformt und beeinflußt. Somit ist eine Genese der Mardellen, vergleichbar denen der Sölle in Norddeutschland, auszuschließen.

5.2.4 Pingos

In den polaren Gebieten trifft man nicht selten auf rezente Hohlformen, die in ihrem Erscheinungsbild den Mardellen ähneln, die Pingos. CAILLEUX (1961) beschreibt Pingos auch für die gemäßigten Breiten, so etwa für Skandinavien, Dänemark, Holland, Nordost Holland, Norfolk, Belgien, Lothringen, die Umgebung von Paris, Bordeaux usw..

Porsild (vgl. MACKAY 1978) gebrauchte das Eskimowort "pingo" ('konischer Hügel') erstmals 1929 für die im Dauerfrostbodenbereich isoliert stehenden konischen Hügel. Zum erstenmal haben Maarleveld und Van den Toorn 1955 fossile Pingos außerhalb der heutigen Tundrenregion in Friesland beschrieben (MAARLEVELD & VAN DEN TOORN 1955). 1956 wurden sie dann auch von Pissart in der Hautes Fagnes gefunden. Sie sind Zeugen eines früheren periglazialen Klimas (SLOTBOOM 1963). WIEGAND hat eine Reihe würmeiszeitlicher Pingo-Formen in Mitteleuropa nachgewiesen, so unter anderem im Buntsandsteingebiet der Osthessischen Senke, auf einem mit tertiären Reliktböden bedeckten Basaltplateau im Nordspessart, in quartären Terrassensedimenten des Mains bei Kitzingen und im Oberpfälzer Wald (WIEGAND 1965).

WIEGAND arbeitete eine Viehlzahl von charakteristischen Merkmalen für fossile Pingos heraus, die im folgenden mit den Merkmalen der Mardellen verglichen werden.

- Pingos sind auf allen geologischen Formationen verbreitet, dagegen treten Mardellen dort gehäuft auf, wo lösliches Gestein ansteht (COLIN & GODARD 1962)

- den Mardellen in Lothringen und Luxemburg fehlt der für den fossilen Pingo typische Wall. Das bestätigen auch Colin und Godard, die 354 Mardellen in den Mergeln des Keupers kartierten und bei keiner einzigen einen Wall vorfanden (COLIN & GODARD 1962)

- Mardellen treten in Hangneigungen bis zu 12 Grad an Flanken von Rücken, bevorzugt am Oberhang auf, Pingos dagegen eher in sanften Senken und ziemlich flachen Gebieten (MACKAY 1978). So findet man Pingos im Hohen Venn in maximalen Hangneigungen von 4 Grad (SLOTBOOM 1963)

- Mardellen, mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 20-40 m und maximal 55 m, sind wesentlich kleiner als die Pingos, die man in Belgien gefunden hat und die einen häufigen Durchmesser von 100 bis 200 m haben (CAILLEUX 1956)

- Mardellen kommen nie auf Talsohlen vor, selten am Unterhang eines Rückens oder einer Hangflanke; Pingos findet man dagegen in allen Relieflagen und häufig in der Talsohle alter Flußbetten, also in der Nähe des Vorfluters

- Pingos stehen meist in ständigem Zusammenhang mit dem fließenden Wasser, sowohl Fluß- als auch Quellwasser (SLOTBOOM 1963). Bei den Mardellen in Luxemburg und Lothringen besteht kein Anschluß der tiefsten Punkte einer Mardelle zu einer darunterliegenden wasserdurchlässigen oder klüftigen Gesteinsschicht.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sich Mardellen und Pingos lediglich in ihrem äußeren Erscheinungsbild ähneln. Die für Pingos charakteristischen Merkmale treffen dagegen auf Mardellen nicht zu. Zudem kann davon ausgegangen werden, daß die klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet während des Pleistozäns nicht ausreichten, um eine Pingobildung zu ermöglichen.

5.2.5 Lösungsformen

Im folgenden sollte geklärt werden, ob eine Korrelation zwischen Vorkommen und Verteilung von Mardellen und bestimmten geologischen Substraten besteht bzw. belegt werden kann.

Vergleicht man die Karte von WICHMANN (1903), der wohl umfassendsten, jedoch sehr kleinmaßstäblichen Kartierung (1:500.000) der Mardellen in Lothringen, mit der geologischen Karte des gleichen Maßstabs, ergeben sich folgende Befunde:

- Mardellen kommen gehäuft im Muschelkalk und in den kalkhaltigen Schichten der Formationen Lias und Dogger vor. Zudem kann man eine Konzentration der Mardellen in den Gebieten des Keuper beobachten.
- Die Mardellen fehlen dagegen völlig im Kreis Sarrebourg östlich von Abreschwiller, also dem lothringischen Anteil an den Hochvogesen.
- Sie fehlen außerdem im Kreis Sarreguemines östlich und südlich von Bitsch und in dem Dreieck in der Gegend von Creutzwald zwischen St. Avold und Forbach bis über Hargarten hinaus. Das sind in Lothringen die Gegenden der geologischen Formation des Buntsandsteins (WICHMANN 1903; DELAFOSSE, GUYOT & BELLARD 1932).

Bei Untersuchungen an Mardellen in Luxemburg machte SLOTBOOM (1963) ähnliche Beobachtungen, ebenso DELAFOSSE und GUYOT (1932) in Lothringen.

SLOTBOOM fand eine große Anzahl von Mardellen im südlichen Luxemburg, dem Gutland, das geologisch aus Sandsteinen, Mergeln und Kalksteinen des Jura (Dogger und Lias) und der Trias (Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein) aufgebaut ist. Im nördlichen Teil Luxemburgs, dem Oesling, der zu den Ardennen gehört und aus metamorphen devonischen Gesteinen aufgebaut ist, kommen keine Mardellen vor. Die Mardellen im Gutland findet man vor allem dort, wo gipshaltige Erdschichten vorkommen, in diesem Fall im Pseudomorphosenkeuper. Jedoch treten sie auch im Oberen Muschelkalk und in verschiedenen Formationen der Lias auf (SLOTBOOM 1963).

Bei einer Kartierung von Mardellen auf unterschiedlichen geologischen Substraten in ganz Lothringen, machten COLIN und GODARD (1962) folgende Beobachtungen: "Sur tous les étages marneux de la Lorraine se rencontrent dés dépressions fermées ..." (COLIN & GODARD 1962: 243). Sie kartierten mehr als 700 Mardellen in den Mergeln des Keupers, des Malms (Oxfordien- und Callovienschichten), des Doggers (Mittlere und Obere Bathonienschichten) und in

denen der Lettenkohle. Zudem fanden sie etwa 360 Mardellen in Gebieten, in denen kalkhaltiges Substrat ansteht. Im Mittleren Muschelkalk, in den Kalken der Bathonien- und Bajocien-schichten, im Dogger und in den Malmkalken (Portlandien- und Lusitanienschichten) (COLIN & GODARD 1962).

Das Vorkommen oder Fehlen von Mardellen in einem Gebiet korreliert stark mit der Geologie. Mardellen treten immer dort gehäuft auf wo lösliches Gestein ansteht, seien es Gipslinsen im Mittleren Keuper oder karbonatisches Gestein im Lias, Dogger oder Muschelkalk. Daraus läßt sich die Theorie ableiten, daß es sich bei den Mardellen um Karstformen handelt.

5.3 Zusammenfassung

Zur Entstehung der Mardellen wurden zwei unterschiedliche Erklärungsansätze diskutiert. Historiker und Anthropologen sahen in ihnen Wohngruben, Zisternen oder Mergelgruben, die eigens zu diesem Zweck angelegt worden waren. Dabei belegten sie mit Hilfe von Ausgrabungen allerdings eher die Nutzungs-, als die Entstehungsart der Mardellen. Geowissenschaftler entwickelten verschiedene Theorien, die die Bildung der Mardellen auf natürliche Weise erklären. Die Auffassung, daß Mardellen ähnlich den Meteoritenkratern, den Söllen oder Pingos entstanden sein sollen, sind widerlegbar. Dagegen kann als Ergebnis aus Literaturanalyse, Karteninterpretation und eigenen Geländebeobachtungen festgehalten werden, daß das Vorkommen sowie das Fehlen der Mardellen eng mit der Geologie in Verbindung steht. Die folgende Untersuchung soll klären, ob es weitere Hinweise gibt, die belegen, daß es sich um Lösungsformen handelt.

6. Lösungsform Mardelle

Die bisherigen Befunde weisen auf eine enge Korrelation zwischen Vorkommen bzw. Fehlen von Mardellen und der Geologie hin, was eine Erklärung der Mardellen als Lösungsformen nahe legt. Das weitere methodische Vorgehen zielt darauf hin, Indizien und Anhaltspunkte zu sammeln, die diese These verifizieren.

Wie bereits erläutert, liegt das Untersuchungsgebiet vollständig im Gebiet der geologischen Formation des Mittleren Keupers, dem Salz- und Gipskeuper, also in verkarstungsfähigem Gestein. "Dabei ist unter Verkarstung ganz allgemein, die kontinuierliche oder phasenhaft verlaufende, unmittelbare oder nach Hydratation erfolgende Lösung von geeigneten Gesteinen der obersten Erdkruste durch Wasser und die daraus resultierende teilweise oder vollständige unterirdische Entwässerung sowie die Ausbildung spezifischer Oberflächenformen zu verstehen" (LOUIS & FISCHER 1978: 382).

6.1 Gipslösung

Gips ist ein Sedimentgestein, dessen Hauptgemengeteil der Gipsspat ist und das häufig mit Anhydrit, Steinsalz sowie Kalk und Dolomit vermengt ist. Gips entsteht durch Ausfällung beim Eindampfen von Meerwasser oder durch Wasseraufnahme aus Anhydrit (SCHUMANN 1985). Gipse ($CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$) und Salze sind in reinem Wasser löslich, eine Reaktion mit CO^2 , wie bei Kalkstein, findet nicht statt. Da seine Widerstandsfähigkeit gegen Auslaugung und Erosion geringer ist als die von Kalk, vollzieht sich der Ablauf der Entwicklungsvorgänge im Gipskarst rascher als im Kalkkarst "Fachwörterbuch für Karst- und Höhlenkunde" (1964).

Da Gips aus Anhydrit durch Aufnahme von Wasser entsteht, kommen beide nebeneinander vor. Durch den Austrag des leichtlöslichen Gipses, der im Gipskeuper in flachen Linsen und geradliniger Aderung in den Mergelschichten eingelagert ist, erscheint die Entstehung von Suffosions- und Subrosionsformen, wie z.B. Dolinen oder Höhlen plausibel. Da der Gips im Gipskeuper nicht oberflächlich ansteht, sondern in Form von Gipslinsen und Gipsbänken in die Mergel eingeschaltet ist, wird diese Karstform dem bedeckten oder unterirdischen Karst zugeordnet.

6.2 Erdfälle, Dolinen und Mardellen

Geht man davon aus, daß es zu einer Lösung und Auslaugung von Gipslinsen oder Gipsbänken im Gipskeuper und damit verbunden zu Nachsackungserscheinungen an der Oberfläche kommt, ist die Genese der Mardellen mit der von Erdfällen, Nachsackungs- und Einsturzdolinen vergleichbar.

Mardellen sind schüssel- bzw. wannenförmige Hohlformen mit vorwiegend ovalem oder rundem Grundriß. Sie haben im Mittel einen Durchmesser von 10 bis 30 m und eine Tiefe von 0,5 bis 5 m. Die Tatsache, daß in der Literatur noch nie von offenen Klüften oder Schlucklöchern berichtet wurde, kann dahingehend interpretiert werden, daß Mardellen nicht mit dem unterirdischen Entwässerungsnetz in Verbindung stehen.

Beim Vergleich der charakteristischen Merkmale von Dolinen mit denen von Mardellen in Lothringen, findet man auf den ersten Blick wenig Gemeinsamkeiten. Lediglich die runde bis elliptische Form scheint beiden gemeinsam zu sein. MACHATSCHEK (1955: 118) beschreibt Dolinen als "...schlot-, trichter- oder schüsselförmige Vertiefungen der Karstoberfläche mit rundem oder elliptischem, mitunter unregelmäßig gezacktem Umriß in den verschiedensten Dimensionen von 10 m bis 1,5 km Durchmesser und mit Tiefen von

2 bis etwa 300 m". "Dolinen stehen oft mit dem Kluftsystem des Gesteins in Verbindung. Sie liegen häufig an der Schnittstelle von Klüften, und der Boden der Dolinen weist meist offene Klüfte auf, die Niederschlagswasser unterirdisch fortleiten" (LOUIS & FISCHER 1978: 390f).

Gründe für die Unterschiede sind vor allem darin zu suchen, daß die typischen Erscheinungsmerkmale von Dolinen von den Formen im Kalkkarst abgeleitet sind. Die Lösungsformen, sowie die Bildungsbedingungen im Gipskarst sind jedoch in einigen Punkten grundsätzlich verschieden. Dolinen liegen meist völlig im verkarstungsfähigen Gestein, denn das Karbonatgestein steht oft an der Oberfläche an. Gips kommt dagegen im Gipskeuper nur in Form von Gipslinsen vor, die in die Bunten Mergel eingelagert sind. Die Gegenüberstellung der charakteristischen Merkmale von Dolinen und Erdfällen legt daher nahe, Mardellen eher mit Erdfällen zu vergleichen, die durch langsame Sackung entstanden sind. Denn auch bei den Lösungsformen im Gipskarst sackt das Hangende über dem gelösten Gestein nach und die Formen liegen in den unlöslichen Mergeln.

Erdfälle entstehen, wenn im Liegenden einer nicht wasserlöslichen Schicht Auslaugung oder Höhlenbildung stattfindet, so daß das Hangende über dem entstandenen Hohlraum einsinken kann. "Die Gipslösung greift dabei linienhaft von den wasserführenden Klüften und Spalten her das lösliche Gestein an" (SEEDORF 1955: 9). So entsteht ein meist kreisrunder, trichterförmiger Erdfall, eine typische Form des bedeckten Karstes (LESER & PANZER 1981). "Dabei kann sich der Einbruch in einer langsamen Sackung oder einem plötzlichen Einsturz äußern" (SEEDORF 1955: 26). Ständiger Nachfall der hangenden Gesteinsschichten weitet den zunächst meist steilwandigen und spitzkegeligen Hohlraum allmählich aus und wird so in der Tiefe von dem nachsackenden Material verfüllt. So entwickelt sich eine Kessel- oder Muldenform (WIEGAND 1965).

Das charakteristische Erscheinungsbild der Hohlformen im Gipskeuper, das sich in vielen Punkten von den typischen Formen des Kalkkarstes unterscheidet, rechtfertigt die Verwendung des eigenständigen Begriffes "Mardelle".

6.3 Detailuntersuchungen

Da im Rahmen dieser Arbeit keine direkte Beweisführung wie etwa Färbeversuche, chemische Analysen oder Ausbaggern einer Mardelle möglich war, mußte der Nachweis auf indirektem Weg erbracht werden. In Anlehnung an Untersuchungen von SLOTBOOM (1963), wurde nachzuweisen versucht, daß eventuell vorhandene Schichtungen und damit Schichtgrenzen im anstehenden Gipskeuper der Einsackungsform der Mardelle folgen. Am ungestörten Hang wäre

eine oberflächenparallele Lagerung der Schichten zu erwarten, wogegen die Schichtgrenzen am Mardellenhang schräggestellt sein müßten. SLOTBOOM verfolgte im Pseudomorphosenkeuper Luxemburgs ähnliche Fragestellungen. Dort war jedoch von Vorteil, daß der Pseudomorphosenkeuper aus dünnen horizontal gelagerten bunten Mergeln aufgebaut ist, so daß eine relativ oberflächennahe Profilgrube einen guten Eindruck über die Schichtlagerung in der Umgebung der Mardelle liefert. Bei Untersuchungen an einer Mardelle in der Nähe von Hakendorf wurde durch Bohrungen eine 1-1,5 cm mächtige, steinige Schicht gefunden, die sich sowohl in der Umgebung der Mardelle als auch unter der Mardelle nachweisen ließ.

Profilgruben, die im ungestörten Umfeld außerhalb der Mardelle angelegt wurden, zeigten eine oberflächenparallele Schichtung. In den Seitenwänden der Form hingegen brach die Schichtung nicht ab, was auf Materialentnahme hingedeutet hätte. Vielmehr folgte die Schichtung auch hier der Oberfläche und damit der Mardellenform.

Diese Beobachtung kann nur durch Erdabsenkung bzw. Lösung im Untergrund und Nachsinken der oberen Gesteinsschichten erklärt werden. Zudem zeigten die aufgeschlossenen Profile in keinem Fall eine gestörte Schichtlagerung, womit Kryoturbation bzw. Pingo-Bildung ausgeschlossen werden kann (SLOTBOOM 1963).

Die Untersuchung der Mardellen im Lothringischen Gipskeuper erwies sich als sehr viel schwieriger, als die im Pseudomorphosenkeuper Luxemburgs. Der Gipskeuper wird aus bunten dolomitischen und kalkigen Mergeln aufgebaut, in die einzelne Gipsbänkchen und Nester eingearbeitet sind. Eine horizontal lagernde Schichtung oder eine markante, durchgängig verfolgbare Schicht findet man im Gipskeuper nicht.

Ein "Schichtwechsel" tritt nur dort auf, wo Lehme bzw. Deckschichten auf Schichten des Gipskeupers auflagern. Dies ist an vielen Stellen im Untersuchungsgebiet der Fall. Deckschichten sind durch ihre hellbraune Farbe und ihre lockere schluffige Bodenart gut von den festen violetten oder grauen Tonen des Gipskeupers abzugrenzen.

Anhand von Detailuntersuchungen an Mardellen im Gelände sollten folgende Fragen geklärt werden:

1. Findet man Hinweise auf eine anthropogene Entstehung?
   - Das würde erwarten lassen, daß das Bodenprofil an den Mardellenwänden gestört ist.

2. Geht man davon aus, daß Mardellen natürlich entstanden sind
   - läßt sich dann an den Mardellenwänden ein schwächer entwickeltes Bodenprofil als außerhalb der Formen finden und liegen Reste eines humosen Horizontes unter dem Kesselboden vor, wie WIEGAND (1965) es für Erdfälle fordert?
   - sind die Formen durch langsame Sackung oder plötzlichen Einsturz entstanden?
   - folgen die geologischen Schichten der Topologie der Mardelle?

6.3.1 Auswahl geeigneter Mardellen

Für die Detailuntersuchung mußten geeignete Mardellen gefunden werden. Eine erste Auswahl erfolgte mit Hilfe der geologischen Karten. Wo der Gipskeuper von pleistozänen Deckschichten des Diluviums überdeckt war, konnte mit einer Schichtgrenze gerechnet werden, die mit dem Pürckhauer-Bohrer erreichbar war. Weitere Auswahlkriterien waren die Repräsentativität der Mardellenform und auch die Erreichbarkeit.

Im Vorfeld wurden an mehreren verschiedenen repräsentativen Mardellen Sondierungsbohrungen mit dem Pürckhauer-Bohrer durchgeführt, um zu ermitteln
- ob ein Schichtwechsel vorlag und
- in welcher Tiefe der Schichtwechsel erfolgte, da dies entscheidend war für die Tiefe der Profilgrube, die angelegt werden sollte.

Dabei erwiesen sich zwei Mardellen (Nr. 190 und 195, vgl. Abb. 16) als geeignet , da beide folgende Kriterien erfüllten:

1. eine Deckschicht über Gipskeuper liegt,
2. der Schichtwechsel in einer Tiefe von ungefähr 1m erfolgt,
3. die Mardellen eine repräsentative Form und Tiefe besitzen,
4. die Mardellen gut zu erreichen sind.

Mardelle Nr. 190 und Nr. 195 liegen beide in einem Waldgebiet, dem "Buschwald", das sich östlich an den Forêt de Farschviller anschließt. In Mardelle Nr. 190 wurden drei, in Nr. 195 vier Profilgruben angelegt. Zusätzlich wurden Gruben oberhalb und seitlich neben Mardelle Nr. 195 gegraben, um

Vergleichsprofile am ungestörten Hang zu erhalten. Mardellen und Profilgruben wurden exakt vermessen (vgl. Sbb. 17 zu Mardelle Nr. 190). Zusätzlich wurden Bohrungen im Mardellenboden beider Formen vorgenommen. Es war nicht möglich an dieser Stelle Profilgruben anzulegen, da die Mardellen zwar im September begehbar waren, der Untergrund jedoch versumpft und feucht blieb.

6.3.2 Profil- und Bohrbefunde

Einen kurzen Überblick über die Form der Mardelle und die Lage der Profilgruben soll die nachfolgende schematische Skizze vermitteln.

Abb. 16: Lage der Profilgruben in Mardelle 190 und 195

Es wurden jeweils drei Profilgruben (I, II, III) von beiden Mardellen dokumentiert. Die Beobachtungen und Geländebefunde wurden mit Hilfe von Zeichnungen der Profilgruben festgehalten. Im folgenden werden die Profilbefunde von Mardelle Nr. 190 näher erläutert und dargestellt.

Abb. 17: Profilgruben in der Mardelle Nr. 190. Die Bemaßungen sind in cm bzw. Altgrad angegeben. Folgende Beobachtungen können festgehalten werden:

Abb.17: Fortsetzung

Profilgrube Ost

	Horizont	Bodenart	Bodenfarbe (feu3)	
	Ah	lU	10 YR 3/3	
	Bv	lU	10 YR 4/4	(Deckschicht 1)
	Übergangs-schicht	tL	10 YR 5/6	
	II Cv	uT	7,5 YR 4/6	(Deckschicht 2)
	Übergangs-schicht	uT	2,5 Y 4/4	
	III Cv	T	5 Y 4/2	(Gipskeuper)

1. Aufgrund unterschiedlicher Bodenart und Bodenfarbe, die mit Hilfe der MUNSELL-SOIL COLOR CHARTS (1975) bei Feuchte 3 ermittelt wurde, konnten insgesamt drei verschiedene Schichten ausgegliedert werden:
   - Deckschicht 1 - lehmiger Schluff, gelbbraun (10 YR 4/4)
   - Deckschicht 2 - schluffiger Ton, rotbraun (7,5 YR 4/6)
   - Gipskeuper - Ton, graugrün (5 Y 4/2)

2. Alle Profile weisen ein vollentwickeltes Bodenprofil auf. Dies ist an dem ausgeprägten humosen Horizont und dem mächtigen Verbraunungshorizont zu erkennen. Man kann davon ausgehen, daß zu dessen Bildung eine lange Entwicklungszeit nötig ist, die sehr wahrscheinlich erst nach der letzten Kaltzeit einsetzte.

3. Die Schichten bzw. Schichtgrenzen fallen zum Mardelleninneren ein, folgen also der Mardellenform. Dabei liegen die Fallwinkel der Schichten zwischen 10 Grad und 35 Grad. Die graugrüne Schicht des Gipskeupers fällt bei allen Profilen am stärksten ein. Für das Einfallen der Grenzschichten wurde aus je zwölf Meßwerten der arithmetische Mittelwert gebildet. Deckschicht 1 (hellbraun, schluffig) fällt um einen Betrag von ca. 2 Grad stärker ein als Deckschicht 2.

4. Die Bohrung im Mardelleninneren von Nr. 190 ergab einen 2,5 m mächtigen organischen Horizont, der zum großen Teil aus Laub und Ästen besteht. Darauf folgte bis in etwa 5 m Tiefe ein stahlgrauer, toniger Reduktionshorizont aus verlagertem Lockermaterial, der die Feuchte 5 aufwies. Das Anstehende konnte nicht erbohrt werden. Mardelle Nr. 195 hat einen nur 20 cm mächtigen, organischen Horizont (H). Darauf folgt verlagertes und vergleytes Lockermaterial (Gr) und ab 220 cm das Anstehende.

6.3.3 Interpretation

Die ungestörte Lagerung der Schichten und voll entwickelte Bodenprofile sind Befunde, die eine anthropogene Entstehung der untersuchten Mardellen ausschließen.

Auch die Pingo-Theorie kann mit Hilfe dieses Befundes weiter entkräftet werden, da man weder Kryoturbationserscheinungen, noch zum Zentrum hin aufgewölbte Schichten findet, wie man sie beim fossilen Pingo erwarten müßte.

Die ungestörte Lagerung der Schichten deutet auf Lösungsvorgänge im Untergrund und Nachsinken der oberflächennahen Schichten hin. Diese Beobachtung

spricht außerdem für eine langsame, kontinuierliche Absinkbewegung. Ein plötzliches Einbrechen einer Deckschicht über einem Hohlraum kann ausgeschlossen werden. Folgende Abbildung verdeutlicht diesen Lösungs- und Nachsackungsprozess.

Abb. 18: Schematische Darstellung der Entstehung einer Mardelle

In der Umgebung von Mardelle Nr. 195 wurden Vergleichsprofile am ungestörten Hang gegraben, die belegen, daß sich an den Mardellenwänden kein schwächer entwickeltes Bodenprofil als außerhalb der Form befindet. Reliktische oder fossile Humushorizonte waren bei keiner Bohrung im Mardelleninneren nachzuweisen, wie sie WIEGAND (1965) für Erfälle fordert, die durch Einsturz entstanden sind.

Das Einfallen der Schichten zum Mardelleninneren spricht ebenfalls für eine natürliche Entstehung. Die Schichtgrenzen folgen der Topologie der Mardelle. Die Vergleichsprofile am ungestörten Hang in der Umgebung von Mardelle Nr. 195 zeigen eine parallele Lagerung und Einfallen der Schichten mit dem Einfallen der Hangflanke. Die Schichtgrenzen der Profile innerhalb der Form sind schräggestellt, fallen also zudem zum Mardelleninneren ein.

Das geringere Einfallen der Deckschichten deutet darauf hin, daß die Deckschichten in eine schon vorhandene Hohlform hinein sedimentiert wurden und deshalb flacher geneigt sind als die darunter liegenden Gipskeuperschichten.

6.4 Zusammenfassung

Um die typischen Merkmale der Mardellen herauszuarbeiten und sie in die Terminologie des Karstreliefs einzuordnen, wurden sie den Lösungsformen Doline und Erdfall gegenübergestellt. Durch das Herausstellen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden konnte eine Abgrenzung bzw. Einordnung der Hohlform Mardelle gegenüber Dolinen und Erdfällen vorgenommen werden. Mardellen sind durch Gipslösung und Nachsacken der Oberfläche entstanden. Man könnte sie demzufolge als Nachsackungsdolinen oder noch besser als "schleichende Erdfälle" (LOUIS & FISCHER 1979: 391) bezeichnen. Detailuntersuchungen lieferten Belege für die natürliche Entstehung.

Mit Hilfe von Profilgruben, die an den Mardellenhängen angelegt wurden, konnte festgestellt werden, daß:

1. die Schichten eine ungestörte Lagerung aufweisen und in allen Fällen ein vollentwickeltes Bodenprofil vorliegt,

2. die Schichtgrenzen bzw. die Schichten zum Mardelleninneren einfallen.

Anthropogene Entstehung oder Pingo-Bildung kann ausgeschlossen werden. Da die untersuchten Mardellen repräsentativ für das Untersuchungsgebiet sind, sind die Aussagen übertragbar. Der Begriff Mardelle kann somit für eine Form im Gipskarst verwandt werden, die durch Lösung in der Tiefe und damit verbundene Nachsackungserscheinungen an der Oberfläche gebildet wurde. Da dieser Vorgang meist nicht abrupt, sondern eher allmählich vor sich geht, zeichnen sich Mardellen durch sanfte, wannenförmige Formen aus, die sie morphographisch von den meisten Dolinen und Erdfällen unterscheiden.

7. Zusammenfassende Diskussion

Im Forêt de Farschviller wurde mit 235 Mardellen eine in dieser Größenordnung unerwartet große Zahl von Mardellen kartiert. Die systematische morphographische Erfassung erlaubt es, die Mardelle als primär natürliche Hohlform in den Gesamtzusammenhang der geomorphodynamischen Gegebenheiten einzuordnen. Die Verteilung der Mardellen in Bezug auf Lage am Hang, Exposition, Oberflächenneigung und die Regelmäßigkeit der Form bilden ein konsistentes Faktorenbündel, das mit einer anthropogenen Entstehung nicht vereinbar ist. Detailuntersuchungen an repräsentativen Mardellen widerlegen nicht nur die anthropogene Entstehung, sie lasssen sich darüberhinaus im Sinne einer Lösungsform deuten und entkräften zugleich andere natürliche Entstehungsursachen.

Die primär natürliche Genese stellt keinen Widerspruch zu archäologischen Funden dar, die eine menschliche "Nutzung", gleich welcher Art und Intensität, zweifelsfrei belegen. Diese Nutzungsgeschichte muß aber klar von der Entstehungsgeschichte getrennt werden.

Die Inventarisierung der Mardellen im Lothringischen Gipskeuper diente einerseits der wissenschaftlichen Fragestellung nach Verteilung, Morphographie und Entstehung. Daneben spielen Mardellen für Heimatgeschichte und Arten- bzw. Biotopschutz eine nicht zu unterschätzende Rolle. Wenn auch eine Gefährdung momentan nur in Einzelfällen vorliegt, bildet das Wissen um die Existenz eine brauchbare Datengrundlage für landschafts- und regionalplanerische Vorhaben.

8. Schriften- und Quellenverzeichnis

8.1 Literatur

ANRICH, H. (1957): Anhydrit und Gips im Mittleren Muschelkalk und Gipskeuper Südwestdeutschlands. - Dissertation. - Universität Tübingen.

BARTH, B. (1992): Mardellen im Lothringischen Gipskeuper und ihre Bedeutung für den Naturraum; Vorkommen, Morphographie und Genese. - Unveröffentlichte Diplomarbeit - Universität des Saarlandes, Fachrichtung 6.5 Geographie -Saarbrücken.

BAUER, J. (1986) : Naturschutz aus geomorphologischer Sicht. Ein Konzept zur Inventarisierung, Bewertung und Sicherung schutzwürdiger Landformen, dargestellt am Beispiel des Landkreises St. Wendel. - Unveröffentlichte Diplomarbeit- Universität des Saarlandes, Fachrichtung 6.5 Geographie - Saarbrücken.

BENECKE, E. W., BÜCKING, H., SCHUMACHER, E., & L. van WERVEKE (1900): Geologischer Führer durch das Elsass. - Berlin.

BENECKE, E.W. (1914): Die Dolomitische Region in Elsaß-Lothringen und die Grenze von Muschel-kalk und Lettenkohle. - In: Mitteilungen der geologischen Landesanstalt von Elsax-Lothringen. Band **9**, Heft 1. - Straßburg.

BENECKE, E.W. (1877): Über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg. - In: Abhandlungen der geologischen Spezialkarte von Elsaß-Lothringen. Band **1**, Heft 3.

BNatSchG (1990): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege - Bundesnaturschutzgesetz.

BOUCHHOLTZ, H. (1902): Die ländliche Wasserversorgung der alten Zeit, die Pfahlbauten und die Zisternen. - In: Preußische Jahrbücher 1902, Band **197**, Heft 3, S. 472 ff. - Berlin.

BURROUGH, P.A. (1986): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. - Oxford.

CAILLEUX, A. (1956): Mares, mardelles et pingos. - In: Comptes rendus des seances de l`Académie des Sciences, Band **242**, Nr. 15, S. 1912-1913. - Paris.

CAILLEUX, A. (1957): Les mares du Sud-Est de Sjaelland (Danmark). - In: Comptes rendus des seances de l`Académie des Sciences 245, S. 1073. - Paris.

CAILLEUX, A. (1961): Mares et lacs ronds et loupes de glace du sol. - In: Biuletyn Peryglacjalny **10**. - Lodz.

CAILLEUX, A. (1960): Sur les mares et lacs ronds des plaines aujourd`hui temperées. - In: Revue géomorphologie dynamique XI. - Paris.

COLBUS, E. (1913): Die Maren oder Grubenwohnungen. - In: Ruppel, A. (Hrsg.): Lothringen und seine Hauptstadt, S. 60-66. - Metz.

COLBUS, E. (1905): Neue Untersuchungen von Maren und der danebenliegenden Tumuli. - In: Jahrbuch der Gesellschaft für lothringische Geschichte und Altertumskunde, Band **17**, 2. Hälfte, S. 236-271. - Metz.

COLIN, G. & A. GODARD (1962): Les dépressions fermées en Lorraine. - In: Revue géographique de l`Est, **2**, S. 233- 261. - Nancy.

COMMISSION FRANCAISE DES PHENOMENES KARSTIQUES (1965): Vokabulaire francais des phenomènes karstiques. - Orléans.

CULMANN, H. (1925): Die Maren. - In: Pfälzer Heimat, Jg. **95**, Nr. 4 (Wochenbeilage zur Pirmasenser Zeitung vom 22.7. 1925), S. 1-2.

DEFFONTAINES, P. & H. GUYOT, (1922): Les mardelles de lorraine. - In: Revue anthropologique, Jg. **32**. - Paris.

DELAFOSSE, W., GUYOT, H. & A. BELLARD (1932): La question des mardelles en Moselle. - In: Bulletin de la societé d`Historique naturelle de la Moselle, 3. Ser., Band **9**, Heft 33, S. 89-102. - Metz.

FRECAUT, R. (1983): Géographie de la Lorraine. - Nancy.

GEORGE, P. (Hrsg.) (1970): Dictionaire de la géographie. - Paris.

GRADMANN, R. (1931): Süddeutschland, Band **2**, S. 150. - Stuttgart.

GRENIER, A. (1906): Habitations gauloises et villas latines chez les Mediomatriques. S. 61. - Paris.

HÄBERLE, D. (1928): Zur Kenntnis der Maren (Mardelle, Pfühle) Südwestdeutschlands und Lothringens. - In: Geographische Zeitschrift, Band **34**, S. 260-270.

HAMMERSTEIN, Freiherr von (1894): Jahrbuch der Gesellschaft für lothringische Geschichte und Altertumskunde, Band **VI**, S. 310.

JESSEN, Otto (1922): Das lothringische Keuperland. Ein Beitrag zur Landeskunde Deutsch- Lothringen. - In: Geographischer Anzeiger **23**, Gothar 1922, S. 49-56 und 84-88.

KAYSER, E. (1923): Geologische Formationskunde, Bd. **III**. - Stuttgart.

KESSLER, P. (1924): Über eine Art von Pseudodolinen. - In: Geologische Rundschau, 1924, Band **15**, S. 48-49.

KIRSCHNER, F. (1929): Erdlöcher, Pfühle, Tümpel oder Dolinen in der Umgebung von Pirmasens. - In: Pirmasenser Geschichtsblätter (Mitteilungen des Vereins für Heimatgeschichte Pirmasens), Jg. **4**, Blatt 4, 1. Mai 1929, S. 13- 13. - Pirmasens.

KLEIN, A. (1989): Limnologische Charakterisierung einer Mardelle im Oberen Muschelkalk. - Unveröffentlichte Diplomarbeit. - Saarbrücken.

LESER, H. et al. (1989): Diercke Wörterbuch der allgemeinen Geographie.

LESER, H. & W. PANZER (1981): Geomorphologie. - Braunschweig.

LIEDTKE, H. (1969): Grundzüge und Probleme der Oberflächenformen des Saarlandes und seiner Umgebung. - In: Forschung zur deutschen Landeskunde, Bd. **183**, S. 54. - Bad Godesberg.

LIEDTKE, H. (1989): Oberflächenformen und Reliefentwicklung im Grenzraum Saarland, Lothringen und Luxemburg. - In: Geographische Rundschau, Bd. **10**, S. 530-536.

LINCKENHELD, E. (1928): Die lothringischen Mertel. - In: Elsaßland- lothringische Heimat, Bd. **8**, S. 237-244. - Gebweiler.

LOES (1899): Les mardelles. - In: Extrait des publications du Congrés archéologique d'Arlon (Annales de l'Institut archéologique du Luxemburg 1901).

LORENZ, V. (1982): Maare und Schlackenkegel der Westeifel. - In: Spektrum der Wissenschaft, Heft Nr. 2, 1982. - Heidelberg.

LOUIS, H. & K. FISCHER (1979): Allgemeine Geomorphologie. - Berlin, New York.

MACHATSCHEK (1955): Das Relief der Erde, Band 1.

MACKAY, J.R. (1978): Contemporary pingos: a discussion. - In: Biuletyn Periglacialny No. 27.

MAARLEVELD, G.C. & J.C. TOORN van den (1955): Pseudo-Sölle in Nord - Niederland. - In: Tijdschrift K.N.A. **72**, No.4, S. 344-360.

MATTERN, H. & H. BUCHMANN (1987): Hülben der Nordostalb. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Ökologie und Naturschutz (Hrsg.). - Karlsruhe.

MAUS, E. (o.D.): Die Mardellen auf der Gemarkung Vinningen. - In: Das Pirmasenser und Zeibrücker Land, seine wechselvolle Geschichte und seine entwicklungsfreudige Gegenwart.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1975). - Baltimore, Maryland.

MURAWSKI, H. (1983): Geologisches Wörterbuch. - Stuttgart.

NAGEL, K. (1982): Die Weiher des Pays des Etangs. - Dissertation. - Saarbrücken.

NICOD, J. (1976): Karsts de gypses et de evaporites associées. - In: Annales de géographie, No. 471.

ÖKOLOGISCHE BILDUNGSSTÄTTE OBERFRANKEN [Hrsg.] (1993): Grotopschutz. Workshop "Geotopschutz und geowissenschaftlicher Naturschutz"; Materialien I/1992. Mitwitz (Oberfranken).

PISSART, A. (1958): Les dépressions fermées dans la region parisienne. Le problème de leur origine. - In: Revue de géomorphologie dynamique IX. - Paris.

PISSART, A. (1963): Les traces de Pingos du Pays de Galles (grande-Bretagne) et du Plateau des Hautes Fagnes (Belgique). - In: Zeitschrift für Geomorphologie NF, Band **7**.

PLACHTER, H. (1991): Naturschutz. - Stuttgart.

PLAISANCE, G. & A. CAILLEUX (Hrsg.) (1958): Dictionaire des sols. - Paris.

RISONES, R. (Leiter des Forstamtes Spicheren) (1991): mündliche Mitteilungen.

SAUER, E. (1982): Die Pflanzenwelt des Jägerpfuhls auf dem Hölschberg bei Biesingen und seiner unmittelbaren Umgebung. - In: Faun. - flor. Not. Saarl. **14**:(2):135-148, Delattinia (Hrsg.). - Saarbrücken.

SCHNEIDER, A. (1991): Kartierung und Bewertung von Karstformen im Hinblick auf geomorphologischen Naturschutz. - Unveröffentlichte Diplomarbeit-Universität des Saarlandes, Fach-richtung 6.5 Geographie -Saarbrücken.

SCHNEIDER, C. (1993): Geoökologische Untersuchungen an Mardellen im Foret de Sierck westlich Halstroff (Nordost-Lothringen). Abh. DELATTINIA **22**.-Saarbrücken.

SCHUMACHER, E (1885): Über einige Oberflächenphänomene in Deutsch-Lothringen, welche mit einer ehemaligen Vereisung des Landes in Verbindung zu stehen scheinen. - In: Amtlicher Bericht über die 58. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Strasbourg 1885, S. 394-400. - Strasbourg.

SCHUMACHER, E. (1890): Die Bildung und der Aufbau des oberrheinischen Tieflandes. - In: Mitteilungen der geologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, Band **II**, S. 340.

SCHUMACHER, W. (1985): Der neue BLV Steine- und Mineralienführer. - München.

SEEDORF, H. H. (1955): Reliefbildung durch Gips und Salz im niedersächsischen Bergland. - In: Schriften der Wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens E.V., Band **56**. - Bremen.

SEIBEL, S. (1991): Kartierung und Bewertung von Karstformen im Hinblick auf geomorphologischen Naturschutz. - Unveröffentlichte Diplomarbeit-Universität des Saarlandes, Fachrichtung 6.5 Geographie -Saarbrücken.

SLOTBOOM, R.T. (1963): Comparative geomorphological and palynological investigation of the Pingos (Viviers) in the Hautes Fagnes (Belgium) and the Mardellen in Gutland (Luxemburg). - In: Zeitschrift für Geomorphologie NF, Band **7**, S. 193-231.

SPRATER, C. (1924): Trichtergruben in Süd- und Westpfalz. Keine vorgeschichtlichen Denkmäler. - In: Pfälzische Rundschau vom 19.11.1924, S.3.

TIETZE, W. (Hrsg.): Westermann Lexikon der Geographie. Band III. - Braunschweig.

TROLL, C. (1962): "Sölle" and "Mardelles". Glacial and Periglacial Phenomena in Continental Europe. - In: Erdkunde XVI. - Bonn.

TROLL; C. & K.H. PAFFEN (1969): Jahreszeitenklima der Erde.

VALDI, F. (1983): Schutz und Pflege von Höhlen, Erdfällen und anderen Karsterscheinungen nach dem Niedersächsischen Naturschutzgesetz. - In: Natur und Landschaft **58** (11), S. 409-411.

VERBAND DER DEUTSCHEN KARST- UND HÖHLENFORSCHER (1964): Fachwörterbuch für Karst- und Höhlenkunde. - In: Jahreshefte für Karst- u. Höhlenkunde, Heft 4.

VOEGELE, E. (1935): Die Marenfrage in Lothringen. - In: Der Wanderfalke, Band **4**, Heft 4, S. 7-9. - Offweiler.

WEISE, O. (1983): Das Periglazial. Geomorphologie und Klima in gletscherfreien, kalten Regionen. - Berlin, Stuttgart.

WELTER, J. (1903): Die Maren oder Mardellen: Keltische Wohngruben in Lothringen. - In: Correspondenz - Blatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte, Jg. **34**, Nr. 11, S. 132-134.

WELTER, T. (1921): Les mares. Habitations sauterrains de nos ancètres lorraines. - In: Assoc. Franc. pour l`Avancement des Sciences, Comptes rendus de la 44 me session- Strasbourg 1920, S. 521-523. - Paris.

WELTER, T. (1924): Un jacquard préhistorique en lorraine. - In: Annuaire de la Societé d`Historique et d`Archèologie de la Lorraine. Jg. **33**, S. 196-201. - Metz.

WERVEKE, L. van (1903): Beitrag zur Kenntnis der lothringischen Mardellen, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des lothringischen Diluviums. - In: Mitteilungen der Geologischen Landesanstalt von Elsax- Lothringen, Band **5**, Heft 4, S. 351-366. - Strasbourg.

WERVEKE, L. van (1906): Erläuterungen zu Blatt Saarbrücken der geologischen Übersichtskarte von Elsax- Lothringen 1 : 200000. - Strasbourg.

WICHMANN, K. (1901): Über die Verbreitung und Bestimmung der Mare in Lothringen. - In: Correspondenz- Blatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte, Jg. **32**, Nr. 9, S. 78.

WICHMANN, K. (1903): Über die Mare oder Mertel in Lothringen (mit einem Bericht über die Ausgrabungen des Herrn Colbus in Altrip). - In: Jahrbuch der Gesellschaft für lothringische Geschichte und Altertumskunde, Band **15**: 218- 262. - Metz.

WIEGAND, G. (1965): Fossile Pingos in Mitteleuropa. - In: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Würzburg. - Würzburg.

WILHELMY, H. (1981): Geomorphologie in Stichworten, Band III; Exogene Morphodynamik. - Tübingen.

8.2 Kartenwerke

Topographische Karten:

Blatt 3579 Vahl-Ebersing (1883) 1:24.000 der Preußischen Landesaufnahme
Blatt 3767 Püttlingen (1883) 1:24.000 der Preußischen Landesaufnahme
Blatt XXXVI-13 Sarreguemines (1931) 1:20.000
Blatt XXXV-13 St. Avold (1957) 1:24.000
Blatt XXXVI-13 Sarreguemines (1957) 1:24.000
Blatt 3513 est St. Avold (1984) 1:24.000
Blatt 3613 ouest Farébersviller (1984) 1:24.000
Blatt 12 Strasbourg, Forbach (1989) 1:100.000

Geologische Karten:

Blatt XXXV-13 St. Avold (1960) 1:50.000. Hrsg. Service de la Carte Gélogique de la France, Paris.
Blatt XXXVI-13 Sarreguemines (1967) 1:50.000. Hrsg. Service de la Carte Gélogique de la France, Paris.
GÜK 1:200.000, Bundesrepublik Deutschland CC 7102 Saarbrücken (1979). Hrsg. Bundesanstalt für Geowissen-schaften und Rohstoffe in zusammenarbeit mitr den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland und benachbarter Staaten.

8.3 Luftbildmaterial

S/W-Luftbilder der Befliegung von 1989 im Maßstab 1:17.000 mit folgenden Nummern:

831 bis 838
928 bis 935

vertrieben durch PHOTOTHEQUE NATIONAL IGN. - St. Mandé.

Anschrift der Verfasserin:
Dipl. Geogr. Bettina BARTH
Fachrichtung Geographie
Universität des Saarlandes
66041 Saarbrücken