

MONIKA PETERMÜLLER-STROBL, HELMUT HEUBERGER

Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:25 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25 Blatt 26,
8133 Seeshaupt

Erl. GMK 25, Blatt 26, 8133 Seeshaupt: 1–58, Berlin 1985.

MONIKA PETERMÜLLER-STROBL, HELMUT HEUBERGER

Erläuterungen
zur
Geomorphologischen Karte 1:25 000
der
Bundesrepublik Deutschland

GMK 25 Blatt 26 8133 Seeshaupt

Berlin 1985

Herausgegeben von D. BARSCH, O. FRANZLE, H. LESER, H. LIEDTKE und G. STABLEIN
Kartenredaktion und Schriftleitung: K. MÖLLER
Vertrieb: GeoCenter, Postfach 80 08 30, D-7000 Stuttgart 80

*Anschriften der Mitglieder der Koordinationskommission des Schwerpunktprogrammes „Geomorphologische
Detailkartierung“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft:*

Prof. Dr. DIETRICH BARSCH, Geographisches Institut der Universität, Im Neuenheimer Feld 348, Postfach 10 57 60, 6900 Heidelberg 1

Prof. Dr. OTTO FRÄNZLE, Geographisches Institut der Universität, Olshausenstr. 40, 2300 Kiel 1

Prof. Dr. HARTMUT LESER, Geographisches Institut der Universität, Klingelbergstr. 16, CH-4056 Basel

Prof. Dr. HERBERT LIEDTKE, Geographisches Institut der Universität, Universitätsstr. 150, NA 4/164, Postfach 10 21 48, 4630 Bochum

Prof. Dr. GERHARD STÄBLEIN, Geomorphologisches Laboratorium, Institut für Physische Geographie der Freien Universität, Altensteinstr. 19, 1000 Berlin 33

Geschäftsstelle

des GMK-Schwerpunktprogramms:

Prof. Dr. DIETRICH BARSCH und Dr. ROLAND MÄUSBACHER, Geographisches Institut der Universität, Im Neuenheimer Feld 348, 6900 Heidelberg 1

Kartenredaktion

des GMK-Schwerpunktprogramms:

Prof. Dr. GERHARD STÄBLEIN und KLAUS MÖLLER, Geomorphologisches Laboratorium der Freien Universität, Altensteinstr. 19, 1000 Berlin 33

Vertrieb der Karten und Erläuterungen:

GEO-CENTER, Postf. 80 08 30, 7000 Stuttgart 80

Gesamtherstellung:

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEODÄSIE,
Außenstelle Berlin, Stauffenbergstr. 11-13,
1000 Berlin 30

Anschriften der Autoren:

MONIKA PETERMÜLLER-STROBL, Kastanienstr. 19, 8000 München 90

Prof. Dr. HELMUT HEUBERGER, Geographisches Institut der Universität, Hellbrunner Str. 34, A-5020 Salzburg

Vorwort der Koordinationskommission

Die vorliegende Karte ist Bestandteil des Kartenwerkes „Geomorphologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 25 000“ (GMK 25), das ab 1978 publiziert wird. Dieses Kartenwerk hat nicht zum Ziel, die gesamte Bundesrepublik Deutschland geomorphologisch im Maßstab 1 : 25 000 darzustellen, sondern es hat die Aufgabe, ausgewählte Gebiete im Blattschnitt der amtlichen Topographischen Karte 1 : 25 000 zu kartieren und im Druck zu veröffentlichen. Wichtige geomorphologische Landschaftstypen werden durch *repräsentative Beispielblätter* dargestellt und in einem Textband geomorphogenetisch und geographisch erläutert. Ihre Bearbeitung erfolgt im Rahmen des Schwerpunktprogrammes „Geomorphologische Detailkartierung in der Bundesrepublik Deutschland“, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft getragen wird. Dieses „GMK-Projekt“ soll der geomorphologischen Forschung durch großmaßstäbliches regionales Arbeiten neue Impulse verleihen, damit einerseits die geomorphologische Kartierungs- und Forschungstechnik weiterentwickelt wird und andererseits konkrete großmaßstäbliche Fakten für das theoretische Grundgerüst der Allgemeinen Geomorphologie bereitstehen. Die GMK zeigt durch ihre geomorphogenetische und geomorphographische Analyse die Reglerfunktion der Reliefformen für landschaftshaushaltliche und geomorphologische Prozesse.

Die Beispielblätter sollen zugleich Anregung für weiterführende geomorphologische Forschungen sein. Dabei ist einmal an eine sukzessive Kartierung zusätzlicher Meßtischblätter gedacht, welche im Rahmen von Praktikums- und Examensarbeiten

kartiert werden können. Zum anderen soll durch die großmaßstäbliche geomorphologische Aufnahme auch das Problem geomorphologischer Karten in den Folgemaßstäben angegangen werden, um zu einer Methodik für Legende und Generalisierung bei modernen *geomorphologischen Übersichtskarten* zu gelangen. Hinter dem umfassenden Begriff „GMK-Projekt“ steht jedoch auch die Idee der Weiterarbeit in Richtung von *Auswertungs-* und *Auszugskarten*, in welchen die geomorphographischen und geomorphogenetischen Fakten der GMK 25 oder jene der Karten kleinerer Maßstäbe in anwendungsbezogene Karten umgesetzt werden.

Die geomorphologischen Karten, voran die GMK 25, haben konkrete Anwendungsmöglichkeiten. Sie sollen nicht nur wissenschaftlichen und hochschuldidaktischen Zwecken dienen, sondern auch im Geographieunterricht die bisher ersatzweise verwendeten anderen geowissenschaftlichen Karten ergänzen, zu deren Inhalten sie sich komplementär verhalten. Die geomorphologischen Karten leisten damit einen bedeutenden Beitrag zum Verständnis unseres Lebensraumes, der durch die „*Reliefsphäre*“ bestimmt und repräsentiert wird. Auf ihr lebt und wirtschaftet der Mensch und gestaltet seine spezifische Umwelt entsprechend dem Stand der Technik und der gesellschaftlichen Verhältnisse. Raumplanung, Waldbau, Agrarwirtschaft und Bauwesen stellen neben den geo- und biowissenschaftlichen Nachbardisziplinen der Geomorphologie und Geographie die Hauptanwendungsbereiche geomorphologischer Karten und ihrer Folgekarten dar. Sie sind Grundlage jeder ökologiebezogenen Planung.

Die Mitglieder der Koordinationskommission als Herausgeber

DIETRICH BARSCH
OTTO FRÄNZLE
HARTMUT LESER
HERBERT LIEDTKE
GERHARD STÄBLEIN

Bearbeitet und gedruckt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Vorwort der Autoren

Das Eberfinger Drumlinfeld und die Toteislandschaft der Osterseen gehören seit langem zu den klassischen Gebieten des glazial überformten Alpenvorlands, schon seit den Arbeiten von A. ROTHPLETZ, besonders aber durch die Forschungen von E. EBERS. Dies führte auch zur Auswahl dieses Kartenblattes.

Die geomorphologische Kartierung erstreckte sich über die Jahre 1978 bis 1984. Zunächst verteilte sich die Arbeit auf M. PETERMÜLLER-STROBL, P. RAFFLER und K. KÖHLER-LEIMER. Nach Studienabschluß blieben M. PETERMÜLLER-STROBL und P. RAFFLER. Nach meiner Berufung von München nach Salzburg 1980 lag der Schwerpunkt der Arbeit und Koordination bei M. PETERMÜLLER-STROBL. Die intensive Kleinformung des Arbeitsgebietes an der Grenze des Darstellbaren und der ständige Wechsel der in der topographischen Karte stark vergrößerten Neigungsverhältnisse erforderten einen ungewöhnlich hohen Zeitaufwand bei der Aufnahme, der trotz der großzügigen finanziellen Unterstützung des Projektes durch die DFG, für die hier gedankt sei, viel Idealismus von den Kartierenden erforderte. Dank gebührt da vor allem P. RAFFLER, dem Bearbeiter des nordwestlichen Kartenteils. Hier sei auch noch besonders die Mithilfe von Herrn H.-J. STROBL dankbar vermerkt.

Mit der Leitung des Gesamtprojektes der GMK 25 bestand eine sehr gute Zusammenarbeit. Besonders den Herren Prof. Dr. BARSCH und Dr. MÄUSBACHER sei für zahlreiche gemeinsame Feldbegehungen und Anregungen gedankt. Auch Herrn Prof. Dr. LIEDTKE danken wir für wertvolle Diskussionen im Gelände, und Herrn K. MÖLLER von der

Kartenredaktion sei ebenfalls für gute Beratung gedankt.

Entscheidend war die Hilfe des BAYERISCHEN GEOLOGISCHEN LANDESAMTES, München. Der Leitende Regierungsdirektor, Herr Dr. O. WITTMANN, zeigte sich von Anfang an sehr aufgeschlossen und gab wertvolle Hinweise auch im Gelände. Es bedeutet ein besonderes Entgegenkommen, daß uns die noch unveröffentlichte Bayerische Bodenkundliche Karte 1 : 50 000, Blatt L 8132 Weilheim i. OB, zur Verfügung stand. Der Bearbeiter, Herr F. SPERBER, und ganz besonders Herr Dr. W. GROTTENTHALER unterstützten unsere Arbeit mit Rat und Hilfe, ebenso Herr Dr. H. JERZ.

Zu danken haben wir auch der BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU für die Überlassung der Kartierung von Kleinstrukturen im Rahmen der Flurbereinigung Magnetsried, ferner dem INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN, dessen Geräte uns zur Verfügung standen, und nicht zuletzt Herrn W. GRÜBER vom INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE DER UNIVERSITÄT SALZBURG für tatkräftige Mithilfe bei den kartographischen Arbeiten.

Wir danken schließlich auch der einheimischen Bevölkerung, die unserer Geländearbeit ausnahmslos freundlich gegenüberstand.

Salzburg, im Januar 1986

HELMUT HEUBERGER
MONIKA PETERMÜLLER-STROBL

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Lage sowie geographischer und geoökologischer Überblick des Blattes Seeshaupt	9
2. Forschungsstand im Arbeitsgebiet.	10
3. Faktoren der Reliefbildung im Bereich des Blattes Seeshaupt.	11
3.1 Ausgangsgestein und Tektonik.	11
3.2 Klima und Verwitterung.	16
3.3 Hydrographische Verhältnisse und Basisdistanz.	18
3.4 Vorzeitrelieffluenz	19
3.5 Bodennutzung und Humaninfluenz.	20
4. Geomorphologische Verhältnisse des Blattes Seeshaupt.	24
4.1 Orohydrographische Gebietsgliederung	24
4.2 Geomorphogenetische Gebietsgliederung, geomorphologische Einzelfragen und oberflächen-	25
naher Untergrund	25
4.2.1 Geomorphogenese des Gebietes und Reliefgenerationen	26
4.2.2 Geomorphogenetische Einzelfragen.	30
4.2.2.1 Das Eberfinger Drumlinfeld.	30
4.2.2.1.1 Allgemeines	30
4.2.2.1.2 Besonderheiten	33
4.2.2.2 Wall- und Ufermoränen sowie unbestimmbare Vollformen.	42
4.2.2.3 Das Grünbachtal und das Angerbach-Sonnenfelder Tal	43
4.2.2.4 Die Seeshaupter Terrasse und das Osterseengebiet	44
4.2.3 Geomorphogenetische Gliederung durch regionale Relieftypen und ihre Vergesell-	48
schaftungen	48
4.3 Rezente Prozesse.	48
4.4 Überregionale Einordnung der regionalgeomorphologischen Erkenntnisse.	48
5. Geoökologisch-geomorphologische Bewertung für die Nutzung der Teilräume des Blattes Seeshaupt	49
5.1 Naturräumliche Gebietsgliederung auf bodengeographisch-hydrologischer Grundlage	49
5.2 Gefährdung des Gebietspotentials durch aktual-geomorphodynamische Prozesse	49
5.3 Gliederung in Eignungsräume für verschiedene Nutzungen.	50
6. Quellenverzeichnis.	51
6.1 Literatur	51
6.2 Karten.	53
6.3 Luftbilder	53
7. Anhang	54
7.1 Bemerkungen zur Kartierung.	54
Kurzfassung	55
Summary.	56
Résumé	57

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

	Seite
Abb. 1: Kornverteilungstypen von Würmmoränen des Isar-Loisach-Gletschers	13
Abb. 2: Kalktuffbildungen bei Deutenhausen.	16
Abb. 3: Geomorphogenetische Einheiten des Blattgebietes.	26
Abb. 4: Rekonstruktion des Isar-Loisach-Vorlandgletschers und seiner Nachbarn zur Zeit des Würm- maximums.	27
Abb. 5: Moränenwälle, Drumlins und Oser der letzten Würmvereisung im Isar-Loisach-Vorlandgletscher- Gebiet.	29
Abb. 6: Drumlins und drumlinähnliche Formen im Blattgebiet	34
Abb. 7: Häufigkeitsdiagramm der Längsachsenorientierung der Drumlins und drumlinähnlichen For- men	35
Abb. 8: Schema verschiedener Arten der Zwillingsbildung von Drumlins	35
Abb. 9: Häufigkeitsdiagramm der Exposition der Ostkante von Drumlins und drumlinähnlichen For- men	39
Abb. 10: Häufigkeitsdiagramm des Winkels zwischen Ostkante und Längsachse von Drumlins und drum- linähnlichen Formen	40
Abb. 11: Tiefenkarte der Osterseen, Seeshaupter Seen.	47
Tab. 1: Streubreiten von Bodenarten, Karbonatgehalten und Durchlässigkeiten würmzeitlicher Morä- nen des Isar-Loisach-Gletschers	12
Tab. 2: Mittlere monatliche Niederschlagssummen (mm) 1881 - 1930	17
Tab. 3: Landwirtschaftliche Betriebe ausgewählter Gemeinden, ihre Struktur und Nutzung	22
Tab. 4: Geomorphometrische Übersicht der nördlichen Osterseen	45

1. Lage sowie geographischer und geökologischer Überblick des Blattes Seeshaupt

Als Teilbereich des nördlichen Alpenvorlandes liegt der Abschnitt des Blattes Seeshaupt (GMK 25, Blatt 26, TK 25 Nr. 8133) im Bundesland Bayern und ist landschaftlich dem *Ammer-Isar-Hügelland* (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1977) bzw. dem *Ammer-Loisach-Hügelland* (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1962) zuzurechnen. Rund 60 km südsüdwestlich von München gelegen, gehört es zum überwiegenden Teil zum Landkreis Weilheim/Schongau, während im Norden und Osten Gebiete dem Landkreis Starnberg und im Südosten ein kleiner Bereich dem Landkreis Wolfratshausen zugeordnet sind.

Das Blatt umfaßt mit dem Gebiet zwischen dem Ammersee (rund 10 km nordwestlich des Blattes) und dem Starnberger See (auch Würmsee) große Bereiche des *Eberfinger-Drumlinfeldes*. Es handelt sich hierbei um eine sehr kleinräumige Landschaft mit einem vielfältigen Wechsel von Rücken und Hohlformen, in welche zahlreiche Moore und kleinere Seen eingelagert sind. Das Drumlinfeld wird im Norden des Kartenblattes vom Anstieg zum *Andechser Höhenrücken* begrenzt, während sich im Osten zwischen dem Karpfenwinkel und Seeseiten der *Bernrieder Vorsprung* anschließt (vgl. Abb. 3). Im Südosten des Gebietes sind die Landschaftseinheiten der *Seeshaupt Terrasse*, der *Osterseen* und der Hochmoore des Weid- und Schechenfilzes zu finden. Im Südwesten wird das Drumlinfeld vom Sonnenfelder Tal bzw. Angerbachtal begrenzt. Im Westen stößt es an die Schotterfelder des Ammerseebeckens, die zu einem kleinen Teil im Nordwesten noch vom Kartenblatt erfaßt werden.

Die höchsten Erhebungen sind im Norden und Süden zu finden. So weisen einzelne Hügel im südlichen Randbereich Höhen bis 705 m NN auf (Hohenberg, R 4445270, H 5296440). Verfolgt man das Gelände nach Norden, so zeigt sich zunächst ein langsames Absinken des Gebietes. Erst nahe dem nördlichen Kartenrand ist ein starker Anstieg des Geländes zu verzeichnen. Hier werden ebenfalls Höhen bis über 700 m NN erreicht (Punkt 711,8, R 4443780, H 5306990). Die tiefsten Bereiche treten zum einen im Osten am Ufer des Starnberger Sees (mittlerer Wasserspiegel 584 m NN), zum anderen im Nordwesten des Gebietes auf (um 550 m NN), während der dazwischengelegene, sich von Norden nach Süden erstreckende Rücken des Drumlinfeldes eine mittlere Höhe um 640 m NN erreicht.

In *klimatischer Hinsicht* ist das Gebiet aufgrund seiner Höhenlage und seiner Entfernung von nur ca. 30 km von den Alpen als kühl und feucht zu bezeichnen. So beträgt die mittlere Jahrestemperatur 6° bis 8° C, während die Niederschläge Werte von 1000 bis 1100 mm/Jahr erreichen. Bestimmend für die Niederschläge sind die Steigungsregen der sich am Alpennordrand stauenden Luftmassen. Als Besonderheit ist ferner der Einfluß des Alpenföhns zu nennen, des warmen, trockenen Fallwindes aus dem Süden.

Entsprechend den klimatischen Verhältnissen ist das Arbeitsgebiet vegetationsgeographisch dem subatlantischen Florenreich und gemäß seiner Höhenlage der submontanen Höhenstufe der südlich angrenzenden Alpen zuzuordnen. Als *natürliche Vegetation* erwartet W. TROLL (1926) hier einen gemischten Bergwald ozeanischen Charakters, zusammengesetzt aus Buche, Tanne und Fichte, denen stellenweise die Eibe in größerem Umfang beigemischt sein kann, ferner auch die Föhre, wenn man vom Bernrieder Vorsprung und dem Anstieg zum Andechser Höhenrücken absieht. Die heute überwiegend auftretende Baumart dagegen ist - begünstigt vom Menschen - die Fichte. Insgesamt zeigt sich aber eine sehr artenreiche Flora, bedingt durch die starken, sich sehr kleinräumig auswirkenden Reliefunterschiede, welche auch für die *Differenzierung der Böden* verantwortlich sind. So finden sich auf engstem Raum Pararendzinen, Braunerden und Parabraunerden mit Pseudogleyen und Gleyen vergesellschaftet. Ferner nehmen Anmoore, Nieder- und Hochmoore weite Bereiche ein. So mannigfaltig auch die auftretenden Böden im einzelnen sind, so zeigt sich im großen dennoch keine räumliche Veränderung der vorherrschenden Bodengesellschaft, was auf einen einheitlichen Charakter des geologischen Untergrundes als Ausgangssubstrat schließen läßt. Tatsächlich werden die größten Bereiche des Arbeitsgebietes von Grundmoränen eingenommen, die lediglich im Nordwesten und südlich von Seeshaupt sowie im Angerbach-Sonnenfelder Tal und im Grünbachtal von Schottern abgelöst werden. Die vorkommenden Substrate prägen insbesondere durch ihren hohen Kalkgehalt die Ausbildung der Bodentypen. Daneben treten stellenweise aus dem Geschiebemergel derivierte Sande und Lehme auf.

Durch die sehr unterschiedliche Korngrößenzusammensetzung der vorkommenden Substrate einerseits

und das kleinräumige Relief andererseits werden große *hydrographische Gegensätze* geschaffen, die letztlich den besonderen Reiz der Landschaft ausmachen und die ökologischen Bedingungen für die Vegetation schaffen. So wechseln im Moränengebiet Rücken auf engstem Raum mit feuchten, abflußlosen Senken, die meist von Mooren erfüllt sind. Nur im Süden des Kartenblattes sind einige natürliche Seen zu finden (z.B. Haarsee); dagegen wurden die zahlreichen Teiche westlich und südlich von Bernried künstlich angelegt und dienen der Fischzucht.

Entwässert wird das Moränengebiet zum überwiegenden Teil nach Westen zum Ammerseebecken hin (Kinschbach, Grünbach, Hardtbach, Angerbach); nur der Rötzbach (Röhrbach) ist als wichtigerer Zufluß zum Starnberger See zu nennen. Die Bäche nehmen dabei mit Ausnahme des Anstieges zum Andechser Höhenrücken im Norden ihren Anfang in den zahlreichen, drainierten moorigen Senken.

Keine oberirdische Entwässerung zeigen die oben angeführten Schottergebiete sowie der südwestlich des Angerbachtales gelegene Bereich (Südwest-Ecke des Blattes). Auch das Osterseegebiet wird vom Grundwassereinfluß geprägt.

Entsprechend den geologischen, klimatischen und hydrographischen Verhältnissen sind schlechte Voraussetzungen für den Ackerbau gegeben. Dementsprechend herrscht im Blattgebiet *Grünlandwirtschaft* mit Anbau von Grünmais vor. Nur gelegentlich wird Getreide angebaut. Wie die Ortsnamen zeigen, wurde das Gebiet hauptsächlich im Früh- und Hochmittelalter unter Kultur genommen. Daneben bezeugen Vorkommen von Hügelgräbern ältere Siedlungsphasen. Heute finden wir überwiegend Kleindörfer, Weiler und Einzelhöfe. Abseits von Seeshaupt und Bernried, den beiden Hauptsiedlungen, blieb der landwirtschaftliche Charakter des Gebietes bis heute erhalten.

2. Forschungsstand im Arbeitsgebiet

Der *glaziale Charakter* des Gebietes wurde bereits im 19. Jh. beschrieben (STARK 1873, ZITTEL 1874, PENCK 1882). PENCK erkannte 1894 die zahlreichen langgestreckten Rücken des Kartenblattes als Drumlins und widmete ihnen in dem zusammen mit BRÜCKNER (PENCK & BRÜCKNER 1909) veröffentlichten Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ ein ganzes Kapitel des ersten Bandes. Darüberhinaus wird hier der gesamte Bereich des ehemaligen Isarvorlandgletschers, zu dem das Arbeitsgebiet zu zählen ist, geologisch dargestellt. 1913 behandelt AIGNER in seiner Arbeit „Das Murnauer Diluvium“ unter anderem das Untersuchungsgebiet. Sie enthält eine „Geologische Karten-Skizze der Gegend von Murnau-Weilheim-Starnberg“ im Maßstab 1 : 100 000. ULE (1901), der sich limnologischen Studien widmet, beschreibt darüberhinaus die Ostuferbereiche des Starnberger Sees geomorphologisch.

Die *Entstehung der Osterseen* aus einem Toteisgebiet erkannte 1911 der Skandinavier MUNTHE. Wenige Jahre später erfuhren Teile des Arbeitsgebietes eine umfassende Bearbeitung durch ROTHPLETZ (1917). Außer mit dem gesamten Bereich des ehemaligen Isarvorlandgletschers befaßte er sich eingehend mit den Osterseen und dem nach Westen anschließenden Eberfinger Drumlinfeld. Die Arbeit enthält eine Übersichtskarte im Maßstab 1 : 50 000

„Endmoränen, Drumlins, Oser und Seen aus der letzten Eiszeit“ sowie eine „Geologische Karte des Osterseen-Gebietes“ im Maßstab 1 : 25 000, die etwa das südöstliche Viertel des Kartenblattes mit einschließt.

1926 wurden die Untersuchungen von ROTHPLETZ durch EBERS fortgeführt. Sie beschäftigte sich intensiv mit den geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten des *Eberfinger Drumlinfeldes* und setzte die Kartierungen von ROTHPLETZ nach Westen und Norden hin fort, so daß ein Großteil des Arbeitsgebietes von ihrer Geologischen Karte im Maßstab 1 : 25 000 abgedeckt wird.

Nach diesen beiden sehr detaillierten Veröffentlichungen wurde das Blatt Seeshaupt geomorphologisch nur noch randlich oder im Rahmen regional übergreifender Untersuchungen behandelt. So befassten sich die Arbeiten von C. TROLL (1936, 1938) mit dem *Eiszerfall* im südlich an den Starnberger See anschließenden Bereich. Anhaltspunkte hierfür liefern aber auch die *morphometrisch-limnologischen Untersuchungen* der Osterseen durch ZORELL (1924, 1940/41, 1947) sowie die von BODECHTEL (1965) durchgeführte Luftbildinterpretation der südlichen Osterseen und ihrer näheren Umgebung. Das Problem der *Kleinformung* des Arbeitsgebietes

wird von ENGELSCHALK (1971) in seiner Abhandlung über alpine Buckelwiesen im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers aufgegriffen, während sich GAREIS (1978) im Rahmen seiner Arbeit über den spätwürmzeitlichen Eisschwund im bayerischen Alpenvorland auch mit dem Eberfinger Drumlinfeld und seiner Entstehung auseinandersetzt.

DREESBACH's (1986) *geologische* Arbeit zur Würmstratigraphie des Isar-Loisach-Gletscher-Gebietes belegte gut die Ablagerung der Seeshaupter Schotter im Toteisbereich. Aus dem Kalktuff von Deutenhausen gewann JERZ (1981) das einzige verfügbare C14-Datum des Arbeitsgebietes. Noch nicht publiziert ist dagegen die Bodenkundliche Karte 1 : 50 000,

Blatt L 8132 Weilheim i. OB von SPERBER, die das Untersuchungsgebiet als südöstliches Viertel umfaßt. Freundlicherweise wurde sie vom BAYERISCHEN GEOLOGISCHEN LANDESAMT, München zur Verfügung gestellt.

Moorgeologisch arbeiteten PAUL & RUOFF (1932) sowie GROSS (1956) im Bereich des Blattgebietes. Sie erstellten Bohrprofile im Weid- und Schechenfilz, Bernrieder Filz und Diemendorfer Moor.

Im Rahmen der geomorphologischen Kartierung des Blattes Seeshaupt entstanden schließlich die Zulassungsarbeiten von RAFFLER (1980) und KÖHLER (1979) sowie die Diplomarbeit von PETERMÜLLER (1980).

3. Faktoren der Reliefbildung im Bereich des Blattes Seeshaupt

3.1 Ausgangsgestein und Tektonik

Das Kartenblatt Seeshaupt wird - geologisch gesehen - von *Ablagerungen des würmzeitlichen Isar-Loisach-Vorlandgletschers* geprägt. Die vorherrschenden Glazialablagerungen verdanken dabei ihre petrographische Herkunft zum überwiegenden Teil den nördlichen Kalkalpen. So ergaben Analysen des Geschiebestandes der Grobkiesfraktion würmzeitlicher Moränen des Isargletschers 81 % Karbonatgestein, 8 % klastische und 6 % kieselige Sedimentgesteine. Lediglich 5 % des Grobkiesanteils stammt aus dem Kristallin der Zentralalpen (GROTTENTHALER 1983).

Die im gesamten zentralen Bereich des Kartenblattes auftretende Grundmoräne findet sich sowohl an den Talhängen als auch zwischen den einzelnen Drumlins, wo sie häufig von Hoch- oder Niedermoor-torfen überlagert wird. Nur im Bereich der größeren Täler und im Südwesten und Nordosten des Untersuchungsgebietes werden die Moränenablagerungen von Schottern abgelöst.

Analog zur Bodenkundlichen Karte von Bayern 1 : 50 000, Blatt L 8132 Weilheim i. OB, die als Grundlage für die Substratkartierung diente, wurden die auftretenden Geschiebemergel nach der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ der AG BODENKUNDE (1982:56f) nach folgenden Typen unterschieden:

- *Sandig-kiesige Moräne* (vorherrschendes Merkmal: kiesig):
„Meist Endmoräne, zum Teil Schottermoräne; sandiger Kies, stark bis sehr stark kiesiger Sand, schluffiger Sand und lehmiger Sand, mehr oder weniger stein- und blockhaltig, extrem carbonatreich.“
- *Schluffig-kiesige Moräne*:
„Kiesiger, stark kiesiger, mitunter sehr stark kiesiger sandig-schluffiger Lehm und sandiger Lehm, mehr oder weniger stein- und blockhaltig, extrem carbonatreich.“
- *Kiesig-schluffige Moräne* (vorherrschendes Merkmal: schluffig):
„Häufig als Grundmoräne; kiesiger bis stark kiesiger sandig-lehmiger Schluff und schluffiger Lehm, auch schluffig-toniger Lehm, mitunter stein- und blockhaltig, sehr bis extrem carbonatreich.“

Die außerdem noch ausgeschiedene tonig-schluffige Moräne tritt im Arbeitsgebiet nicht auf.

Untersuchungen zum Karbonatgehalt und zum Bodenskelettanteil sowie zur Korngrößenverteilung und Wasserdurchlässigkeit dieser Morärentypen wurden von GROTTENTHALER (1983) durchgeführt (Tab. 1, Abb. 1).

Tab. 1: Streubreiten von Bodenarten, Karbonatgehalten und Durchlässigkeiten würmzeitlicher Moränen des Isar-Loisach-Gletschers (GROTTENTHALER 1983).

Morärentyp	„sandig-kiesig“	„schluffig-kiesig“	„kiesig-schluffig“
häufigste Bodenarten des Feinbodens *	uS, IS, uLS, sL, suL	ulS, suL, sL, slU	slU, suL, uL, t'L
Bodenskelett	45 - 85 %	30 - 70 %	2 - 35 %
Karbonatgehalt des Feinbodens	45 - >90 %	40 - 85 %	35 - 70 %
Wasserdurchlässigkeit	hoch bis sehr hoch	mittel bis hoch	gering bis mittel

* Abkürzungen nach Bodenartendiagramm der Geologischen Landesämter und DIN 19682, Blatt 2.

Bezüglich der *Faziesverteilung der einzelnen Moränen* läßt sich nach GROTTENTHALER (1983) bis zu einem gewissen Grad eine Abhängigkeit der Korngrößentypen von den geomorphologischen Gegebenheiten feststellen. So baut die sandig-kiesige Moräne im allgemeinen Endmoränenwälle auf, während die stärker bewegten Reliefformen wie beispielsweise die Drumlins häufig aus schluffig-kiesigem Material bestehen. Die bindigen Morärentypen sind dagegen nach den Untersuchungen von GROTTENTHALER (1983) vor allem in den reliefschwachen Grundmoränenlandschaften zu erwarten.

Eine Untersuchung der Verbreitung der einzelnen Morärentypen im Bereich des Blattes Seeshaupt bestätigt diese Faziesverteilung im allgemeinen. So herrscht die schluffig-kiesige Moräne im gesamten Drumlinfeld vor und nimmt außerdem den Anstieg zum Andechser Höhenrücken ein. Allerdings zeigen entgegen der Faziesverteilung GROTTENTHALERS (1983) die Ufermoränen der Starnberger Gletscherzungen (mit Ausnahme der Adelsrieder Moräne) sowie die einzelnen Moränenhügel im Norden des Blattes keinen sandig-kiesigen, sondern gleichfalls einen schluffig-kiesigen Moränenaufbau.

Das Verbreitungsareal der vorherrschenden schluffig-kiesigen Moräne wird an mehreren Stellen von kleineren Vorkommen der kiesig-schluffigen Moräne unterbrochen:

- Nordwestlich der Ulrichsau (R 4446220, H 5298300)
- östlich des Bernrieder Filzes (R 4444600, H 5301800)
- zwei Vorkommen nordöstlich des Rauchmooses (R 4440100, H 5302500 und R 4440200, H 5302700)
- südwestlich des Gallafilzes (R 4443600, H 5302700)

- nördlich des Neusees an der Bahnlinie (R 4445300, H5303400)
- nördlich von Kampberg (R 4443300, H 5305400)
- nördlich des Grünbachtals (R 4440400, H 5304500) (südwestlich des Linderbühls)
- im Bereich des Pumpendells am nördlichen Kartenrand (R 4442300, H 5306800).

Diese Vorkommen treten mit einer Ausnahme alle im schwach reliefierten Grundmoränenbereich auf. Nur östlich des Bernrieder Filzes bildet die kiesig-schluffige Moräne den Ausläufer eines Drumlins, der aber ebenfalls flach ausgebildet ist.

Daneben zeigt sich der kiesig-schluffige Morärentyp im Osten des Kartenblattes im gesamten Bereich des Bernrieder Vorsprungs, ausgehend vom Karpfenwinkel im Norden bis nach Seeseiten (R 4446900, H 5300040) im Süden. Auch hier handelt es sich um ein sanftes Relief, das sich deutlich von der viel stärker bewegten Landschaft des Drumlinfeldes unterscheidet. Eine Ausnahme diesbezüglich bildet die Ufermoräne von Adelsried (R 4446120, H 5301620), die ebenfalls aus kiesig-schluffiger Grundmoräne aufgebaut wird. Dies könnte damit erklärt werden, daß dieser Moränenwall am westlichen Rand des Verbreitungsgebietes der kiesig-schluffigen Moräne liegt.

Der ferner im Arbeitsgebiet vorkommende sandig-kiesige Morärentyp, den GROTTENTHALER (1983) mit Endmoränen verbindet, tritt sehr isoliert auf und bildet ein geschlossenes Verbreitungsareal südwestlich des Angerbach- bzw. Sonnenfelder Tales (Südwest-Ecke des Blattes, vgl. Abb. 3). Die Moräne liegt hier direkt dem Vorstoßschotter der Würmvereisung auf, der nach Norden zum Angerbachtal hin ausdünn, während gleichzeitig die Moränen-

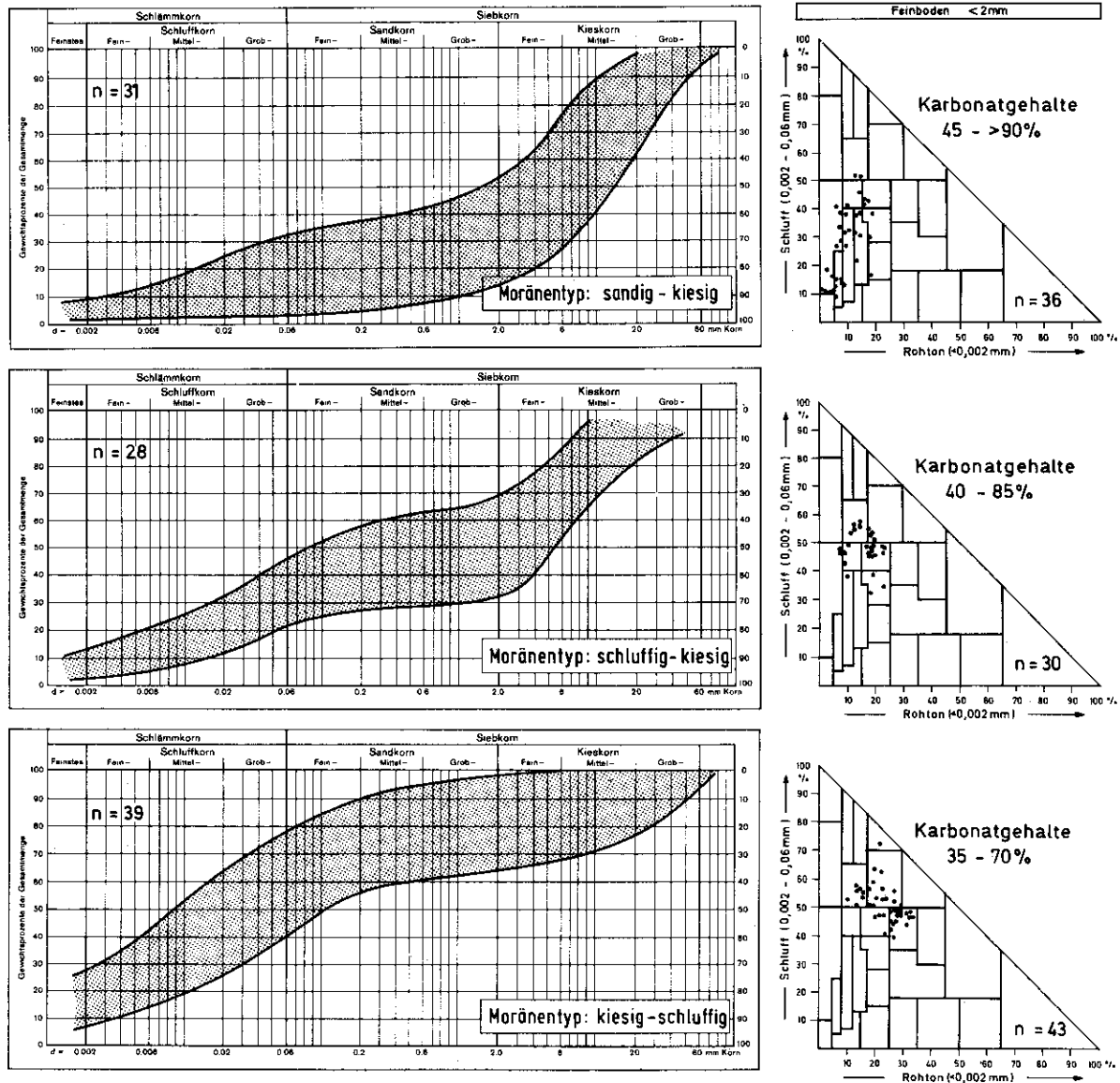


Abb. 1: Kornverteilungstypen von Würmmoränen des Isar-Loisach-Gletschers (nach GROTTENTHALER 1983).

bedeckung an Mächtigkeit zunimmt (AIGNER 1913:46). Vorwürmzeitliche Pleistozänablagerungen wurden im Arbeitsgebiet bisher nicht beobachtet.

Die Glazialbildungen des Untersuchungsgebietes liegen auf *Oberer Süßwassermolasse*, die hier in Form des *Flinzes* auftritt, eines tonigen oder sandigen Lettens, der gelegentlich Sandsteinhorizonte aufweisen kann. Diese tertiären Schichten sind geologisch zur Süddeutschen Großscholle zu zählen, die im Süden bis zur Faltenmolasse heranreicht und somit ca. 8 km südlich des Kartenblattes endet. Abgelagert wurden sie im Süddeutschen Molassebecken,

einem Teil der westlichen Paratethys. Dieser Sedimenttrog senkte sich gleichzeitig mit der Hebung des Alpenraumes ab der Wende vom Eozän zum Oligozän ein. Durch die starke tektonische Beanspruchung während der Alpenbildung zerfiel dieser Bereich schließlich in einzelne Schollen, deren Bewegungen auch heute noch andauern, aber keinerlei geomorphologische Auswirkungen für das Arbeitsgebiet erkennen lassen (SCHWERD & UNGER 1981).

Innerhalb des Kartenblattes Seeshaupt ist der Flinz nur an wenigen Stellen aufgeschlossen, weshalb Rückschlüsse auf die Gestaltung des tertiären Unter-

grundes nur mit großen Einschränkungen möglich sind. Beobachtungen in Seitengraben des Grünbachtals lassen erkennen, daß der Flinz bis über die Talsohle hinaufreicht, das Grünbachtal folglich in das Tertiär eingesenkt ist. Aufgrund der wasserstauenden Eigenschaften des Flinzes dürfte seine Unterlagerung hier für die zahlreichen Rutschungserscheinungen der mit Grundmoränenmaterial verkleideten Talhänge verantwortlich sein. Ferner wurde der Flinz von EBERS (1926a:51) im Bachbett des Hardtbaches westlich der Hardtwiese in ca. 620 m NN beobachtet sowie an der Ostseite des Kartenblattes in kleinen Gräben zwischen Bernried und Seeseiten bis zu einer Höhe von 612 m NN. Am nördlichen Rand des Arbeitsgebietes findet sich der anstehende Flinz im Bereich des Kinschbaches, wo er von RAFFLER (1980:55) in Höhen von 595 m NN bis 615 m NN beschrieben wird, von EBERS (1926a:52) westlich von Diemendorf sogar von 620 m NN bis 625 m NN.

Gemäß der Höhenlage der einzelnen beobachteten Flinzvorkommen folgert EBERS (1926a:52), daß die Mächtigkeit der Glazialablagerungen im nördlichen Bereich des Drumlinfeldes nur gering ist, nach Süden hin aber stetig zunimmt. Sie dürfte um Diemendorf 3 bis 5 m betragen, während im Bereich des Grünbachtals mindestens 10 bis 20 m zu erwarten sind.

Nicht nur die Mächtigkeit, sondern auch die Gestaltung der Tertiäroberfläche läßt sich aufgrund der schlechten Aufschlußsituation im Arbeitsgebiet kaum fassen. Es scheint, „ . . . als ob die Flinzoberfläche, abgesehen von den in sie eingeschnittenen Tälern, ein relativ wenig koupiertes Plateau dargestellt hätte zur Zeit, als die glazialen Ablagerungen, denen sie zur Unterlage dient, auf ihr niedergelegt wurden“ (EBERS 1926a:52). Festzuhalten ist, daß sowohl das Zweigbecken des Starnberger Sees als auch das des Ammersees in das Tertiär eingesenkt sind, während andererseits der Andechser Höhenrücken als Tertiärerhebung angelegt und lediglich von Grundmoränenablagerungen überkleidet ist.

Auch die ökologische Bedeutung des Flinzes als Wasserstauer ist im einzelnen hier sehr schwer abzuschätzen. EBERS (1926a:50) weist auf einen Aufschluß im Seitengraben des Grünbachtals hin, in dem sie den Flinz bis fast direkt unter die Oberfläche des Rauchmooses (R 4440100, H 5302100) beobachtete. Sie folgert daraus, daß die hochgelegenen Moore auf Tertiär aufliegen, wahrscheinlich unmittelbar. Inwieweit diese Annahme richtig ist, konnte im Rahmen der geomorphologischen Kartierung nicht geklärt werden. Ein Einfluß des unterlagernden Flinzes auf die Bildung der zahlreichen vermoorten Bereiche dieser Landschaft ist daher

nicht auszuschließen. Entsprechende Bohrungen, die diese Frage klären könnten, fehlen.

Neben den vorherrschenden würmzeitlichen Grundmoränenablagerungen kommen im Bereich des Kartenblattes *spätglaziale gletscherne Schotter* vor. Hierzu zählt die Seeshaupt Terrasse im Südosten des Untersuchungsgebietes, die eine deutliche Deltastruktur zeigt. Sie ist als Kamesbildung des am Ende der Würmeiszeit in einzelne Toteisblöcke zerfallenden Starnberger Gletschers aufzufassen. Aufschlüsse südlich von Seeshaupt lassen Sande und Kiese in Wechsellagerung sowie Toteisstrukturen erkennen. Weitere glazifluviale Ablagerungen sind die Schotterverfüllungen des Ellmanner Tales (R 4445900, H 5296300), des Grünbachtals und des Angerbach-Sonnenfelder Tales sowie die ihnen vorgelagerten Schwemmkegel. Leider fehlen Untersuchungen, die eine Mächtigkeitsangabe für diese Schotter erlauben würden. Bei EBERS (1926a:76) ist ein Hinweis zu finden, wonach beim Bau der Haunshofer Wasserleitung im Grünbachtal 25 m Kies durchsunken wurden, ohne daß die Talsohle dabei erreicht wurde. Ein Aufschluß (R 4444140, H 5298800) am östlichen Talhang südwestlich von Oppenried läßt weiter erkennen, daß fluviale Ablagerungen bis über die Talsohle hinauf verfolgt werden können. So sind hier gut geschichtete Kiese, Sande und Tone bis ca. 15 m über den heutigen Talboden hinauf aufgeschlossen.

Beschreibungen der heute nur noch teilweise zugänglichen Kiesgruben im Bereich des Angerbach-Sonnenfelder Tals finden sich bei EBERS (1926a:77f). Zwei Kiesgruben nordwestlich von Marnbach (R 4439440, H 5298500) erschlossen die unteren Partien des Talgehanges des Angerbachtals und zeigten „ . . . einen schlecht horizontal geschichteten Schotter, unsortiert und sandig, der gelegentlich diskordante Parallelstrukturen erkennen . . .“ ließ. Da EBERS (1926a:77) polierte und gekritzte Geschiebe sowie größere kantengerundete Blöcke beobachtete, folgerte sie, daß hier Grundmoräne des Talhanges „ . . . randlich sehr stark durchwaschen und mit herbeigeführtem Schottermaterial durchmischt . . .“ wurde. Die heute als Mülldeponie der Stadt Weilheim dienende Kiesgrube nördlich von Deutenhausen (R 4438300, H 5299640) zeigte „ . . . horizontal und diagonal . . .“ geschichteten mittleren bis feinen Kies (EBERS 1926a:78). Ein frischer, etwas höher am nördlichen Talhang gelegener Aufschluß läßt heute Moränenpakete erkennen, die den Schotter durchsetzen. Dies spricht für die Annahme EBERS (1926a:77), daß es sich hier um eine Anlagerung von Talschottern an den mit Grundmoräne überkleideten Hang handelt.

Dafür, daß auch innerhalb des Grundmoränengebietes des Eberfinger Drumlinfeldes kleinere, lokale Kies-

vorkommen auftreten, sprechen zwei Vorkommen im nördlichen Bereich des Blattes. So zeigt ein Aufschluß (R 4445340, H 5304650) nördlich des Fuchsberges am südwestlichen Rand des Karpfenwinkels nach Osten einfallende gut geschichtete Sande und Kiese in Wechsellagerung. Einen weiteren Hinweis liefert eine, bei RAFFLER (1980:57) erwähnte sprengseismische Bohrung bei der Straße Haunshofen (R 4441700, H 5304400) - Kampberg (R 4443300, H 5305500). Sie wurde vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim durchgeführt und ergab ein 20 m mächtiges, direkt auf dem Tertiär liegendes Kiesvorkommen.

Neben den Schottern treten als weitere fluviatile Sedimente Sande und Lehme im Bereich des Untersuchungsgebiets auf wie beispielsweise nordwestlich von Seeshaupt. Für ihre Entstehung werden kryogene Bedingungen angenommen, wie sie im Spätglazial im Alpenvorland herrschten.

Spät- und postglaziale Seesedimente finden sich nur in schmalen Uferbereichen nördlich von Seeshaupt. Für eine ehemals größere Ausdehnung des Starnberger Sees sprechen Angaben bei EBERS (1926a: 82), die am nördlichen und südlichen Rand des Karpfenwinkels sowie in den unteren Partien des Bernrieder Vorsprungs erbohrten Seeschlick beschreibt. Auf einen sich weiter nach Süden erstreckenden Starnberger See weisen die zahlreichen Bohrprofile im Bereich der Osterseen und der östlich angrenzenden Moore hin, anhand derer PAUL & RUOFF (1932) ein Querprofil für dieses Gebiet erstellen konnten. Deutlich zeigt sich ein Ansteigen des Untergrundes von Westen nach Osten. Die tiefsten Lagen nehmen kalkhaltige Tone und Seekreiden ein, die nach Osten im Bereich des Anstieges zum Weidfilz (R 4448600, H 5296600) in sandige Tone übergehen. Im Schechenfilz (R 4449600, H 5296750) wurden tonige Sande, bzw. sandige Tone erbohrt, die ihrerseits wieder von Ton unterlagert werden. In der Umgebung der Hoch- und Niedermoore zeigten eigene Geländeuntersuchungen dagegen sandige Lehme, bzw. lehmige Sande als anstehendes Substrat.

Letztere konnten vom Singerbach (R 4449900, H 5297300) angeschnitten beobachtet werden. Sie zeigten in ihrem obersten Bereich (ca. 35 cm) eine deutliche Bankung und eine Wechsellagerung mit tonigeren Schichten. Darunter ist bis in eine Tiefe von mindestens 70 cm lehmiger Sand zu finden, der keinerlei Schichtung erkennen läßt.

Überlagert werden diese Tone und Sande im südöstlichen Arbeitsgebiet von Torfschichten, die unterschiedliche Mächtigkeiten und Eigenschaften aufweisen. So zeigt ein Bohrprofil zwischen Gröben- und

Ursee auf 50 cm *Carex-hypnum*-Torf und 50 cm Übergangsmoortorf eine Bildung von 0,25 m *Sphagnum-magellanicum*-Torf. Im Bereich des Weidfilzes dagegen folgte auf 1 m Übergangsmoortorf 3,5 m fast reiner *Sphagnum-magellanicum*-Torf, während ein Profil im Schechenfilz über jeweils 0,5 m mächtigem *Carex*- und Übergangsmoortorf 3,75 m Sphagnumtorf aufwies (PAUL & RUOFF 1932).

Bohrungen im Bereich des Bernrieder Filzes (R 4444100, H 5301500) zeigen in dessen nördlichem Teil über schwerem kalkhaltigem Ton eine Abfolge von 190 cm Niedermoortorf, 50 cm Übergangsmoortorf und 200 cm Sphagnumtorf, also eine Gesamtmächtigkeit der Torfschichten von 4,4 m. Im mittleren Teil des Filzes dagegen betrug die Moortiefe nur 3 m, wobei bereits bei 180 cm Carextorf zu finden war. Im Süden ist mit noch geringeren Mächtigkeiten zu rechnen (PAUL & RUOFF 1932).

Bohrprofile aus dem Diemendorfer Moor (R 4442850, H 5305400) ergaben nördlich der Bahnlinie Weilheim-Tutzing Mächtigkeiten bis 8,90 m über kiesigem Ton, während südlich der Bahnlinie der Carextorf nur 1,90 m bis 6,00 m über kalkhaltigem Ton bzw. tonigem Kies erreichte (PAUL & RUOFF 1932).

Das Wachstum dieser Moorschichten ist im Bereich des nördlichen Alpenvorlandes zumindest seit dem Beginn des Bölling-Interstadials um 13 000 v.h. belegt (BEUG 1976). Daß das Moorwachstum auch heute noch anhält, zeigt ein Ansteigen der Kiefern- und Fichtenkurven sowie ein bedeutendes Zurückweichen des Buchenanteils in den obersten Torflagen (PAUL & RUOFF 1932:134).

Als weitere organogene Ablagerung ist der *Kalktuff von Deutenhausen* zu nennen (R 4438300, H 5299000), der nach Aussagen der Ortsansässigen eine Mächtigkeit von 4 bis 5 m aufweist und teils wechsellagernd mit Tuffsand auftritt. Unterlagert wird er von Schottern und Kiesen des Angerbachtales, innerhalb dessen der Tuff eine Schwelle von ca. 300 m Breite und einer Höhe bis zu 5 m aufbaut. Von hier ausgehend ist Kalktuffsand das Tal abwärts bis an den östlichen Stadtrand von Weilheim zu verfolgen (Abb. 2), verschwemmtes Tuffmaterial sogar noch weiter nach Westen zur Ammer hin.

JERZ (1981) konnte südlich der Straße Weilheim-Deutenhausen in einer Baugrube bis über 2,5 m mächtige Kalktuffbänke beobachten. 1 m unter der Obergrenze zeigte sich ein Humushorizont, dessen Datierung ein C14-Alter von 6455 ± 55 Jahren v.h. ergab. Dies bedeutet, daß der Beginn der

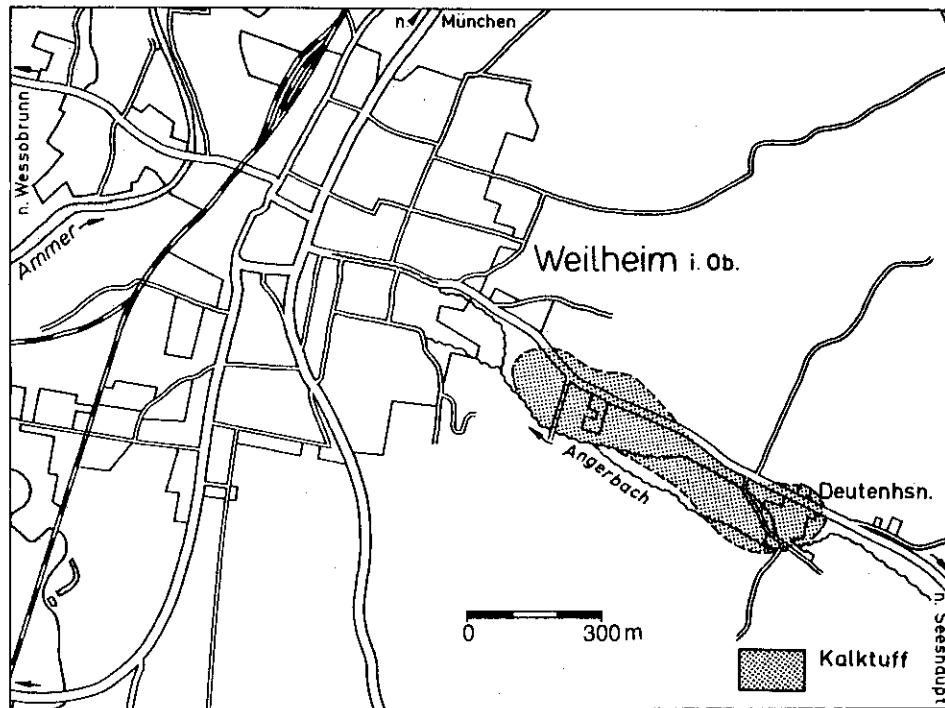


Abb. 2: Kalktuffbildungen bei Deutenhausen (aufgen. von F. SPERBER, nach JERZ 1981:31).

Kalktuffbildung relativ früh anzusetzen ist, zumindest im Boreal, vielleicht sogar im Präboreal, während der Höhepunkt im Atlantikum und frühen Subboreal anzunehmen ist. Gebildet wurde der Kalktuff sowohl durch die Erwärmung beim Austritt von kalkhaltigem Grund- und Quellwasser durch Druckentlastung, als auch durch pflanzlichen CO_2 -Entzug. Der für die Entstehung der Kalktuffschwelle von Deutenhausen benötigte Kalk stammt vermutlich aus dem südlich angrenzenden Gebiet des Eichberges (R 4438400, H 5298360) und des westlich anschließenden Hechenberges. Daß auch heute Kalkausfällungen innerhalb des Kartenblattes Seeshaupt fort dauern, zeigen zahlreiche lokale Vorkommen von Quell- und Wiesenkalken wie beispielsweise im Bereich der Osterseen, an den Hängen des Grünbachtals oder in den Flinzgräben bei Wilzhofen.

3.2 Klima und Verwitterung

Das Blattgebiet Seeshaupt gehört zum *Klimabezirk des oberbayerischen Alpenvorlandes*, eines Teilgebietes des süddeutschen Klimaraumes und steht damit zwischen dem niederbayerischen Hügelland im Norden und dem Klimabezirk der Alpen im Süden.

Die nächstliegenden Stationen Wielenbach (tiefere Beckenlage) im Ammerseebecken und Hohenpeiß-

berg (höhere Gipfellage) im Süden des Ammerseebeckens entsprechen ihrer Lage nach nicht ohne weiteres den Bedingungen des Arbeitsgebietes. Daher wurden die folgenden Werte als langjährige Mittel (1881 bis 1930) dem Klima-Atlas von Bayern entnommen (DEUTSCHER WETTERDIENST IN DER US-ZONE 1952).

Die *mittlere Jahrestemperatur* zeigt im Riedelbereich zwischen dem Ammersee und dem Starnberger See Werte von 6 bis 7° C, gegen die Seebecken hin 7 bis 8° C. Die mittlere Monatstemperatur beträgt im Januar -1 bis -3° C, im April 6 bis 7° C, im Juli 16 bis 17° C und im Oktober 7 bis 8° C. Für die Vegetationsperiode ergeben sich daraus für das Starnberger- und Ammerseebecken Mitteltemperaturen von 14 bis 15° C gegenüber 13 bis 14° C in den höheren Lagen.

Die *mittlere Niederschlagssumme* im Jahr erreicht 1000 bis 1100 mm. Die Monatsmittel sind Tab. 2 zu entnehmen. Die regenbringenden maritimen Luftmassen kommen überwiegend aus westlicher bis nordwestlicher Richtung und regnen sich im Staubereich der Alpen ab, zu dem das Arbeitsgebiet gezählt werden muß. An 30 bis 40 Tagen im Jahr kommt es zur Bildung des Alpenföhns. Dadurch bedingte Inversionslagen treten vor allem von Oktober bis Februar auf.

Tab. 2: Mittlere monatliche Niederschlagssummen (mm) 1881-1930 (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST IN DER US-ZONE 1952).

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
50-60	40-50	50-60	80-90	100-120	140-160	140-160	120-140	100-120	60-70	50-60	50-60

Der mittlere Anteil der Schneemenge am Gesamtniederschlag im Jahr liegt bei 15 bis 20 %. Eine Schneedecke von mindestens 1 cm Mächtigkeit liegt an mindestens 60 Tagen im Jahr. 100 bis 120 Frosttage sind pro Jahr zu verzeichnen, davon 30 bis 40 Eistage. Demgegenüber stehen 20 bis 30 Sommer-tage im Jahr.

Der *Frühlingsbeginn* mit dem Einsetzen der Apfelblüte ist in der Umgebung des Starnberger Sees und im Ammerseebecken zwischen dem 10. Mai und dem 15. Mai zu erwarten, im Riedelbereich zwischen Ammer- und dem Starnberger See dagegen zwischen dem 15. Mai und dem 20. Mai.

Die über 1000 mm liegenden Niederschläge mit ihrem Maximum im Juni bis August und die um 7° C liegende Jahresmitteltemperatur bewirken eine starke *Lösung und Abfuhr* von Karbonaten aus den auftretenden Schottern und Moränen. So weist die Bodenkundliche Karte von Bayern 1 : 50 000, Blatt L 8132 Weilheim i. OB. (BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT, in Bearb.) im Jungmoränenbereich eine Parabraunerde mit einer Entwicklungstiefe von ca. 30 bis 70 cm und einem „Ökologischen Feuchtegrad“ (AG BODENKUNDE 1982:275ff) von frisch bis sehr frisch aus. Eine frische, flachgründige Parabraunerde mit einer Tiefe unter 40 cm dagegen ist charakteristisch für die Schottervorkommen des Blattgebietes. Entsprechend dem hohen Karbonatgehalt des Ausgangssubstrates zeigen die ackerbaulich genutzten Flächen eine frische, 10 bis 40 cm mächtige Ackerpararendzina. Die durch das wechselvolle Relief bedingte Erosion und Akkumulation führt zur Ausbildung modifizierter Bodentypen. So treten in den Kuppenbereichen der Jungmoränengebiete Pararendzinen mit einer Entwicklungstiefe von 10 bis 30 cm auf. Als weitere Bereiche vermehrten Bodenabtrags sind die über 15° geneigten Talflanken des Grünbach-, Hardtbach- (R 4438800, H 5302800), Kinschbach- (R 4438200, H 5306400) und Angerbach-Sonnenfelder Tales zu nennen. Hier entwickelte sich ein Bodenkomplex von Pararendzinen, Braunerden und - unter Einfluß von Hangzugwasser - örtlich vorkommendem Braunerde-Gley.

An den Unterhängen und in den Drumlinzwischenbereichen bzw. in sonstigen Hohlformen innerhalb des Jungmoränengebietes ist das dort angesammelte

Akkumulationsmaterial oft kleinräumig durch Stau- oder Grundwasser mehr oder minder stark pseudo-vergleyt bzw. vergleyt. Neben Gley und Pseudogley und deren Übergangstypen zu Braunerde, Parabraunerde, Rendzina und Pararendzina finden sich auf größeren Flächen Anmoor, Niedermoor, Übergangsmoor und Hochmoor. So treten im Bereich der Jungmoräne lokal Pseudogley-Parabraunerde und Pseudogley-Braunerde mit einer Tiefe von 30 bis 60 cm auf. Größere Verbreitung finden diese Bodentypen bei Seeseiten (R 4446900, H 5300040) und im Bereich des Bernrieder Vorsprungs. Weitere Vernäsung führt schließlich zur Ausbildung von Parabraunerde-Pseudogley, Braunerde-Pseudogley, Pseudogley und Haftnässe-Pseudogley mit einer Entwicklungstiefe von 40 bis 75 cm und einem Ökologischen Feuchtegrad von mäßig feucht. In den abflußlosen Drumlinbereichen findet sich - sofern sie nicht vermoort sind - ein Bodenkomplex aus kalkgründigen Gleyen mit Anmoorgley, Gley, Naßgley und Braunerdegley. Hang- und Quellengleye treten im Hart auf (R 4438200, H 5301200), südlich des Großholzes (R 4443500, H 5306500), im Norden und Osten des Bernrieder Vorsprungs sowie zwischen den Wallmoränen im Südosten des Blattes (vgl. 4.2.2.2) und der Seeshaupter Terrasse. Weitere Vorkommen sind die in das Grünbachtal eingelagerten Schwemmkegel und der Unterhang der Talflanke des Grünbachtals nordwestlich von Bauerbach (R 4442560, H 5302900).

Die lehmigen und lehmig-sandigen Talsedimente im Bereich des Blattes sind ebenfalls stark vernäßt. So entwickelten sich im Nordwesten des Arbeitsgebietes, im Mündungsbereich des Rötzbaches (R 4445660, H 5305200) und in den Talböden der größeren Täler Gley-Braunerde, Anmoorgley, Gley, Naßgley, Braunerde-Gley und Moorgley. Auch im Osterseen-gebiet sind entsprechende Bodentypen ausgebildet. So ist hier ein Bodenkomplex aus Gley, Braunerde-Gley, Anmoorgley und Moorgley zu finden.

Ein Kalknaßgley ist im Uferbereich des Karpfenwinkels, in einem schmalen Uferstreifen bei Seeseiten (R 4446900, H 5300040) und nördlich davon zu beobachten. Dieser teils episodisch überflutete, äußerst karbonatreiche Grundwasserboden bildete sich aus holozänen Seesedimenten.

Ein besonderes Ausgangssubstrat für die Bodenbildung stellt schließlich das Kalktuffgebiet von Deutenhausen (R 4438300, H 5299120) dar. Hier entwickelte sich eine frische bis sehr frische 15 bis 30 cm mächtige Rendzina.

3.3 Hydrographische Verhältnisse und Basisdistanz

Im Bild des Kartenblattes treten die beiden *Hauptentwässerungslinien*, der Grünbach, sowie der ihm zufließende Hardtbach (R 4438800, H 5302800) deutlich hervor. Sie durchziehen das Gelände von Südost nach Nordwest und folgen damit der Ausrichtung des Eberfinger Drumlinfeldes. Ebenfalls zum Ammersee entwässern der Angerbach und der Kinschbach (R 4438200, H 5306400), der den vom Andechser Höhenrücken kommenden Bächen als Vorfluter dient. Der Bodenbach (R 4449160, H 5296800) und Singerbach (R 4449840, H 5298000) im Südosten, sowie der Seeseitbach (R 4446000, H 5300240) und der Rötlbach (Röhrbach, R 4445100, H 5304700) fließen dem Starnberger See zu.

Die *Wasserscheide* zwischen dem Einzugsbereich des Ammersees und des Starnberger Sees verläuft von Norden nach Süden zunächst vom westlichen Teil des Großholzes (R 4443500, H 5306500) zum Bahnhof Diemendorf, dann über den Leislesberg (R 4442940, H 5304100) und östlich an Bauerbach vorbei zum Nordende des Bernrieder Filzes (R 4444000, H 5301500). Dieses durchquert sie und zieht weiter zwischen Jenhausen und dem Nußberger Weiher hindurch nach Oppenried (R 4444640, H 5299200) und Kreutberg (R 4445120, H 5298820) und erreicht so das Nordende der Kreuthleiten (R 4445880, H 5296800), von wo aus sie nach Südwesten zum Hohenberg (R 4445260, H 5296440) bzw. Moosberg (R 4445000, H 5296000) abbiegt. Damit werden ca. drei Fünftel des Arbeitsgebietes zum Ammersee und zwei Fünftel zum Starnberger See hin entwässert.

Während der Starnberger See einen mittleren Wasserspiegel von 584 m NN besitzt, liegt der rund 8 km entfernte Ammersee 51 m tiefer. Die sehr unterschiedlichen Distanzen und Höhenlagen wirken sich aber im Blattbereich nicht großräumig aus. Vielmehr zeigt eine Bestimmung der *mittleren Gefällswerte* der einzelnen Bäche vom Vorfluter unabhängige Werte. So lassen sich beispielsweise der Hardtbach mit 0,83 %, der Rötlbach mit 0,92 % und der Kinschbach unterhalb von Diemendorf mit 0,93 % miteinander vergleichen. Erst oberhalb der 620 m-Isopleth zeigt der Kinschbach ein steileres Gefälle (1,4 %), wie es für diesen nördlichsten Bereich charakteristisch ist.

Weitaus größere Werte dagegen treten in den kurzen Gräben des Bernrieder Vorsprungs zum Starnberger See hin auf sowie in den zahlreichen Seitengräben des Grün- und Hardtbachtals. Als typisch mag hier der Graben nördlich der Mooschwaige (R 4440520, H 5302820) gelten, der mit einem Gefälle von 5,3 % zum Grünbachtal hin entwässert. Die mit Abstand geringsten Gefällswerte zeigen der Angerbach mit 0,53 % sowie der Grünbach mit 0,64 %, was für das vergleichbar hohe Alter dieser beiden Täler spricht.

Gespeist werden die Bäche im zentralen Bereich des Arbeitsgebietes aus den hochgelegenen Mooren. Dabei ist es oft schwierig, eine Abgrenzung zwischen natürlicher und künstlicher Entwässerung zu ziehen, da die Moore heute mit wenigen Ausnahmen (z.B. das unter Naturschutz stehende Bernrieder Filz) drainiert werden. Aus diesem Grund muß großenteils von einer *quasinatürlichen Oberflächenentwässerung* gesprochen werden (vgl. 3.5). Neben den Mooren finden sich im Jungmoränengebiet zahlreiche feuchte Gräben, in denen sich während der Schneeschmelze oder nach langandauernden Niederschlägen Stauwasser sammelt.

Auffallende *Quellenbereiche* treten im Südwesten am Nordende des Hechenberges (R 4437660, H 5298800) und bei Marnbach sowie am Ostabfall des Bernrieder Vorsprungs zwischen Seeseiten (R 4446860, H 5300200) und Höhenried (R 4446860, H 5304300) auf. Ferner sind westlich von Oberzeismering (R 4445200, H 5306800) Quellen am Südabfall des Andechser Höhenrückens zu beobachten. Die Quellgebiete der nördlichen Zuflüsse des Kinschbaches dagegen liegen außerhalb des Blattes.

Über die *Grundwasserverhältnisse* im Arbeitsgebiet ist mit Ausnahme der Seeshaupter Schotterterrasse nur sehr wenig bekannt. Sicherlich muß im Bereich der Grundmoräne aufgrund der stellenweise sehr unterschiedlichen Durchlässigkeit mit einer wechselhaften Grundwasserführung gerechnet werden. Der größte Teil des Blattes ist deshalb trotz der reichlichen Niederschläge als Trinkwassermangelgebiet anzusehen. Als grundwasserstauende Schicht tritt hier der Flinz auf, der aber oft sehr hoch ansteht, so daß die vorwiegend als Viehtränken dienenden Brunnen nicht tief und damit wenig ergiebig sind. Somit wird es notwendig, die vorhandenen Schottergebiete als Trinkwasserreservoirs zu nutzen. Die Quellen am Nordabfall des Hechenberges im Angerbachtal dienen der Trinkwassergewinnung der Stadt Weilheim. Gespeist werden sie, ebenso wie die Brunnen von Marnbach, aus dem Grundwasserstrom des Murnauer Schotterfeldes, das sich südlich des Kartenblattes bis nach Murnau erstreckt (ULBRICH 1971).

Besser bekannt sind die Verhältnisse der Seeshaupter Schotterterrasse. Sie besitzt eine starke Grundwasserführung und spielt somit für die Trinkwasserversorgung der südlichen Umgebung des Starnberger Sees eine große Rolle. WASMUND (1934) führte vergleichende Untersuchungen anhand von Brunnenbohrungen durch, die einen von Süden nach Norden abfallenden Grundwasserspiegel ergaben. Dieser ist innerhalb des Arbeitsgebietes in einer Tiefe zwischen 12 m und 14 m anzusetzen und liegt damit am nördlichen Ende der Terrasse fast auf Seeniveau, wie mehrere, 0,5 bis 1 m über dem Strand liegende Quellen am Seeufer zeigen. Seine Wassermenge erhält das Schottergebiet vorwiegend aus der westlich angrenzenden Grundmoränenlandschaft, deren Bäche am Rand des Schottervorkommens versickern.

Von besonderer Bedeutung sind die Grundwasserhältnisse der Seeshaupter Terrasse für die Osterseen. Diese nehmen insgesamt eine Fläche von 224 ha ein und umfassen 21 kleinere Seen, von denen lediglich die nördliche Seengruppe mit Stech-, Lust-, Gröben-, Garten- und Ursee innerhalb des Arbeitsgebietes liegt. Die größten Ausmaße mit einer Fläche von 1,2 km² und einer Tiefe von 32 m nimmt der südlich an das Kartenblatt angrenzende Große Ostersee ein. Vergleiche mit der Karte von APIAN aus dem Jahre 1563 (zitiert nach GASSER 1904) zeigen, daß die Osterseen eine nur geringe Veränderung der Uferlinien seit dieser Zeit erfahren haben. Dies deutet auf eine sehr schwache Verlandung hin, deren Ursache allein, wie bereits GAMS & NORDHAGEN (1923) bemerkten, in den hydrologischen Verhältnissen zu suchen sind.

Da der oberirdische Zufluß durch Lauterbach und Steinbach, die südlich des Kartenblattes die Osterseen speisen, nur sehr gering ist, muß mit einer starken Grundwasserzufuhr gerechnet werden. So konnte ZORELL (1940/41) mit Hilfe von Temperaturmessungen für den Lustsee eine Grundwasserbeeinflussung nachweisen. Am Rand der Seeshaupter Terrasse am Westufer des Sees, sowie am Südwestende des Stechsees auftretende Quelltrichter bestätigen dies. Die Osterseengruppe kann somit als tiefliegende Rinne zwischen den aufgewölbten Grundwasserspannungen des angrenzenden Schottergebietes im Westen und des Hochmoorkomplexes im Osten aufgefaßt werden. Infolge der zahlreichen Grundwasseraustritte, die sich für die einzelnen Seen sehr unterschiedlich auswirken, sind die Osterseen für vergleichende hydrologische Untersuchungen besonders geeignet. Arbeiten hierzu wurden von WASMUND (1927, 1934), ZORELL (1940/41, 1947) sowie von MICHLER (1976) durchgeführt.

Eine eingehende Erörterung erfuhr die Frage, inwieweit die Wasserspiegel der Osterseen und damit das Grundwasser der Seeshaupter Schottervorkommen

in jüngster Zeit gestiegen seien oder nicht. So sprechen GAMS & NORDHAGEN (1923) nach Beobachtungen an Quelltrichtern von einer „ertrinkenden Landschaft“, was durch ZORELL (1924), der an vielen Uferstellen 1 bis 5 m breite abgesunkene Kiefernstubbenhorizonte fand, zunächst bestätigt wurde. 1941 führte er diese dagegen aufgrund der nicht einheitlichen Höhenlagen der Oberkanten auf lokale Rutschungen zurück und faßte sie als verschiedenartige Erscheinungen auf. Damit muß ein Seespiegelanstieg in jüngerer Zeit nicht mehr als notwendig betrachtet werden. Vielmehr deuten, wie bereits erwähnt, die von PAUL & RUOFF (1932) erbohrten Seekreiden westlich des Weidfilzes darauf hin, daß zumindest in diesem Bereich einmal ein größerer See bestand.

Nicht nur für den Osterseenkomplex, sondern auch für den Starnberger See muß eine starke Grundwasserspeisung angenommen werden, wie beispielsweise vergleichende Abflußmessungen zeigen. Bei einer Fläche von 5720 ha und einer maximalen Tiefe von 115 m umfaßt er ein Niederschlagsgebiet von nur 310 km², während der benachbarte Ammersee bei geringerer Größe und Tiefe (4760 ha, 82 m) ein Einzugsgebiet von rund 1000 km² besitzt. Umfangreiche hydrologische Untersuchungen und Messungen der beiden Seen wurden von WACHTER (1959) durchgeführt.

Für eine rege Grundwasserzufuhr des Starnberger Sees sprechen auch die zahlreichen unterseeischen Quellen, die vor allem im Bereich von Seeshaupt und Bernried auftreten und die sich im Winter als offene Löcher im Eis bemerkbar machen. Das Wasser dürfte dabei sowohl aus dem Bereich der Seeshaupter Schotterterrasse, als auch aus dem nördlich anschließenden Grundmoränengebiet stammen. WASMUND (1934:101) nimmt dagegen aufgrund der geologischen Verhältnisse, der Temperaturmessungen und Beobachtungen der Seespiegelschwankungen an, daß das Wasser der Seeshaupter Quellen aus dem Osterseengebiet stammt und die Schotterterrasse unterirdisch zum Starnberger See hin durchfließt.

Neben dem Starnberger See und den Osterseen sind im Bereich des Arbeitsgebietes nur der Frechensee (R 4446600, H 5297000), der Weiher bei Schallern (R 4442860, H 5296000), der Rothsee (R 4442000, H 5296500) und - nördlich davon - die Mitterlache und der Haarsee natürlichen Ursprungs. Alle anderen Weiher wurden künstlich angelegt (vgl. 3.5).

3.4 Vorzeitrelieffluenz

Über das Aussehen des *vorpleistozänen Reliefs* innerhalb des Arbeitsgebietes können keine An-

gaben gemacht werden. Inwieweit der Molasseanstieg zum Andechser Höhenrücken, bzw. die vermutete flachwellige Ausgestaltung des Flinzuntergrundes im Bereich des Drumlinfeldes bereits im Tertiär angelegt oder im Pleistozän ausgestaltet wurden, läßt sich nicht entscheiden. Allgemein wird im Bereich des heutigen Zungenbeckens des Starnberger Sees ein präglaziales Tal angenommen.

Der heute sichtbare Formenschatz wurde zuletzt durch die *Vorlandvergletscherung der Würmeiszeit* und durch die Verhältnisse während des *Eisrückzuges im folgenden Spätglazial* überprägt. Anzunehmen ist, daß Würmgletscher bei ihrem Vorstoß eine ähnliche Reliefsituation vorfanden, wie sie heute herrscht. Stratigraphische Beweise dafür sowie für die Tatsache der wiederholten Einwirkung des Eises auf den Untergrund wurden jedoch bisher im Bereich des Kartenblattes nicht gefunden. Aufschlüsse - soweit vorhanden - zeigen eine direkt auf der Oberen Süßwassermolasse auflagernde Würmmoräne. Ältere Pleistozänablagerungen wurden bisher noch nicht gefunden. Nur bei EBERS (1926a) beschriebene, heute nicht mehr zugängliche Aufschlüsse von Drumlins bilden hierbei eine Ausnahme. Sie zeigten teils einen älteren geschichteten Kern, dessen genaue Einordnung aber offen gelassen werden muß.

Da Aufschlüsse, die zur Klärung der Frage der *Mehrfachigkeit einzelner Formen* beitragen, fehlen, muß hierfür auf geomorphologische Geländebefunde zurückgegriffen werden. Außer Frage steht, daß hier bereits Drumlins in älteren Vereisungsphasen angelegt wurden. Ein besonderes Problem hierbei stellen die charakteristisch auftretenden, stark versteilten Osthänge der Drumlins dar. Inwieweit ihre Entstehung auf eine mehrfache Eisüberformung zurückzuführen ist, soll an anderer Stelle diskutiert werden (vgl. 4.2.2.1.2). Das Vorkommen eines „aufgesetzten Drumlins“ (R 4444420, H 5303340) zwischen dem Gallaweiher und dem Schergenweiher zeigt zumindest für diesen Rücken eindeutig eine Ausgestaltung in mehreren Phasen.

Auch für manche unbestimmbaren Restformen, wie z.B. westlich des Hart (R 4438760, H 5301040), sowie für das südwestliche Gebiet des Kartenblattes südlich von Deutenhausen, ist während der jüngsten Eisbedeckung eine nur geringe Überformung anzunehmen. Ferner sprechen die großen Ausmaße sowie die starke Eintiefung des Grünbachtals und des Angerbach-Sonnenfelder Talzuges für ein präwürmzeitliches Alter dieser Entwässerungsrinnen. Bohrungen mit Hinweisen auf vorwürmzeitliche Pleistozänablagerungen fehlen aber auch hier.

Sind mit dem Ende der Würmvergletscherung bereits die zahlreichen abflußlosen Senken im zentralen Be-

reich des Arbeitsgebietes angelegt, die im Postglazial für die *Torfbildung* ideale Bedingungen schaffen und das heutige Landschaftsbild entscheidend prägen, so werden die *Grundzüge der rezenten Entwässerung* überwiegend unter kryogenen Bedingungen im Spätglazial geschaffen. So entstehen in dieser Zeit die Abflußsysteme von Kinschbach (R 4438000, H 5306300), Rötzbach (R 4444740, H 5304400) und Hardtbach (R 4438800, H 5302900). Auch die Erosion der meisten Seitengraben zum Grünbachtal und zum Starnberger See hin finden unter diesen klimatischen Bedingungen statt. Das Netz der heutigen Entwässerung ist damit vorgegeben.

3.5 Bodennutzung und Humaninfluenz

Die ältesten Zeugen für eine Besiedlung im Bereich des Kartenblattes sind die *Hügelgrabervorkommen* im Sonnenfelder Tal, sowie im Nordwesten des Blattes bei Wilzhofen. Die heute noch zu beobachtenden Reste von *Wölbäckern*, die westlich von Gossenhofen (R 4439260, H 5297400) weit verbreitet auftreten, weisen auf einen frühen Ackerbau in diesem Bereich hin. Auch die zahlreichen, längst aufgegebenen Ackerterrassen an den Hängen der Drumlins und im Grünbachtal sprechen für eine, gegenüber den heutigen Verhältnissen, sehr viel umfangreichere Ackertätigkeit. Heute stehen diese Areale überwiegend unter Grünlandnutzung, wie beispielsweise bei Jenhausen (R 4443000, H 5300100).

Der agrarische Charakter der Landschaft ist in weiten Bereichen erhalten geblieben. Erst in jüngster Zeit macht sich ein nichtländlicher Einfluß auf die Siedlungstätigkeit einzelner Orte bemerkbar, nicht zuletzt durch die Nähe zur Großstadt München und den Ausbau der Verkehrsverbindungen dorthin (S-Bahn bis Tutzing, Autobahn Garmisch-Partenkirchen). Unterzeismering, Bernried, Seeshaupt und Marnbach sind davon besonders betroffene Gemeinden.

Die schlechten Voraussetzungen für den Ackerbau (hohe Niederschläge, hochansteigendes Grundwasser, kleinräumige Geländegestaltung) wirken sich in dem hohen Anteil an *Dauergrünland* aus, dem heute fast die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche zuzuordnen ist (Tab. 3). Hierzu zählen alle Grünlandflächen, die für den Futteranbau, die Streugewinnung oder zum Abweiden bestimmt sind, ohne dabei durch andere Kulturen unterbrochen zu werden. Mit Ausnahme der Gemeinde Bernried nehmen hierbei die Weiden den größten Anteil ein, während Mähweiden mit einem mehr oder weniger regelmäßigen Wechsel von Schnitt und Beweidung an zweiter Stelle stehen. Da auch die versteilten Osthänge der Drumlins, sowie die Talhänge des Grünbach- oder des Hardtbachtals als Viehweiden genutzt werden, sind Viehtritte hier weit verbreitet.

Als *reale Vegetation* treten im Grünlandbereich Glatthaferwiesen (Alchemillo-Arrhenatheretum), Gebirgs-Fettwiesen (Geranio-Trisetetum) und Fettweiden (Lolio-Cynosuretum, Alchemillo-Cynosuretum) auf (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENANBAU o.J.). Ein besonderes Problem stellen die heute unrentabel gewordenen und damit kaum mehr genutzten *Streuwiesen* dar, wie z.B. im Karpfenwinkel (R 4445640, H 5305500) oder die Hardtwiesen (R 4441400, H 5301300), deren seltene Vegetation nur erhalten werden kann, wenn sie ein- bis zweimal alle zwei Jahre gemäht werden.

Entsprechend der weit verbreiteten Grünlandnutzung ist ein hoher *Rindviehbestand* im Blattgebiet Seeshaupt zu verzeichnen. Etwa die Hälfte davon sind Milchkühe. Andere Haustierarten wie Schweine oder Hühner treten dagegen stark zurück. Auch der *Ackerbau* ist auf die Hauptnutzungsart des Gebietes ausgerichtet. So ist ein hoher Flächenanteil des Ackerfütterbaus, insbesondere des Grünmaises neben dem Getreideanbau zu verzeichnen. Hackfrüchte (vor allem Kartoffeln), Feld- und Gartengemüse fehlen dagegen fast völlig.

Circa 35 km² des rund 110 km² großen Arbeitsgebietes, damit knapp ein Drittel der Fläche, sind heute *bewaldet*, wobei es sich überwiegend um Privatwald handelt (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1975). So besitzen im Durchschnitt drei Viertel aller landwirtschaftlichen Betriebe Waldflächen (Tab. 3).

Die Hauptstandorte der Wälder sind die steilen und somit für die Landwirtschaft schlecht zu nutzenden Hanglagen wie z.B. die Drumlinosthänge, die Kuppen im südlichen Blattbereich, die Talhänge des Sonnenfelder-, des Grünbach- oder des Hardtbachtales, sowie der Anstieg zum Andechser Höhenrücken oder die schwer zu bearbeitenden Kesselfelder. Die Hauptbaumart ist heute die Fichte. Allerdings zeigt sich daneben ein hoher Bestand an Buchen, während die Eiche als einzelstehender Baum oder in Baumgruppen weit verbreitet ist. Als potentielle natürliche Vegetation tritt dagegen ein Waldmeister-Tannen-Buchenwald (Asperulo-Fagetum), bzw. ein Orchideen-Buchenwald (Carici-Fagetum) mit Rotbuche, Weißtanne, Stieleiche, Bergahorn, Esche, Bergulme, Eberesche, Salweide, Kiefer, Fichte und Eibe auf (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENANBAU o.J.). Insgesamt schlägt das Drumlinmuster in der Waldverteilung deutlich durch.

Der größten anthropogenen Beeinflussung unterliegt das Gebiet hinsichtlich seiner *hydrographischen*

Verhältnisse. Die umfangreiche künstliche Entwässerung der Hoch- und Niedermoorbereiche des zentralen Drumlingebietes tritt bereits im Kartenbild durch die zahlreichen geradlinig verlaufenden Entwässerungsgräben deutlich hervor. Daneben lassen sich Begradigungen im Lauf des Grünbachs und des Angerbachs verfolgen.

Anthropogene Veränderungen erfuhr das Gebiet auch durch die ursprünglich vom Kloster Bernried angelegten Fischzuchtweiher, die heute vor allem im nordöstlichen Drumlinfeld weit verbreitet sind und der Landschaft einen besonderen Reiz verleihen. Die abflußlosen Senken der Grundmoränenlandschaft und die guten wasserstauenden Eigenschaften der Feinablagerungen in diesen Bereichen bieten geradezu ideale Voraussetzungen. Der Abfluß dieser Weiher unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen, da die Seespiegel im Herbst so weit wie möglich abgesenkt werden. Damit steigt die Wasserführung der entsprechenden Bäche oft auf ein Vielfaches der sonstigen Werte, wodurch insbesondere in den zum Starnberger See führenden Gräben die Erosion stark erhöht wird. Da vor allem die Oberläufe der Bäche somit in hohem Maße anthropogen beeinflusst sind, ist hier eine Trennung zwischen natürlichen und künstlichen Gerinnen nicht mehr möglich. Die Entwässerung in diesen Bereichen muß folglich als *quasi-natürlich* bezeichnet werden (MORTENSEN 1955). Inwieweit Gräben und Bachläufe ohne die künstliche Entwässerung der Moore trockenfallen würden, läßt sich unter den gegenwärtigen Verhältnissen nicht beurteilen.

Durch die umfangreiche *Drainage der Feuchtgebiete* war es möglich, die Bruchwälder der Niedermoore in Wiesen zu verwandeln und als Grünland zu nutzen. Obwohl die Kultivierung stellenweise in ihren Ansätzen sehr weit zurückreicht, nahm sie erst mit Einführung der handelsüblichen Dünger Mitte des vorigen Jahrhunderts sprunghaft zu. Daneben fielen große Bereiche der auftretenden Hochmoore dem *Torfstechen* zum Opfer, insbesondere dort, wo sie sich in bäuerlichem Besitz befanden und zur Deckung des privaten Brennstoffbedarfs abgebaut wurden. Heute werden die Torfstiche nicht mehr genutzt und verfallen zusehends.

Durch die starke Absenkung der Grundwasserspiegel in den Moorbereichen wurde die ursprüngliche Vegetation stark verändert. Ein natürlicher Pflanzenbewuchs ist heute nur noch in dem unter Naturschutz stehenden Bernrieder Filz zu finden. So ist hier z.B. die eiszeitliche Zwergbirke noch vertreten. Als *potentielle natürliche Vegetation der Moorbereiche* des Kartenblattes gelten dagegen Kalk-Flachmoore (Tofieldietalia), Niedermoore (Caricion canescens-fuscae) mit Schwarz- und Weißerle, Moor-

Tab. 3: Landwirtschaftliche Betriebe ausgewählter Gemeinden, ihre Struktur und Nutzung (Quellen: BAYERISCHES STATISTISCHES LANDESAMT 1979 a, b).

	Bernried	Eberfing	Pähl ¹	Seeshaupt	Weilheim ¹	Wielenbach ¹
<i>Forstbetriebe</i> ² (Anzahl)	10	24	36	13	57	21
Betriebsfläche der Forstbetriebe in ha	433	813	638	5 838	1 273	710
<i>landwirtschaftliche Betriebe</i> ³ (Anzahl)	15	88	89	51	166	98
landwirtschaftliche Betriebe mit einer Fläche unter 1 ha	—	1	—	—	6	1
1 - 2 ha	2	5	6	4	19	3
2 - 5 ha	1	4	8	3	25	6
5 - 10 ha	1	19	12	5	18	9
10 - 15 ha	5	8	14	4	26	16
15 - 20 ha	2	11	14	5	25	13
20 - 30 ha	2	21	18	17	26	26
über 30 ha	2	19	17	13	21	24
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Ackerland</i>	3	69	69	34	95	77
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Dauergrünland</i>	14	87	88	50	160	97
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Hackfrüchten</i>	—	42	15	9	22	12
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Futterpflanzen</i>	3	53	54	24	65	61
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Getreidebau</i>	1	64	36	20	74	65
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Waldfläche</i>	11	79	69	37	107	81
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Rindviehhaltung</i>	11	75	72	37	120	82
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Milchkühen</i>	9	74	65	32	103	79
mit 1 - 2	—	—	3	—	5	2
mit 3 - 5	2	5	4	—	9	5
mit 6 - 9	1	12	5	1	14	9
mit 16 - 19	2	26	23	9	32	24
über 20	4	31	30	22	43	39
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Schweinehaltung</i>	—	28	14	8	20	25
landwirtschaftliche Betriebe mit <i>Hühnerhaltung</i>	3	46	24	21	58	43
<i>Vollerwerbsbetriebe</i>	6	31	51	31	82	57
davon:						
unter 10 ha	1	3	3	3	13	1
10 - 20 ha	2	3	17	4	31	15
20 - 30 ha	2	12	18	14	22	19
über 30 ha	1	13	13	10	16	22
<i>Zuerwerbsbetriebe</i>	1	24	6	7	11	18
davon:						
unter 10 ha	—	3	1	1	1	3
10 - 20 ha	1	10	4	1	5	10
20 - 30 ha	—	7	—	3	3	5
über 30 ha	—	4	1	2	2	—

Fortsetzung von Tab. 3

	Bernried	Eberfing	Pähl ¹	Seeshaupt	Weilheim ¹	Wielenbach ¹
<i>Nebenerwerbsbetriebe</i>	6	33	29	13	70	21
davon:						
unter 5 ha	1	9	11	5	37	8
5 - 10 ha	—	14	9	3	14	7
10 - 20 ha	4	6	7	4	15	4
über 20 ha	1	4	2	1	4	2
<i>landwirtschaftlich genutzte Fläche in ha</i>	409	1 754	1 818	1 182	2 632	2 237
davon <i>Ackerland</i> in ha	39	253	309	111	483	400
<i>Sonderkulturen</i> in ha	—	5	4	5	4	1
<i>Dauergrünland</i> in ha	366	1 494	1 490	1 062	2 138	1 820
davon:						
Wiesen (ha)	157	383	1 092	517	1 389	951
Mähweiden (ha)	184	244	200	361	505	629
Weiden und Almen (ha)	9	179	96	77	90	164
<i>Kartoffelanbau</i> in ha	—	12	3	2	11	2
<i>Futterpflanzenanbau</i> in ha	20	92	118	71	244	172
davon Grünmais (ha)	20	82	111	70	236	159
<i>Getreideanbau</i> in ha	—	149	187	37	224	226
davon:						
Weizen (ha)	—	41	70	16	100	89
Roggen und Wintermengetreide (ha)	—	3	6	—	9	1
Gerste (ha)	—	48	43	7	55	50
Hafer (ha)	—	46	46	14	41	51
<i>Feldgemüse</i> in ha	—	—	—	—	—	—
<i>Gartengemüse</i> in ha	—	—	—	1	3	—
<i>Waldfläche der landwirtschaftlichen Betriebe</i> in ha	268	499	373	595	323	337
<i>Rinder</i> (Anzahl)	740	2 550	2 984	1 694	4 268	3 751
davon Milchkühe	261	1 312	1 310	749	1 876	1 467
<i>Schweine</i> (Anzahl)	—	79	109	342	258	222
<i>Hühner</i> (Anzahl)	196	3 233	443	369	3 961	704
davon Legehennen	—	3 233	375	349	2 135	610

¹ Gemeinden im Ammerseebecken. Sie umfassen Randgebiete des Kartenblattbereichs

² die landwirtschaftlich genutzte Fläche ist kleiner als 10 % der Waldfläche

³ die landwirtschaftlich genutzte Fläche umfaßt mindestens 10 % der Waldfläche.

birke, Fichte, Kiefer, Traubenkirsche, Weide und Faulbaum, sowie Hochmoore (*Sphagnion-fusci*) und Kiefernmoore (*Vaccinio-uliginosi-Mugetum* und *Vaccinio-uliginosi-Pinetum Sylvestris*) mit Moor- und Weißbirke, Kiefer, Spirke, Fichte, Eberesche, Faulbaum und Ohrweide (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU o.J.).

In weitaus größerem Umfang wurden früher neben den Torfen auch die auftretenden Schottervorkommen genutzt. So sind zahlreiche kleinere *Kiesgruben* im Grundmoränenbereich, die in älterer Literatur noch beschrieben werden, inzwischen längst aufgegeben. Umfangreicher Kiesabbau wird heute nur noch im Bereich der Seeshaupter Terrasse nördlich des Frechensees betrieben. Weitere Abbaugelände in

nächster Umgebung sind bereits stillgelegt, ohne jedoch saniert worden zu sein. Da aufgelassene Kiesgruben häufig als wilde Mülldeponien benutzt werden, entstehen hier besondere Umweltprobleme.

Das Gebiet des Kartenblattes stellt trotz aller Eingriffe noch einen bedeutenden *ökologischen Ausgleichsraum* dar, den es im Interesse des Naturschutzes zu erhalten gilt. Andererseits aber dient dieser Bereich bevorzugt der *Naherholung des Münchener Ballungsraumes*. Gefahren für die Landschaft, insbesondere durch Zersiedelung, Gewässerverunreinigungen und ungeordnete Müllablagerungen sind deshalb ernstzunehmen (OLSCHOWY 1970). Um die hohe Vielfalt und den Kontrast zwischen den Drumlinhügeln, den Seen, Mooren und Tälern des Gebietes sowie das historische Ortsbild der ländlichen Siedlungen und Weiler zu erhalten, wird von seiten der Landschaftsplanung gefordert, die bereits bestehenden und weite Bereiche des Arbeitsgebietes umfassenden Landschaftsschutzgebiete weiter auszudehnen. „Alle raumbedeutsamen Nutzungsansprüche in den Bereichen mit extensiver Flächennutzung, bzw. kleinteiliger Nutzungsstruktur sind auf die Erhaltung der hohen landschaftlichen Vielfalt, der ökologischen Ausgleichsfunktion und der günstigen natürlichen Erholungseignung abzustellen. Die charakteristische kleinräumige Struktur dieser Landschaftsbereiche

soll daher grundsätzlich auch bei der künftigen Landwirtschaft erhalten bleiben“ (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1977:11). Ferner ist es im Sinne dieser Ziele notwendig, das Naturschutzgebiet des Bernrieder Filzes zu erweitern, sowie die Streuwiesen des Hardts und des Karpfenwinkels unter Naturschutz zu stellen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1977). Besonders schwerwiegend sind die Folgen eines individuellen Badebetriebes an den Osterseen. So werden hier die wertvollen zusammenhängenden Verlandungszonen, Streuwiesen und die damit verbundene Vegetation ernsthaft bedroht, was vor allem für die nördliche Seengruppe zwischen der Bahnlinie und Seeshaupt gilt. Auch die Moorlandschaft des Weid- und Schechenfilzes mit seiner wertvollen Sukzessionsdynamik nach intensivem Torfabbau ist gefährdet, weshalb im Südosten des Kartenblattes ebenfalls ein Naturschutzgebiet gefordert wird (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1977).

Der Umfang der Planation von *Buckelwiesenvorkommen* im Blattbereich läßt sich heute kaum mehr bestimmen. So beschreiben KOHL (1951) und ENGELSCHALK (1971) Buckelwiesen an den Hängen der Drumlins und im Bereich der Seeshaupter Schotterterrasse, wo sie inzwischen mit Ausnahme kleiner Restvorkommen verschwunden sind.

4. Geomorphologische Verhältnisse des Blattes Seeshaupt

4.1 Orohydrographische Gebietsgliederung

Vier *orohydrographische Haupteinheiten* kennzeichnen das Gebiet:

- Die mehr oder weniger trockenen Schotterflächen,
- die großenteils deutlich strukturierten Moränengebiete (Drumlins usw.) mit vielfach feuchten Senken bis zu Hochmooren,
- das trockene, wenig gegliederte Moränengebiet in der Südwestecke des Blattgebiets und
- das Osterseengebiet mit den im Osten anschließenden Moorgebieten.

Den *Schotterflächen* fehlt durchwegs eine autochthone oberirdische Entwässerung. Ihre Oberflächen sind mehr oder weniger durch Schalen und Kessel gegliedert. Randlich zufließende kleinere Bäche und Entwässerungsgräben versickern hier.

Folgende Schottergebiete sind zu unterscheiden:

- In der *Nordwestecke des Kartenblattes* eine leicht nach Westen hin einfallende Ebene, die von zahlreichen Schalen durchsetzt ist. Nur an wenigen Stellen werden Hangneigungen über 2° erreicht. Das Gebiet wird vom Kinschbach (R 4438200, H 5306400), Grünbach und Hardtbach (R 4438800, H 5302800) durchflossen.
- Das *Angerbach-Sonnenfelder Tal* im Südwesten, dessen höchstes Terrassenniveau ebenfalls von zahlreichen trockenen Schalen durchsetzt ist. Anmoorige Bereiche treten dagegen in den tiefsten Abschnitten des Angerbachtales und des Sonnenfelder Tales auf, durchflossen vom Angerbach, dem ein Entwässerungsgraben aus dem unteren Sonnenfelder Tal sowie der Marnbach aus östlich angrenzenden moorigen Bereichen zufließen.

- Die *Seeshaupter Schotterterrasse* im Südosten, deren Oberfläche im südlichen Teil von zahlreichen Kesseln bis zur Unkenntlichkeit aufgelöst ist. Da einzelne Kessel und Kiesgruben bis unter den Grundwasserspiegel eingesenkt sind, treten hier kleinere Grundwasserseen oder moorige Bereiche auf. Zu diesen abflußlosen grundwassergespeisten Seen zählt auch der Frechensee.

Sehr große orohydrographische Unterschiede zeigen im Gegensatz zu den Schottervorkommen die *Grundmoränengebiete* des Kartenblattes. So fehlt in dem Bereich der sandig-kiesigen Grundmoräne südwestlich des Angerbachtales und zwischen dem Angerbachtal und Sonnenfelder Tal eine oberirdische Entwässerung. Feuchte oder moorige Bereiche fehlen, und die zahlreichen Kessel und Schalen dieses Gebietes sind durchwegs trocken. Die Oberflächengestaltung läßt keine Strukturen erkennen und unterscheidet sich damit deutlich vom Eberfinger Drumlinfeld. Ausnahmen hiervon bilden lediglich der Drumlin südwestlich von Marnbach (R 4438960, H 5298260), die Vollform am südlichen Kartenrand südlich des Sonnenfelder Tales (R 4440580, H 5296120) sowie der Rücken südlich von Gossenhofen (R 4439380, H 5296600).

Die Längsausrichtung der Formen, die hier bereits angedeutet wird, ist im zentralen Bereich des Kartenblattes prägend. Deutlich tritt die Anordnung der langgestreckten Hohl- und Vollformen in nordnordwestlicher Richtung hervor, die vom Entwässerungsnetz nachgezeichnet wird.

Die Auflösung dieser Strukturierung gegen die Randbereiche im Norden und Osten erfolgt mehr oder weniger fließend. Das ununterbrochene und zusammenhängende Gewässernetz im schluffig-kiesigen und kiesig-schluffigen Grundmoränengebiet zwingt dazu, das Eberfinger Drumlinfeld, den Bernrieder Vorsprung, den Karpfenwinkel und den Anstieg zum Andechser Höhenrücken (vgl. Abb. 3) als eine orohydrographische Einheit zu betrachten. Innerhalb dieses Bereiches nimmt die Vermoorung der Senken nach Süden hin deutlich ab, und so treten südlich der Straße Seeshaupt-Weilheim zunehmend Schalen mit Stauwassererscheinungen und trockene Kessel auf; die Dichte der oberirdischen Entwässerung wird hier geringer. Dies ist auf die in diesem Bereich mächtigere Sedimentüberdeckung des wasserstauenden Flnzes zurückzuführen.

Als letzter orohydrographischer Teilbereich des Kartenblattes sind schließlich die *Osterseen* im Südosten und die sich nach Osten anschließenden Gebiete zu nennen. Ein hoher Grundwasserspiegel und die Ausbildung von ebenen anmoorigen Berei-

chen bis hin zu sanft ansteigenden Hochmooren sind hierfür charakteristisch.

4.2 Geomorphogenetische Gebietsgliederung, geomorphologische Einzelfragen und oberflächen-naher Untergrund

Folgende geomorphogenetische Teilgebiete lassen sich ausgliedern (Abb. 3):

- Das *Eberfinger Drumlinfeld*: von der ca. 60 km² großen Gesamtfläche (EBERS 1926a:54) liegen rund fünf Sechstel im Kartenblatt und nehmen den größten Teil des Vorkommens der kiesig-schluffigen und schluffig-kiesigen Grundmoräne ein. Während es im Südwesten, Nordwesten und Südosten leicht gegen die Schottervorkommen des Angerbach-Sonnenfelder Tals, des Ammerseebeckens und der Seeshaupter Terrasse abzugrenzen ist, geht es eher undeutlich über in die benachbarten Grundmoränengebiete des Andechser Höhenrückens im Norden und des Bernrieder Vorsprungs im Osten. Die Grenzlinie verläuft durch die Orte Unterzeismering (R 4445200, H 5306000), Diemendorf (R 4441880, H 5305400) und Rößlberg (R 4440000, H 5306140), im Osten streckenweise entlang dem inneren Rand der Wallmoränen des westlichen Starnberger Seebereichs.
- Der *Anstieg zum Andechser Höhenrücken*: Dieses Grundmoränengebiet erstreckt sich nördlich des Eberfinger Drumlinfeldes bis zu den Schottervorkommen des Ammerseebeckens im Westen und bis zum Starnberger See im Osten.
- Der *Südwesten des Kartenblattes*: Das geschlossene Areal der sandig-kiesigen Grundmoräne reicht im Norden bis zu den Schottern des Angerbachtales. Im Osten umfaßt es auch den Bereich zwischen dem Angerbach- und Sonnenfelder Tal, der vom Hauptverbreitungsgebiet durch die Schotter des Angerbachtales getrennt ist.
- Der *Bernrieder Vorsprung*: Er umfaßt, östlich des Eberfinger Drumlinfeldes gelegen, den gesamten Abfall zum Starnberger See hin. Im Süden reicht der Bernrieder Vorsprung bis zu den Schottern der Seeshaupter Terrasse, im Norden bis zum Karpfenwinkel.
- Der *Karpfenwinkel*: er ist identisch mit dem Verbreitungsgebiet fluvialer Ablagerungen (Sande und Lehme) sowie mit den Niedermoorbereichen im inneren Abschnitt des Rötzbaches (R 4445750, H 5305000). Er endet an den Grundmorä-

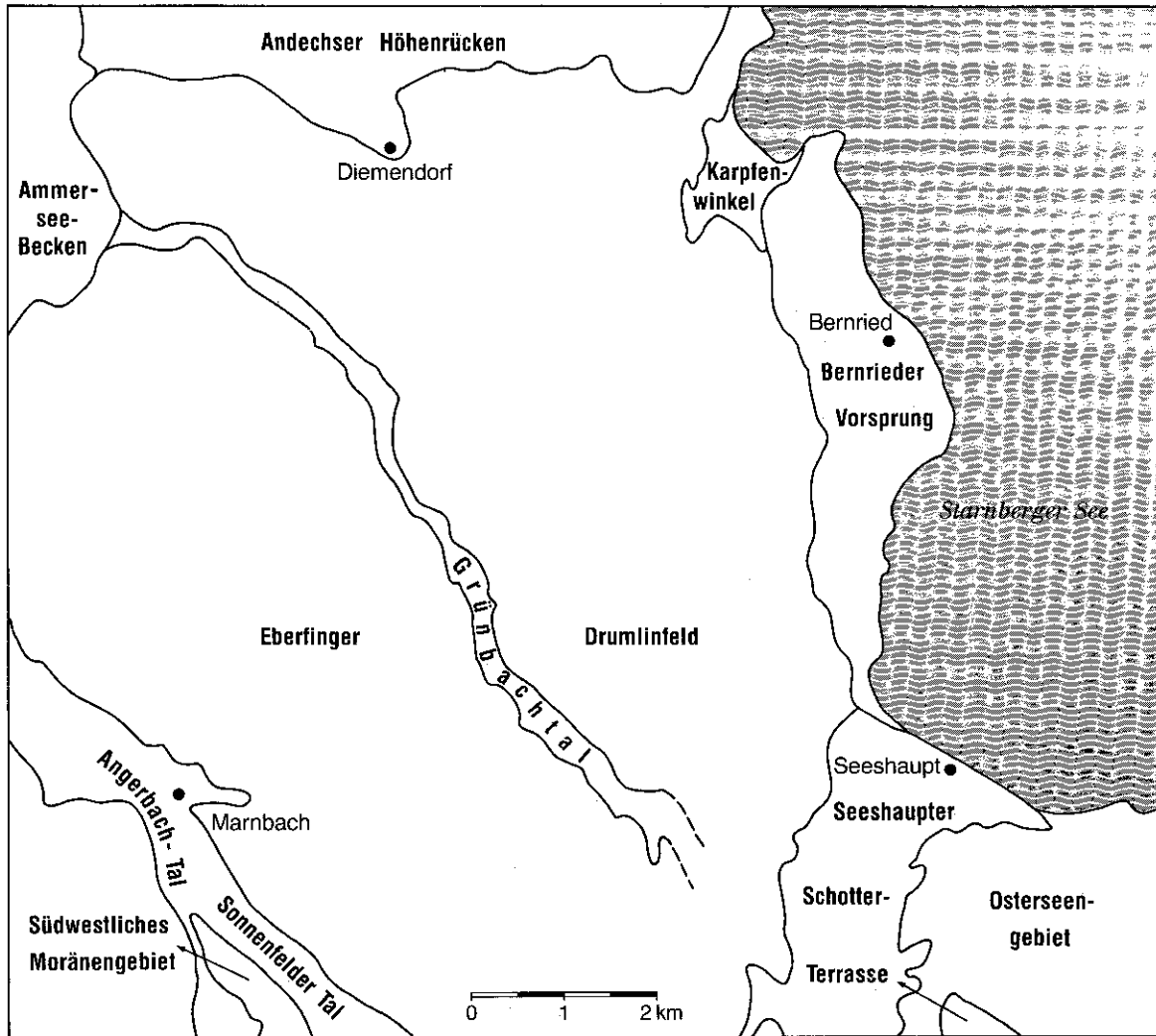


Abb. 3: Geomorphogenetische Einheiten des Blattgebietes.

nenvorkommen des Eberfinger Drumlinfeldes im Norden und Westen bzw. des Bernrieder Vorsprungs im Süden.

- Die *glazifluvialen Täler und ihre Schwemmkegel*: hierzu zählen die Schottervorkommen des Angerbach-Sonnenfelder Tales und des Grünbachtals mit seinem ins Ammerseebecken geschütteten Schwemmkegel im Nordwesten des Blattes. Die Grenze verläuft entlang der Substratgrenze. Ferner ist das Ellmanner Tal (R 4445 900, H 5296300) im Südosten zu nennen.
- Die *Seeshaupter Schotterterrasse*: Diese Kamesterasse grenzt im Westen und Norden an die Grundmoränenbereiche des Eberfinger Drumlinfeldes bzw. des Bernrieder Vorsprungs. Im

Osten endet sie mit einem Steilabfall zum Osterseengebiet hin.

- Das *Osterseengebiet*: Es umfaßt den gesamten, tief gelegenen, vermoorten Bereich südlich des Starnberger Sees und grenzt im Westen an die Seeshaupter Terrasse.

4.2.1 Geomorphogenese des Gebietes und Reliefgenerationen

Als Teilgebiet des nördlichen Alpenvorlandes liegt das Kartenblatt im Bereich des *Isargletschers* (ZITTEL 1874:259) bzw. des *Isar-Loisach-Vorlandgletschers* der Alpen. Die entscheidende Formungsphase fand im Hochwürm statt, dessen Maximum nach Da-

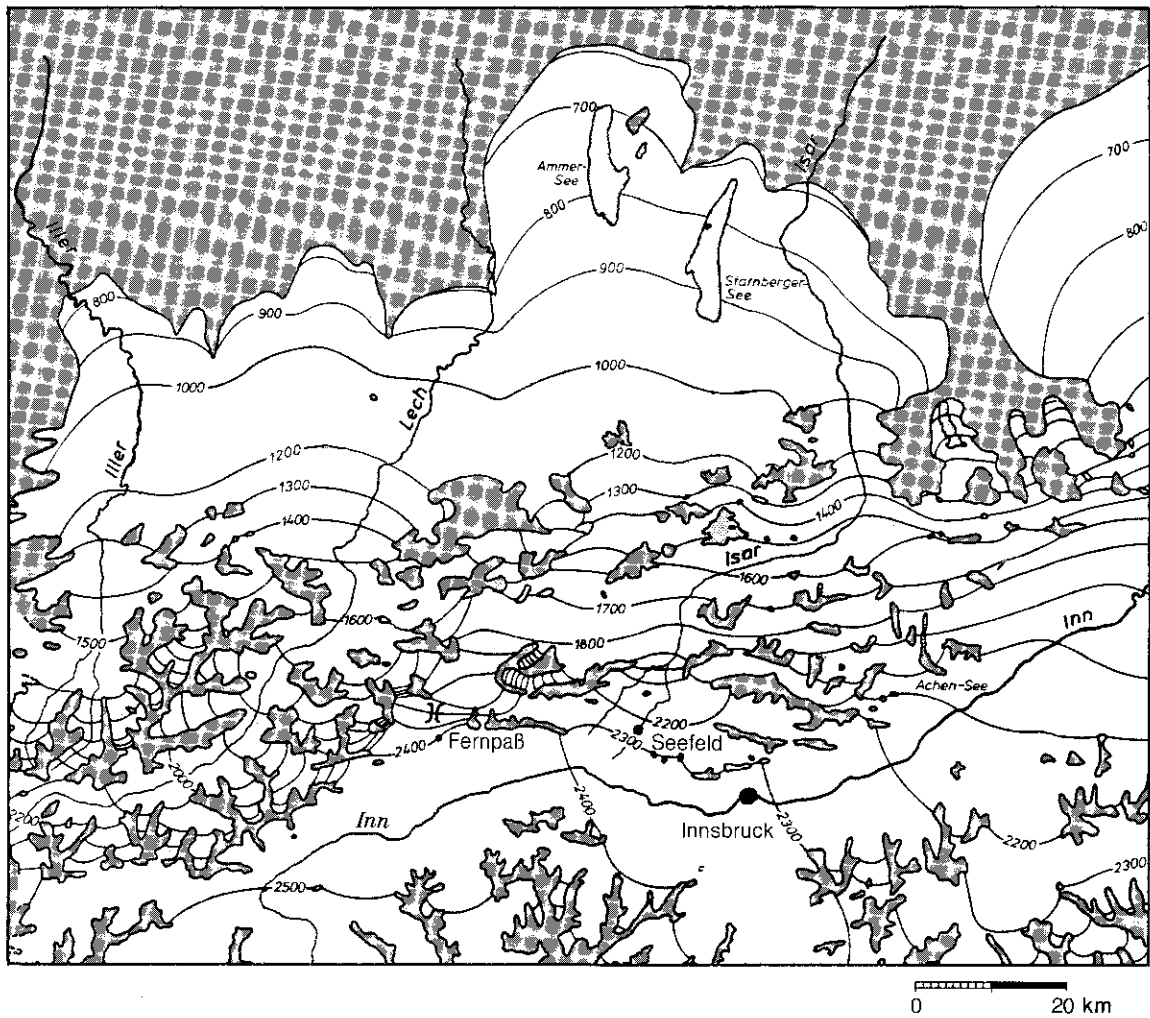


Abb. 4: Rekonstruktion des Isar-Loisach-Vorlandgletschers und seiner Nachbarn zur Zeit des Würm-Maximums (nach WEINHARDT 1973).

tierungen der Bändertone von Baumkirchen im inneralpiner Inntal bei etwa 20 000 Jahren v.h. anzusetzen ist (FLIRI, FELBER & HIELSCHER 1972).

Bei einer *Schneegrenzdepression* von 1300 m (PENCK & BRÜCKNER 1909:256) gegenüber den heutigen Verhältnissen konnte Eis aus dem Inntal vor allem über den Fernpaß, den Seefelder Sattel und durch die Achenseefurche abfließen und auf diesem Weg die nördlichen Kalkalpen überwinden, mit deren Gletschern es sich verband (Abb. 4). Die gesamten Eismassen des Isar-Loisach-Vorlandgletschers wiesen ein Volumen von 450 km³ auf (WEINHARDT 1973). Sie traten - von West nach Ost - durch das Ammertal, das Loisachtal, den Walchensee-Kochelsee-Talzug und das heutige Isartal in das Alpenvorland

hinaus. Dabei blieben der westlichste und östlichste Lobus in ihrer Ausdehnung weit hinter den beiden mittleren zurück. Am weitesten stieß der Gletscher aus dem Loisachtal nach Norden durch das Becken des heutigen Ammersees vor, während der Lobus des Walchensee-Kochelsee-Talzugs die Zungenbecken des Starnberger Sees und des östlich davon gelegenen Wolfratshausener Beckens erfüllte (PENCK & BRÜCKNER 1909:66ff, 176f).

Das *Oberflächengefälle* des würmzeitlichen Isar-Loisach-Gletschers wird mit mindestens 0,11 % angenommen. Die Eisoberfläche reichte damit beim Verlassen der Alpen bis in eine Höhe von 1100 bis 1200 m NN (PENCK & BRÜCKNER 1909:180). Übereinstimmend damit zeigen KLEBELSBERG's (1935:540) und

WEINHARDT's (1973) Rekonstruktionen der Eisoberfläche zur Zeit des Würmmaximums (Abb. 4), daß der Gletscher am Südrand des Blattes Höhen von 900 bis 1000 m NN erreichte, am Nordrand 800 bis 900 m NN. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Eismächtigkeit von 200 bis 300 m für das Arbeitsgebiet.

Diese Eisdicke entspricht etwa dem arithmetischen Mittel der Eismächtigkeiten (211 m) (KÖRNER 1983:191) der bayerischen Vorlandgletscher. „Die Modellvorstellung, wonach der Gletscher nach Art eines idealplastischen Körpers seine Eismächtigkeit unter der Wirkung des Eigengewichts entsprechend seiner Oberflächenneigung einreguliert . . .“ kann aufgrund dieser geringen Eisdicke nicht zutreffen. Vielmehr muß ein Bewegungsmechanismus, „ . . . der wesentlich vom Wasserdruck am Eisrand und damit vom Auftrieb beeinflusst wird“, angenommen werden (KÖRNER 1983:193).

Von Bedeutung sind diese gletscherdynamischen Bedingungen vor allem für die Formung des zentralen Untersuchungsgebietes. Es umfaßt den nördlichen und mittleren Teil des *Eberfinger Drumlinfeldes*, das insgesamt aus ca. 360 Drumlins besteht und rund 60 km² einnimmt (EBERS 1926a:54) (vgl. 4.2.2.1).

Die *äußerste Endlage* der würmzeitlichen Vergletscherung im Bereich des Starnberger Beckens wird von der Karlsburger Endmoräne angezeigt, an die sich die Leutstetter als nächstinnere anschließt. Beide verlaufen als durchgehende, teils miteinander verwachsene Moränenbögen nördlich des Starnberger Sees und lassen sich weiter nach Südwesten zum ehemaligen Ammerseegletscher hin verfolgen, wo sie mit dessen Ablagerungen eine Mittelmoräne im Bereich des Andechser Höhenrückens bilden (Abb. 5).

Neben diesen beiden äußersten Gletscherrandlagen unterscheidet ROTHPLETZ (1917:184) daran anschließend weitere sieben Moränenwälle, die aber in ihrem Verlauf nach Osten hin vom Starnberger See unterbrochen werden und erst an dessen gegenüberliegendem Ufer ihre Fortsetzung finden. Für den westlichen Uferbereich des Starnberger Sees sind dies von Norden nach Süden die Endmoränen von Söcking, Traubing, Pöcking, Feldafing, Tutzing, Höhenried und Bernried. Während nach ROTHPLETZ (1917) die äußeren Moränenwälle an die Mittel- bzw. Endmoränen des benachbarten Ammerseegletschers anschließen, fehlt den drei inneren eine solche Fortsetzung.

Als mögliche Fortsetzung der Tutzinger Moräne nach Westen reicht die *Diemendorfer Moräne* am Fuß des Andechser Höhenrückens von Nordwesten ins Arbeitsgebiet herein (vgl. 4.2.2.2). Sie entspricht

der letzten Rückzugsphase des Isar-Vorlandgletschers, in der das Eberfinger Drumlinfeld noch gänzlich von Eis bedeckt war.

Nach einem weiteren Rückzug und der endgültigen Trennung der Ammersee- und der Starnberger Gletscherzunge folgen als nächste Rückzugshalte die der *Höhenrieder und Bernrieder Phase*. Ihre Ufermoränen sind im Osten des Blattes zwischen Seeshaupt im Süden und dem Karpfenwinkel im Norden zu finden (vgl. 4.2.2.2). Der Starnberger Gletscher war zu diesem Zeitpunkt wenig aktiv, so daß es ebenso wie bei der Diemendorfer Moräne nicht zur Ablagerung eines durchgehenden Endmoränengürtels kam.

Endmoränen einer weiteren Rückzugsphase sind nach PENCK & BRÜCKNER (1909:339f) im Südwesten des Arbeitsgebietes zu finden. Demnach stellen die Rücken am südlichen und westlichen Rand des Angerbachtales und zwischem dem Angerbach- und Sonnenfelder Tal die Fortsetzung der *Weilheimer Moräne* nach Osten dar, welche von C. TROLL (1936:7) in das spätglaziale Ammerseestadium gestellt wird (vgl. 4.2.2.2).

Bedingt durch die große Höhenlage der Pässe, über die der Eisnachschiebung des Isar-Vorlandgletschers aus dem Inntal erfolgte, sowie durch den besonderen Bewegungsmechanismus der Vorlandvergletscherung im bayerischen Alpenvorland (KÖRNER 1983) setzte nun bei fortschreitender Klimaverbesserung zunehmend *Eiszerfall* ein. Von besonderer Bedeutung waren diese Verhältnisse im Spätglazial für die Entstehung der *Seeshaupter Schotterterrasse* (vgl. 4.2.2.4). Während im Bereich des Starnberger Sees, des Weid- (R 4448500, H 5296600) und Schechenfilzes (R 4449600, H 5296700) und der Osterseen noch Toteisblöcke des bereits bis weit südlich des Kartenblattbereichs zurückgeschmolzenen Starnberger Gletschers lagen, konnten Schmelzwässer randlich und zwischen den Toteismassen ihre Kiese und Sande schütten, so daß die Seeshaupter Schotterterrasse als eine Kamesbildung aufzufassen ist. Entsprechend ihrer Deltastruktur ist ein Wasserspiegel des Starnberger Sees von über 600 m NN (heute: 584 m NN) anzunehmen (ROTHPLETZ 1917:231). Vergleichbare Bedingungen herrschten im Karpfenwinkel, wo eine kleine Eisrandterrasse (R 4445360, H 5304700) ebenfalls in 600 m NN zu finden ist.

Glazifluviale Schottervorkommen bauen ferner die Talsohlen des Ellmanner Tales, des Grünbachtals und des Angerbach-Sonnenfelder Tales auf (vgl. 4.2.2.3) sowie die Schwemmkegel, die dem Eberfinger Drumlinfeld zum Ammerseebecken hin vorgelegt sind. Die Lage des Gletscherrandes zur Zeit dieser Schmelzwasserschüttungen läßt sich nicht lokalisieren.



Abb. 5: Moränenwälle, Drumlins und Oser der letzten Würmvereisung im Isar-Loisach-Vorlandgletscher-Gebiet (vereinfacht nach ROTHPLETZ 1917).

Mit dem Eisfreiwerden setzten im Spätglazial *kryogene Abtragungsprozesse* ein. Rutschungen des Grundmoränenmaterials über dem anstehenden Flinz sind an den steilen Hängen des nördlichen Grünbachtals deutlich ausgeprägt. Zahlreiche Nischen an Drumlinhängen weisen auf weitere Rutschungen hin. Im Abfall des Bernrieder Vorsprungs nach Osten finden sich Eisrandkanten. In Ermangelung von Aufschlüssen läßt sich nicht entscheiden, ob sie noch genau die Lage von Eisrändern abbilden oder ob es sich gar (EBERS 1926a:68) um Reste angelagerter Ufermoränen handelt. Denkbar wären hier auch jüngere Kliffbildungen (vgl. 4.2.2.2). Weitere Eisrandkanten sind am linken Talrand des Grünbachtals am Galgenbühl (R 4444000, H 5298500) zu beobachten aus einer Zeit, als Eismassen das Tal nur noch teilweise ausfüllten (vgl. 4.2.2.3).

Der bedeutendste Einfluß der kryogenen Formung betraf die Ausbildung des heutigen Talnetzes. Wir finden zahlreiche Dellen und Kastentälchen im Bereich des Blattes. Ihre *Sedimente* bestehen aus Lehmen und Sanden mit zahlreichen, meist kantengerundeten Steinen, die regellos verteilt sind. Diese Sedimente sind stark kalkhaltig, unverfestigt und völlig ungeschichtet. Sie sind sehr hell und ähneln dem schluffig-kiesigen Geschiebemergel; ihr Ton- und Schluffanteil ist jedoch bedeutend geringer. Diese Ablagerungen kryogener Bäche nehmen die Sohlen des Angerbachtals und des Grünbachtals ein und überlagern hier die glazifluvialen Schotter. Auch die Talsohlen der anderen größeren Täler des Untersuchungsgebiets des Kinsch-, Rötli- und Hardtbachtals werden von entsprechenden Sedimenten eingenommen. Eine bereits möglicherweise glazifluviale Anlage dieser Täler läßt sich aufgrund der fehlenden Schotterverfüllungen nicht nachweisen, weshalb sie hier als kryogen betrachtet werden.

Kryogene, teils *asymmetrische Kastentalformen*, finden sich im gesamten Untersuchungsgebiet. Besonders erwähnenswert sind die stark eingeschnittenen Tälchen zum Starnberger See im Bereich des Bernrieder Vorsprungs, wie z.B. der Fuchsgraben (R 4446600, H 5301360) oder der Rußgraben (R 4446800, H 5301600). Die heute als Kerbsohlentäler ausgebildeten Täler des Seeseitbaches (R 4446000, H 5300280) und seiner Seitengräben lassen eine mindestens dreiphasige Entwicklung erkennen. So wurde hier in einem ursprünglich schwach ausgebildeten Muldental ein breites Kastental angelegt, dessen Sohle heute von einem kleinen Bach zerschnitten wird.

Auch die oberste Schicht der *Seeshaupter Schotterterrasse* wird, wie mehrere Aufschlüsse in diesem Gebiet zeigen, von einem kryogenen Material aufgebaut, dessen durchschnittliche Mächtigkeit 0,5 m beträgt

(vgl. 4.2.2.4). Innerhalb der Deckschicht waren im Bereich der Seeshaupter Terrasse Buckelfluren ausgebildet, die schon ROTHPLETZ (1917:280) beschrieb. ENGELSCHALK (1971) führt ihre Entstehung auf Bodenfrostdynamik zurück. Leider wurde dieses Vorkommen inzwischen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen planiert, so daß Buckelwiesen im Untersuchungsgebiet kaum noch beobachtet werden können.

Die als periglaziale Deckschicht bezeichneten Lehme und Sande nehmen darüberhinaus einen weiten Bereich des *Karfenwinkels* ein. Seine Ablagerungen werden deshalb im Gegensatz zur Literatur (EBERS 1926a:81) überwiegend als spätglazial und nicht als postglazial betrachtet.

Mit dem Abklingen der kryogenen Bedingungen und mit zunehmender Bewaldung setzte mehr *lineare* Abtragung ein, stärker als die heutige, da sie sich zunächst auf abrupte Reliefunterschiede einzurichten hatte. So erodierten Bäche häufig in das bereits bestehende, kryogen angelegte Talnetz scharf eingeschnittene Kerben, wie wir sie vor allem an der linken Talseite des Grünbachtals nördlich der Brandleiten (R 4441350, H 5302600) oder bei den rechten Zuflüssen des Kinschbaches (R 4440500, H 5306200) von der Diemendorfer Moräne herunter finden. Diese steilen einphasigen Kerbtäler tiefen sich abrupt ein und können Höhenunterschiede von rund 50 m auf 500 bis 800 m Länge aufweisen.

Als weiterer postglazialer Vorgang ist die *Moorbildung* in den zahlreichen Senken zwischen den einzelnen Drumlins und im Osterseegebiet zu nennen (vgl. 3.1). Sie hält unter den gegebenen Klimaverhältnissen bis heute an.

4.2.2 Geomorphogenetische Einzelfragen

4.2.2.1 Das Eberfinger Drumlinfeld

4.2.2.1.1 Allgemeines

Die Drumlins im Untersuchungsgebiet wurden 1894 von PENCK als solche erkannt und beschrieben. Diese *streamline molded forms* (FLINT 1971:100) treten vergesellschaftet im Bereich der letzten großen Vorlandvereisungen auf. Die größten Felder sind aus Irland, USA, Kanada und Skandinavien bekannt und können aus über 1000 Einzelformen bestehen (FRÜH 1896, EBERS 1926b, 1937, 1975). Die Drumlinfelder im Gebiet der wärmzeitlichen Alpenvorlandvergletscherung besitzen vergleichsweise eine geringe Ausdehnung. Sie treten bevorzugt dort auf, wo sich sanft ansteigende Riedel zwischen Zungenbecken oder Zweigbecken der Gletscherbewegung

entgegenstellten. So nimmt das Eberfinger Drumlinfeld den Anstieg zum Andechser Höhenrücken zwischen Ammersee- und dem Starnberger Seebecken ein. Oftmals sind Drumlinfelder wie im vorliegenden Untersuchungsgebiet verknüpft mit glazifluvialen Ablagerungen von Toteis bzw. stagnierendem Eis. Die zentralen Depressionen, die Stamm- und Zweigbecken der ehemaligen würmzeitlichen Gletscher dagegen sind drumlinfrei.

Die Drumlin-Rücken folgen der Richtung der letzten Eisbewegung. Ihre *Anordnung* ist nahezu parallel bzw. in kleineren Feldern fächerförmig auf Endmoränen ausgerichtet. Die Drumlins liegen dabei oftmals nicht isoliert nebeneinander, sondern können miteinander verwachsen sein. *Zwillings- und Mehrfachbildungen* sind somit keine Seltenheit. Die Längserstreckung einzelner Rücken kann bis zu mehreren Kilometern betragen, die Breite bis zu 800 bis 1000 m. Die Höhe variiert von wenigen Metern bis rund 70 m.

Da der Begriff des Drumlins beim heutigen Stand der Kenntnis nicht mit Hilfe seiner Genese definiert werden kann, ist es unumgänglich, diese Form aufgrund ihrer typischen *geomorphometrischen Eigenschaften* (HEIDENREICH 1964, JAUHAINEN 1975, TRENHAILE 1975, KARCZEWSKI 1976, ZAKRZEWSKA BOROWIECKA & ERICKSON 1985) näher zu beschreiben.

Von REED, GALVIN & MILLER (1962) durchgeführte Vergleiche von Drumlinrücken mit Ellipsoiden zeigen für den *Grundriß* eine gute Näherung durch eine Ellipse. Dies gilt auch für den im Normalfall symmetrischen schildförmigen Querschnitt der Formen, so daß sich Drumlins nur wenig von idealen Ellipsoiden unterscheiden. *Asymmetrische Querschnitte* sind dagegen im Bereich des nördlichen Alpenvorlandes beim Salzburger und mit Einschränkungen im Rosenheimer Drumlinfeld zu finden sowie besonders gut ausgebildet in unserem Untersuchungsgebiet. Eine deutliche Versteilung des Osthangs gegenüber dem Westhang, die bis zu 15° betragen kann, ist hier ein charakteristisches Merkmal eines Drumlins.

Im Gegensatz dazu zeigt der *Längsschnitt* der Rücken eine allgemein gültige Asymmetrie. Der Kulminationspunkt der Drumlins liegt im allgemeinen nicht in der Mitte der Form, sondern so, daß einem kurzen, steilen, dem Gletscher zugewandten Ende (*Proximalende*) ein flacher rückwärtiger Hang (*Distalende*) gegenübersteht. Ausnahmen sind aber auch hier möglich und kommen in jedem Drumlinfeld vor.

Die Drumlinrücken werden überwiegend aus *Grundmoränenmaterial* aufgebaut. Sie sind somit als eine

„morphologische Differenzierung der Grundmoräne“ (EBERS 1926b:201) zu verstehen. Aufschlüsse zeigen allerdings, daß Drumlins *Kerne* aus geschichteten, glazifluvialen Sedimenten oder sogar aus anstehendem Gestein enthalten können. Wie vielfältig der innere Aufbau auch in einem kleinen Untersuchungsgebiet sein kann, zeigen die Ergebnisse von DE JONG, RAPPOL & RUPKE (1982) aus dem westlichen Allgäu. Während der eine Drumlin vollständig aus Grundmoränenmaterial besteht, enthält ein weiterer eisrandnahe Ablagerungen mit einem unvollständigen Mantel aus Grundmoräne, während ein dritter überwiegend aus Deltasedimenten aufgebaut wird.

Die *Dauer der Drumlinbildung* wird als kurz angenommen. So sieht AARIO (1977a) bereits weniger als 100 Jahre als ausreichend an. Ein C14-Datum von 24 050 ± 650 Jahre v.h. grenzt das *Alter* von Drumlinbildungen in Nordirland (HILL 1970) ein. Ein Alter von höchstens 22 000 Jahren wird für das östliche Wisconsin-Drumlinfeld angenommen (ZAKRZEWSKA BOROWIECKA & ERIKSON 1985). Für das Eberfinger Drumlinfeld liegen leider keine Daten vor, die Rückschlüsse auf das Alter oder die Bildungsdauer der Drumlins zulassen würden. Auch die Frage des inneren Aufbaus der Rücken muß ungeklärt bleiben, da heute Aufschlüsse fehlen. Hinweise finden sich aber bei ROTHPLETZ (1917: 207) und EBERS (1926a:65). Danach kommen sowohl Drumlins aus reinem Grundmoränenmaterial vor als auch solche, die von geschichteten Sedimenten aufgebaut werden. Übergangsformen treten insoweit auf, als Grundmoränenaufschlüsse mit kiesigen oder sandigen Einlagerungen beschrieben werden. Feste Kerne wurden nicht beobachtet.

Der sehr unterschiedliche innere Aufbau der Drumlins bedingt zahlreiche *Entstehungstheorien* (EBERS 1926b, 1937, GRAVENOR 1953, MULLER 1974, EMBLETON & KING 1975a, SUDGEN & JOHN 1976, SHAW 1980), von denen allerdings bis heute keine eine allgemeine Gültigkeit erlangt hat. Wie komplex die Vorgänge der Drumlinbildung sein können, verdeutlichen beispielsweise die Untersuchungen von WHITTECAR & MICKELSON (1977), die an Drumlins mit Kieskernen mehrere Aufschüttungs- und Abtragungsphasen unterscheiden konnten.

Die Hypothese, wonach Drumlins aus Material aufgebaut werden, das vom Gletscheruntergrund in *Spaltensystemen aufgepreßt* wurde, wird in jüngster Zeit von GAREIS (1978) vertreten. Beginnt der Gletscher in einem Riedelbereich langsam abzutauen, so wird die Geschwindigkeitsdifferenz zu den flankierenden Eisströmen zusehends größer. Die Folge davon ist ein geregelter Zerfall des Eises entlang von rautenförmig angeordneten Spalten. Während sich am konkaven Randbereich des Riedels die Spal-

ten am Gletschergrund erweitern, können sich diese - nun sedimenterfüllt - nach einer Weiterbewegung des Gletschers im Bereich des Drumlingebietes nicht mehr schließen. „Der durch reichlich Geschiebelehm und Staunässe überaus plastisch gewordene Untergrund wurde durch das Gewicht der auflastenden einzelnen Eispakete an den Kreuzungspunkten der ehemaligen Gleitlinien, die zu Spalten aufbrachen, nach oben gepreßt“ (GAREIS 1978:32)“. Diese Hypothese erklärt jedoch nicht die typischen Formmerkmale der Drumlins. Zwillingsformen (EBERS 1930:193f) sind gewiß so nicht entstanden. Wo Drumlins nicht auf Rücken, sondern in breiten, mehr oder weniger ebenen Feldern auftreten wie in den kontinentalen Vereisungsgebieten, fehlen alle Voraussetzungen für derartige Vorgänge.

Die Frage, ob es sich bei Drumlins um *Erosions- oder Akkumulationsformen* handelt, löste zahlreiche Diskussionen aus. Reine Erosionstheorien, wonach Drumlins z.B. durch die unvollständige Abtragung älterer Moränenwälle entstanden seien, werden heute nicht mehr ernsthaft diskutiert. Reine Akkumulationstheorien dagegen können zwar aus Grundmoränenmaterial aufgebaute Drumlins erklären, aber nicht die oft vorhandenen Kies- oder Felskerne (EBERS 1926b, 1930).

Heute werden Drumlins als Formen angesehen, bei denen sowohl erosive als auch akkumulative Vorgänge beteiligt sind. Sie werden als am Gletscheruntergrund gebildete, *stromlinienförmige Körper* aufgefaßt, die der Gletscherbewegung den geringstmöglichen Widerstand entgegensetzen. Parallelen mit Dünenformen bestätigen diese Auffassung (HAGEDORN 1968). Auch der Vergleich der Drumlinformen mit technischen Stromlinienkörpern, die mit Hilfe der Lemniskatkurve beschrieben werden, zeigen eine deutliche Entsprechung. Abweichungen ergeben sich beim Grundriß am Proximalende, wo die Lemniskate etwas stumpfer beginnt, sowie am Distalende, wo die Lemniskate im Gegensatz zum Drumlin spitz ausläuft. Auch der Längsschnitt der Drumlinrücken kann so in guter Näherung dargestellt werden (CHORLEY 1959).

Mit Hilfe der Stromlinienkörpertheorie können Drumlins, die einen Felskern oder eine ältere Ablagerung als Kern enthalten, sehr gut erklärt werden. Fehlt ein solcher Kern, so stellt sich das Problem, den ersten Anstoß der Drumlinbildung, die Entstehung eines Ablagerungskerns, der dem Gletscher den nötigen Widerstand entgegensetzt, zu erklären. Eine Theorie, die ohne Initialkern auskommt, ist die *dilatancy theory* von SMALLEY & UNWIN (1968). Grundmoräne, die ein bestimmtes Minimum an größeren Bestandteilen enthält, kann im physikalischen Sinn als ein körniges Material, wie beispielsweise

Sand angesehen werden. Diese Materialien besitzen die Eigenschaft, sich bei zunehmender Scherbelastung, wie sie durch den Druck des Gletschereises gegeben ist, zunächst auszudehnen. Das Grundmoränenmaterial setzt damit seiner Verformung einen erhöhten Widerstand entgegen, bis schließlich ein bestimmtes maximales Resistenzniveau A erreicht ist. Nimmt der Druck des Eises weiter zu, so wird die hohe Initialspannung schließlich überwunden und der Gletscher kann das gesamte Grundmoränenmaterial an seinem Untergrund kontinuierlich bewegen.

Dilatantes Material hat die Eigenschaft, daß zur *Einleitung dieser Scherbewegungen* eine weit höhere Spannung nötig ist als zu dessen *Fortführung*. Das heißt, sinkt das Spannungsniveau zwischen dem Gletscher und dem Untergrund wie z.B. gegen den Gletscherrand hin oder auf Riedelbereichen oder dadurch, daß die Grundmoräne einen kritischen Geröllgehalt erreicht, dann kann zwar das bereits in Bewegung begriffene Material weiter transportiert, aber kein Material neu aufgenommen werden. Sinkt der Auflagedruck des Gletschers weiter unter ein bestimmtes Niveau B, so wird er schließlich zu klein, um überhaupt noch Material bewegen zu können, und Grundmoränenmaterial wird unregelmäßig am Gletscheruntergrund abgelagert. Von entscheidender Bedeutung für die Drumlinentstehung ist die *Phase*, in der zwar bereits in Bewegung befindliches Grundmoränenmaterial noch bewegt wird, abgelagerte Sedimente aber nicht wieder vom Gletscher aufgenommen werden können.

Da der Auflagedruck des Gletschers nicht über die gesamte Basisfläche gleichbleibt, sondern sich vielmehr durch *kleine Unregelmäßigkeiten* lokal ändert wie z.B. durch basale Spalten oder das Umfließen kleiner Hindernisse, fällt örtlich begrenzt der Auflagedruck des Gletschers unter das Niveau B, und Grundmoränenmaterial lagert sich ab. Das entstandene Hindernis kann vom Gletscher nicht beseitigt werden, da sein Auflagedruck hierzu zu gering ist (unter Niveau A). Bestenfalls im Bereich der Stirnseite des Hindernisses nimmt der Gletscher mit Hilfe des Anpreßdruckes Grundmoränenmaterial auf. Die Druckentlastung nach Überschreiten des Hindernisses führt dazu, daß das Material hier wieder abgelagert wird (Auflagedruck unter Niveau B). Die Grundmoräne häuft sich folglich in diesem Spannungsbereich zu *stabilen Hindernissen* auf, die vom Gletscher *stromlinienförmig gestaltet* werden und schließlich in zufälliger Verteilung als Drumlinfelder auftreten.

Ferner wird diskutiert, ob Drumlins bei *Gletschervorstößen* oder *Eisschwund* entstehen. Die Stromlinienform spricht für die Entstehung unter einem sich in Bewegung befindlichen Gletscher. Beobachtungen

von LJUNGNER (1949, zitiert nach LUNDQVIST 1970:325), wonach Drumlins auch dort in Richtung der letzten Eisbewegung orientiert sind, wo diese in einer völlig anderen Richtung als der Hauptvorstoß und ohne Oszillation erfolgte, sprechen dafür, daß Drumlins beim Rückzug des Eises gebildet werden können.

Allerdings findet die Drumlinformung nicht in der stark abtauenden Randzone des Gletschers statt, sondern vielmehr in einer „inneren Randzone“. Hier führt das Ausdünnen des Gletschers zu einer stärkeren Differenzierung der Eisbewegung (AARIO 1977a:66), so daß sich innerhalb des Lobus Bereiche mit hoher Geschwindigkeit bewegen, während andere bereits sehr langsam geworden sind oder stagnieren. *Sekundäre Fließsysteme quer zur Gletscherbewegung* ergeben sich nun durch einen Schleppeffekt der schneller fließenden Eismassen, während der gesamte Gletscher mehr oder weniger stagniert. Überschreitet der Gletscher ein Hindernis, so stellt sich aufgrund der sekundären Fließbewegung ein *spiralenförmiges Fließen* des Eises am Untergrund ein. Es bilden sich Akkumulations- und Erosionsbereiche aus, die schließlich dort, wo das Eis konvergiert, zur Drumlinbildung führen (AARIO 1977a, SHAW 1980). Da sich die spiralenförmige Eisbewegung auch seitlich über einen größeren Raum hin fortsetzt, genügt ein Felskern, um die Entstehung eines ganzen Drumlinfeldes zu bewirken (AARIO 1977a:68). Ein Vorteil dieser Theorie ist, daß sich hiermit die Drumlinzwischenbereiche als Erosionszonen gut erklären lassen. Andererseits aber müssen auch hier Fragen offenbleiben, Fragen, die wahrscheinlich nur durch direkte Beobachtungen am Gletscheruntergrund zu beantworten sind.

4.2.2.1.2 Besonderheiten

Um für das Untersuchungsgebiet typische Drumlinformen auskartieren zu können, wurde zunächst der Begriff nach geomorphographischen Gesichtspunkten, die sich für das Untersuchungsgebiet als praktikabel erwiesen, eingegrenzt. Es sei betont, daß die verwendeten Kriterien *keine Allgemeingültigkeit* beanspruchen.

So wurde, um größere Drumlinrücken im Kartenbild von kleineren flacheren Formen der Grundmoräne unterscheiden zu können, im Gegensatz zu herkömmlichen Drumlindefinitionen ein *Höhenkriterium* eingeführt. Ferner ist die Verteilung des Osthangs charakteristisch für einen gut ausgebildeten Drumlin des Eberfinger Feldes, so daß auch dieses Kriterium hier zur Kennzeichnung eines Drumlins herangezogen wurde.

Als *Drumlins* werden im Rahmen der Arbeit innerhalb des Grundmoränengebietes liegende Vollformen bezeichnet, die folgende Eigenschaften aufweisen:

- Sie besitzen eine ungestörte Stromlinienform,
- sie weisen eine relative Höhe des West- und Osthangs von mindestens 7 m auf, ausgehend vom Kulminationspunkt senkrecht zur Längsachse des Rückens gemessen,
- die maximale Hangneigung des Osthangs beträgt mindestens 15°.

Um ferner Übergangsbildungen der oben definierten Drumlinrücken zu der flachen Grundmoränenlandschaft beschreiben zu können, wurde als weiterer Begriff der der drumlinähnlichen Form eingeführt.

Als *drumlinähnliche Formen* werden Vollformen innerhalb des Grundmoränengebietes bezeichnet, die

- eine Stromlinienform erkennen lassen und
- deren Ost- oder Westhang eine relative Höhe von mindestens 7 m aufweist.

Da bei *Zwillings- und Mehrfachbildungen* durch das Aneinanderrücken der Drumlins die seitlichen Hänge der einzelnen Formen oftmals keine relative Höhe von 7 m mehr erreichen und die Verteilung der Osthänge nur am östlichsten Drumlin auftritt (vgl. Abb. 8), wurden die obigen Definitionen auf diese Bildungen so angewandt, als ob es sich dabei um *eine* Vollform handeln würde. So wird lediglich der Westhang des westlichsten und der Osthang des östlichsten der miteinander verwachsenen Formen in die Definition der Drumlins und der drumlinähnlichen Rücken mit einbezogen.

Nach diesen Kriterien lassen sich innerhalb des Kartenblattes 128 Drumlins und 65 drumlinähnliche Rücken ausscheiden, deren *Verteilung innerhalb des Feldes* bestimmte Muster erkennen läßt (Abb. 6). Eine starke Konzentration der Formen findet sich von der südlichen Kartenblattmitte bis etwas nördlich der Straße Weilheim-Seeshaupt. Deutlich lassen sich von hier ausgehend drei Drumlinstränge erkennen, die im Westen durch das Rauchmoos (R 4440 100, H 5302100) und die südlich anschließenden Moorgebiete um Farchenbichl (R 4441100, H 5299 660), im Osten durch das Bernrieder Filz (R 4444 100, H 5301500) und das nördlich davon gelegene Gallafilz (R 4443700, H 5302800) voneinander getrennt sind. So zieht der westliche Drumlinstreifen nördlich des Angerbach-Sonnenfelder Tals nach Nordwesten, der mittlere zu beiden Seiten des Grünbachtals in nordnordwestliche Richtung und der östliche über den Nußberger Weiher (R 4444600, H 5300700)

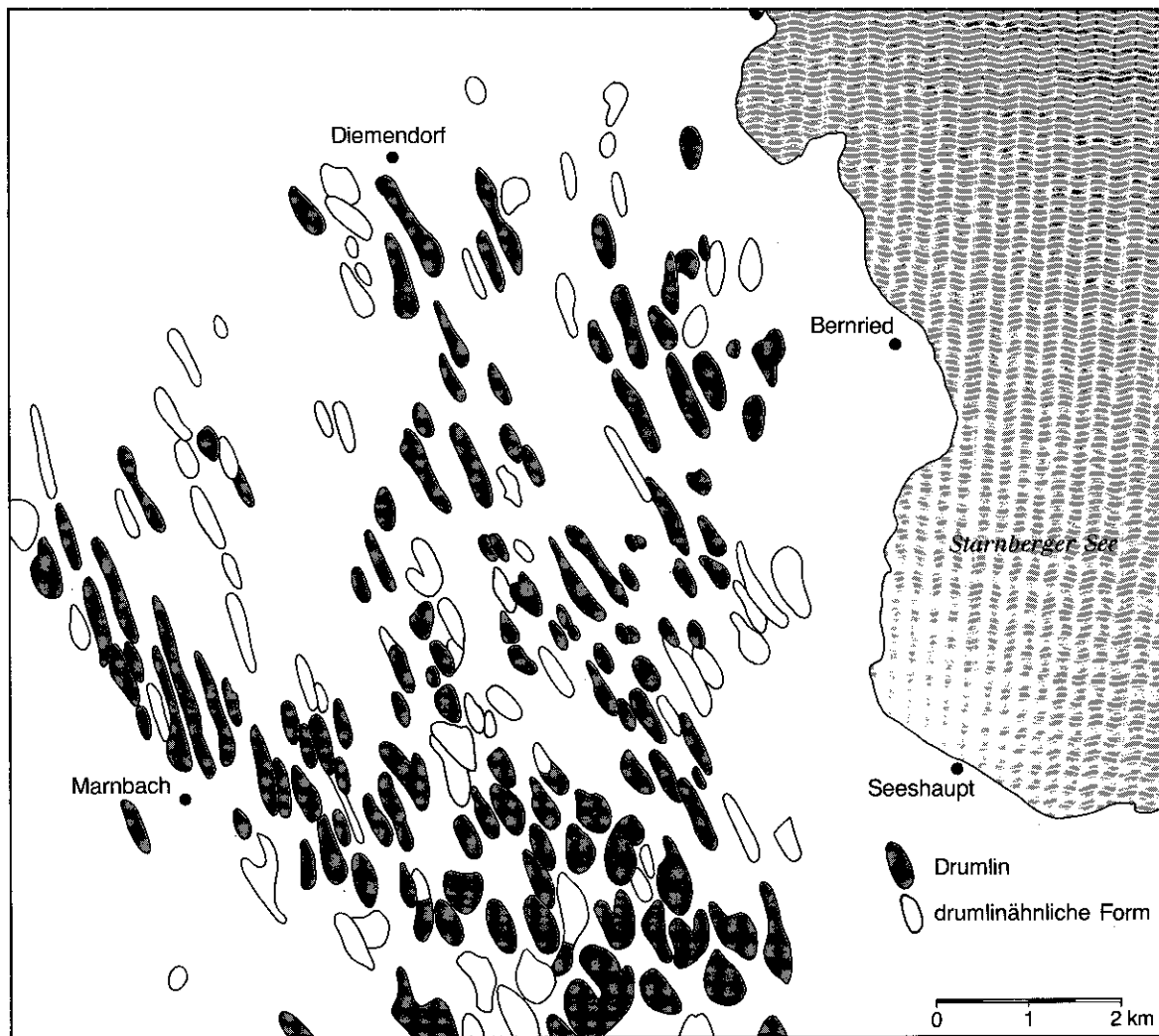


Abb. 6: Drumlins und drumlinähnliche Formen im Blattgebiet.

und den Gallaweiher (R 4444250, H 5303400) nach Norden.

Eine regelmäßig versetzte Anordnung der Drumlins und der drumlinähnlichen Rücken, wie sie in älterer Literatur vielfach beschrieben wird, kann für das Untersuchungsgebiet nicht bestätigt werden. Neuere statistische Untersuchungen der räumlichen Anordnung von Drumlinfeldern (ARONOW 1959, REED, GALVIN & MILLER 1962, TRENHAILE 1975, ZAKRZEWSKA BOROWIECKA & ERICKSON 1985) zeigen meist eine multimodale Verteilung mit einigen Anzeichen einer Periodizität, was auf bestimmte Charakteristiken der Eisbewegung zurückgeführt wird (REED, GALVIN & MILLER 1962:210). Angaben zu weiteren geomorphographischen Eigenschaften der Form wie Länge oder Breite finden sich bei EBERS (1926a:56).

Um weitere Informationen über die Strömungsbedingungen des Gletschers im Bereich des Eberfinger Drumlinfeldes zu erhalten, ist es notwendig, die Richtung der Längsachsen der Drumlins und der drumlinähnlichen Rücken sowie ihre Gestalt näher zu untersuchen.

Die von REED, GALVIN & MILLER (1962) und von SMALLEY & UNWIN (1968) gefundene Normalverteilung der Längsachsenorientierung kann für das vorliegende Untersuchungsgebiet bestätigt werden (Abb. 7). Das Maximum der Gaußschen Kurve liegt bei einem Azimut von 340 bis 341°. Daneben zeigen sich sekundäre Maxima bei 320 bis 321°, 330 bis 331° und in nördlicher Richtung bei 2 bis 3°. Die deutlich vorherrschende Nordnordwestrichtung zeigt, daß bei der Verzweigung des Isar-Loisach-Gletschers in die beiden Becken des Ammersees

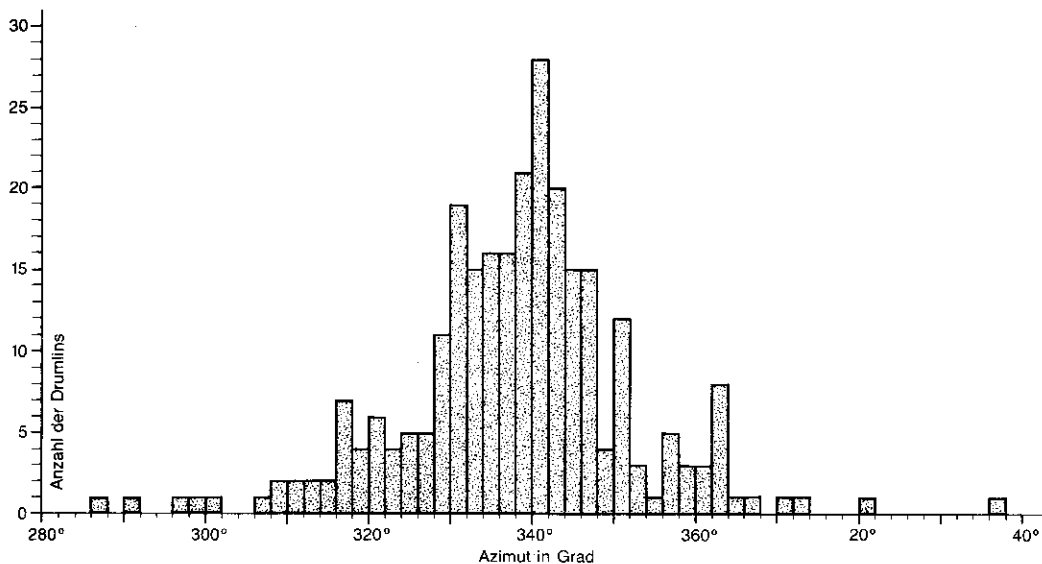


Abb. 7: Häufigkeitsdiagramm der Längsachsenorientierung der Drumlins und drumlinähnlichen Formen. Gesamtzahl der betrachteten Drumlins: 266.

und Starnberger Sees der Hauptstrom ins tiefere, breitere Ammerseebecken floß und damit die Fließrichtung bis über die niedrige Wasserscheide des Untersuchungsgebietes hinweg bestimmte. Festgehalten ist auf diese Weise nur das Strömungsbild etwa zur Zeit des Würmmaximums und wohl auch des ältesten Spätglazials.

Auffallend große Schwankungen in der Längsrichtung der Drumlins finden sich im südlichsten Bereich des Kartenblattes. Gleichzeitig treten hier westlich des Grünbachtals und südlich der Linie Magnetsried (R 4442650, H 5298800) - Rauchen (R 4441600, H 5298760) besonders gedrungene Formen auf. Sie besitzen eine sehr große Grundfläche, wobei der Grundriß im Verhältnis zur Länge der Rücken auffallend breit ist. Die Formen erreichen mit 660 bis 705 m NN die größten Höhen des Blattgebiets

und weisen relative Höhenunterschiede bis zu 50 m auf. Im Gegensatz zum übrigen Eberfinger Drumlinfeld stehen hier die Formen sehr dicht gedrängt, und es treten zahlreiche Zwillingsbildungen auf, die dem Typ 4 zuzuordnen sind (Abb. 8).

Nordwestlich dieses Bereichs, insbesondere nördlich der Orte Marnbach (R 4439440, H 5298500) und Deutenhausen (R 4438700, H 5299000) werden die Formen sehr lang und schmal. Der „lange Marnbacher“ (R 4439740, H 5299000) erreicht mit rund 1700 m die größte Länge. Die relativen Höhen betragen um 20 m, während die absoluten Höhen auf Werte um 610 m NN absinken. Zwillingsbildungen sind in diesem Bereich selten und treten nur in Form der Typen 1, 2 und 3 (Abb. 8) auf. Die Längsachsenverteilung entspricht der Normalverteilung um das Maximum von 340 bis 341°.

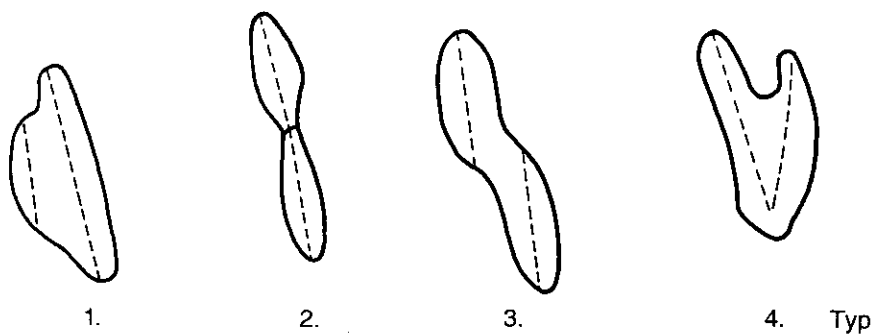


Abb. 8: Schema verschiedener Arten der Zwillingsbildung von Drumlins (nach EBERS 1926).

Ähnlich ausgebildete Drumlins und drumlinähnliche Rücken treten auch im Nordosten, nördlich des Bernrieder Filzes auf. Langgestreckte Formen herrschen auch hier vor, wenngleich ihre Längenausdehnung hinter den Rücken nördlich des Angerbachtales im Südwesten zurückbleibt. Die höchsten Punkte liegen in Höhen zwischen 630 und 650 m NN. An Zwillingsbildungen fehlt der Typ 4 gänzlich. Die Längsachsen sind im allgemeinen gemäß der Normalverteilung orientiert; allerdings zeigt sich im Osten zwischen dem Seeseitbach (R 4446800, H 5300080), dem Auweiher (R 4445000, H 5304000) und Unterzeismering (R 4445200, H 5306000) eine Häufung von Rücken mit einer Längsachse in nördlicher Richtung. Das Azimut liegt zwischen 356 und 3°.

Als Übergangsformen zwischen den massigen, gedrungenen Drumlinbildungen im Süden und den langgestreckten Rücken im nordöstlichen bzw. westlichen Blattbereich sind die Drumlins und drumlinähnlichen Formen in der Umgebung des Nußberger Weihers (R 4444500, H 5300600) und nördlich von Magnetsried (R 4442700, H 5298800) aufzufassen. Sie besitzen meist sehr regelmäßige, ovale Grundrisse, erreichen aber nur eine geringe Längenausdehnung. Die relativen Höhenunterschiede sind mit 20 bis 30 m anzusetzen, wobei die höchsten Erhebungen absolute Höhen zwischen 630 und 660 m NN erreichen. Die Formen stehen relativ dicht gedrängt, Zwillings- und Mehrfachbildungen der Typen 1 bis 4 kommen mehrmals vor. Zwischen Kreutberg (R 4445140, H 5298840), dem Bergknappweiher (R 4443000, H 5302000) und dem Bernrieder Weiher (R 4445060, H 5301000) ist eine Längsachsenorientierung der Rücken zwischen 328° und 330° häufig vertreten.

Alle diese Unterschiede in Orientierung und Formung der Drumlins treten in deutlichen *räumlichen Häufungen* auf. Im Südteil ergeben sich die stärksten und häufigsten Schwankungen in der Richtung der Drumlins, zugleich auch die meisten Unregelmäßigkeiten in den Drumlingrundrissen. Erst östlich des Grünbachtals bzw. nördlich der Linie Hübschmühle (R 4443140, H 5299300) - Haarsee (R 4441700, H 5297200) treten gleichmäßiger ausgerichtete Formen auf. Aber auch hier zeigen sich charakteristische räumliche Verteilungen. So liegen die Längsachsen im westlichen Bereich, vor allem westlich des Rauchmooses (R 4440080, H 5302100) und der südlich anschließenden Moorbereiche, parallel zueinander. Diese gleichmäßige Orientierung gilt bis hin zum südwestlichen Rand des Drumlinfeldes - überraschenderweise abweichend von der Richtung des Angerbachtales, das also die jüngste erkennbare Eisbewegung an seinem Nordrand nicht beeinflußt hat. Hingegen verläuft das Grünbachtal parallel zu den be-

nachbarten Rücken. Die Talrichtung und die Drumlinrichtungen, die der Eisfließrichtung der letzten Großvergletscherung entsprechen, stehen in einer unsicheren Beziehung zueinander.

Auffallend ist die starke Westorientierung der Drumlins und drumlinähnlichen Formen in der östlichen Blatthälfte, südlich des Bernrieder Filzes (R 4444100, H 5301500), die sich nach Norden bis in die Umgebung von Haunshofen (R 4441700, H 5304400) fortsetzt. Im Gegensatz dazu stehen die Rücken am östlichen Rand des Drumlinfeldes, die vor allem nördlich der Bahnlinie Bernried-Tutzing eine nördliche bis nordnordöstliche Ausrichtung aufweisen. Damit zeigt der nordöstliche Teil des Blattes eine deutliche Divergenz der Längsachsen.

Zwillingsbildungen des Typs 4 (Abb. 8) treten allein in Gebieten mit divergierenden Längsachsenrichtungen (Bereich südlich und südwestlich des Karpfenwinkels, südlicher Abschnitt des Kartenblattes) auf. Sie müssen folglich in einen Zusammenhang mit den Fließbedingungen des Gletschereises gesehen werden.

Die weit weniger deutliche Gestaltung des Südteils versteht man besser, wenn man die *Formung des gesamten Rückens zwischen dem Ammersee- und dem Starnberger Seebecken* verfolgt (Abb. 5). Das Eberfinger Drumlinfeld mit seiner klassischen Orientierung nach der Gletscherfließrichtung beschränkt sich auf den südlichen Teil des Riedels zwischen den Talungen des Ammersees und des Starnberger Sees. Der gesamte Rücken war ein Bereich verminderter Eisfließgeschwindigkeit und damit vermehrter Akkumulation. In der Eintiefung zwischen dem Andechser Höhenrücken im Norden und dem fast gleich hohen Rückenteil im Süden war die Eismächtigkeit über diesem Riedel am größten. Hier erreicht die Eisdynamik offensichtlich am leichtesten jenen Grenzwert, der zwischen Akkumulation und Erosion zur Entstehung von Drumlinfeldern führt. Die Bedingungen wechselten dabei mit der Eismächtigkeit. Unterschiedliche Eisdicken des aktiven Eises sind allein schon durch die verschiedenen Würmendmoränenstände (Maximum und erste Rückzugsphasen) (Abb. 5) belegt. Noch größer wird die Amplitude, wenn man auch die älteren Vereisungen mit einbezieht.

Die sichtbar günstigsten und auch am längsten andauernden Voraussetzungen für die Drumlinbildung herrschten im zentralen Blattgebiet, also in der tiefsten Einsenkung der Schwelle zwischen Ammerseebecken und Starnberger Seebecken. Das abrupte Ende des Drumlinfeldes im Norden fällt mit dem kräftigen Anstieg des Andechser Höhenrückens zusammen. Bis hier kann von Norden her an den Endmoränenständen der ersten Würm-Rückzugspha-

sen schrittweise das Eisfreiwerden des Höhenrückens verfolgt werden (Abb. 5). Mag sein, daß eine ursprüngliche Fortsetzung des Drumlinfeldes nach Norden unter den jüngsten dieser Endmoränen begraben liegt.

Südwärts jedoch ist das Drumlinfeld voll erhalten geblieben. In seinem südlichen Randbereich, der in das Blattgebiet hereinreicht, zeigen sich plumpere Formen und eine Häufung von Zwillingsbildungen sowie kleinräumige Änderungen der Längsachsenrichtung. Wir befinden uns in einem *von der Eismächtigkeit abhängigen Grenzgürtel der Drumlinbildung* mit Zeugen mehrfacher Formprägung. Allein schon bei den unterschiedlichen Eismächtigkeiten der hier wirksamen Würmgletscherstände muß die Divergenz der Eisfließrichtung durch die sich anbahnende Zungenteilung zum Ammersee- und Starnberger Seebecken hin nicht immer entlang dem gleichen Grenzbereich erfolgt sein. Die jüngste solche durch Drumlins abgebildete Divergenz der Eisfließrichtung läßt sich in einem Streifen vom Höllfilz (R 4445850, H 5299660) über den Bernrieder- (R 4445040, H 5301000) und Gallaweiher (R 4444240, H 5303400) nordnordwestlich bis Kampberg (R 4443300, H 5305500) verfolgen.

Die Betrachtung des *Längsprofils* der Rücken des Eberfinger Drumlinfeldes zeigt - vom Proximalende zum Distalende - im allgemeinen einen kurzen Steilanstieg mit Hangneigungen bis über 15°. Ihm folgt ein flacher, mehr oder weniger langer Anstieg zum Kulminationspunkt mit Hangneigungen um 5 bis 10°. Gegen Norden hin fällt der Rücken meist sanft geneigt ab und verläuft schließlich in der angrenzenden Grundmoränenlandschaft.

Bei den meisten Drumlins und drumlinähnlichen Formen befindet sich der *Kulminationspunkt* wie üblich in der vorderen, dem Gletscher zugewandten Hälfte des Rückens. Er kann sehr weit gegen die Mitte hin verschoben sein, wie z.B. bei der drumlinähnlichen Form nordöstlich des Kronbühls (R 4444400, H 5217500) oder den Drumlins nordnordöstlich von Wolfetsried (R 4443700, H 5297800), nordöstlich von Bauerbach (R 4442900, H 5302900) oder südwestlich des Neusees (R 4445100, H 5301900). Ausnahmen hiervon sind möglich. So zeigen folgende Formen einen in die distale Hälfte des Rückens versetzten Kulminationspunkt:

- Der Buckelsberg (R 4444600, H 5296400)
- der Drumlin 675 nordöstlich des Buckelsberges (R 4444800, H 5297000)
- die drumlinähnliche Form nordwestlich des Kronleiten (R 4444440, H 5297900)
- die drumlinähnliche Form beim Brandleiten (R 4441250, H 5302500)

- die drumlinähnliche Form nordöstlich Deutenhausen (R 4439200, H 5299500)
- der Drumlin 623 nordöstlich von Deutenhausen (R 4438840, H 5299900)
- die drumlinähnliche Form nordöstlich von Oppenried (R 4444740, H 5299400)
- der Drumlin nördlich von Bergknapp (R 4443250, H 5302100)
- die drumlinähnliche Form westlich des Leislesberg (R 4442640, H 5304250)
- die drumlinähnliche Form nordwestlich des Gallaweihers (R 4443640, H 5304000)
- der Drumlin nordöstlich des Nußberger Weiher (R 4444900, H 5300900)
- die drumlinähnliche Form südlich von Schmitten (R 4444900, H 5299900)
- die drumlinähnliche Form südlich von Adelsried (R 4446000, H 5301100)
- der Drumlin östlich des Neusees (R 4445640, H 5302600)
- die drumlinähnliche Form Fuchsberg (R 4445250, H 5304340)
- die drumlinähnliche Form östlich von Kampberg (R 4443760, H 5305300).

Mehrere Kulminationspunkte weisen folgende Drumlins und drumlinähnliche Rücken auf:

- Die drumlinähnliche Form südöstlich der Hübschmühle (R 4443360, H 5298900)
- die drumlinähnliche Form nordwestlich der Hübschmühle (R 4442900, H 5299500)
- die drumlinähnliche Form nordöstlich des Haarsees (R 4442000, H 5297600)
- der Drumlin südöstlich Deutenhausen (R 4439000, H 5298100)
- die drumlinähnliche Form östlich des Lerchenmooses (R 4445500, H 5298200)
- der Drumlin westlich von Wieser (R 4442100, H 5302300)
- der Drumlin östlich von Wieser (R 4442700, H 5302040)
- der Leislesberg (R 4442840, H 5304500)
- der Drumlin südlich des Gallaweihers (R 4444500, H 5302500)
- die drumlinähnliche Form östlich der Fischweiher des Bernrieder Weiher (R 4445600, H 5300600).

Die *Kulminationspunkte* können dabei über die gesamte Längsachse verteilt sein. Allgemein gilt, daß die Höhenlage des gesamten Drumlinfeldes von Süden nach Norden abnimmt.

In vielen Fällen tritt der *Kulminationspunkt* dadurch auffällig hervor, daß die Längskurve jenseits des *Kulminationspunktes* zum Distalende hin leicht konkav verläuft. Eine besonders deutliche Form eines solchen

„aufgesetzten Drumlins“ (ROSE & LETZER 1977) stellt der Rücken östlich des Gallaweiher (R 4444 400, H 5303400) dar. Auf einem breiten, langgestreckten, dammförmigen Drumlinsockel sitzt hier eindeutig eine kleinere Drumlinform auf. Die Längsachsen verlaufen parallel zueinander. In mehreren Fällen treten im Verlauf des Längsprofils aufgesetzter Drumlins weitere schwach ausgebildete Kulminationspunkte auf. Beispiele hierfür sind die Kreuthleite (R 4445900, H 5296800), der Drumlin südöstlich Deutenhausen (R 4439000, H 5298200) oder der „Lange Marnbacher“ (R 4439800, H 5299000).

Mit der Entstehung dieser Bildung haben sich vor allem ROSE & LETZER (1977) beschäftigt. Demnach treten aufgesetzte Drumlins dort auf, wo

- ein noch aktiver, doch bereits zurückschmelzender Gletscher durch eine Phase des Ausdünnens oder abnehmender Geschwindigkeit unterbrochen wird,
- Stadien aktiver Eisbewegung durch Stagnation getrennt werden oder
- nach einem raschen Eisschwund ein erneutes Vorrücken des Gletschers erfolgt.

Da bisher weitere Hinweise auf das Verhalten des würmzeitlichen Gletschers im Bereich des Eberfinger Drumlinfeldes fehlen, sind genauere Aussagen nicht möglich. Allerdings liegt hier die Vermutung nahe - ROSE & LETZER (1977) weisen mit ihren Annahmen in eine ganz ähnliche Richtung -, daß im gesamten Drumlinfeld bei verschiedenen mächtigen Gletscherständen unterschiedliche Strömungsbedingungen herrschten, wodurch sich die Voraussetzungen für die Drumlinbildung zeitlich veränderten. Dadurch bedingte mehrphasige Bildungen sind rein geomorphologisch überall im Blattgebiet zu erkennen.

Der Querschnitt der Drumlins und drumlinähnlichen Rücken des Eberfinger Drumlinfeldes zeigt im Gegensatz zum Verlauf des Längsschnittes charakteristische Unterschiede zu anderen Drumlinfeldern, was bereits ROTHPLETZ (1917) auffiel und womit sich EBERS (1926a) als erste auseinandersetzte. Während der Querschnitt üblicherweise symmetrisch ausgebildet ist, d.h. die Seitenhänge gleich stark geneigt sind, zeigt sich im Untersuchungsgebiet eine deutliche *Versteilung des Osthanges* gegenüber dem Westhang. So können die Osthänge Neigungen bis 40° aufweisen. Daraus ergeben sich Neigungsunterschiede von oftmals 15 bis 20°.

Oben begrenzt den versteilten Osthang im allgemeinen eine scharfe *Kante*. Ihr Verlauf ist normalerweise leicht geschwungen bis gestreckt und verläuft - wie auch das Streichen des steilen Osthanges - etwa pa-

rallel zur Firstlinie des Rückens. Dort, wo die Drumlinformen an ihrem Nordende nur noch eine geringe Höhe erreichen, endet der versteilte Osthang oft nischenförmig, noch bevor der Drumlin als solcher ausläuft. Beispiele hierfür sind der Drumlin 686 südöstlich des Hirschberges (R 4442900, H 5279100), der Drumlin östlich des Gallaweiher (R 4444500, H 5303400) oder der Drumlin westlich des Auweiher (R 4444800, H 5303900). Am Süden des Drumlins kann der Osthang in den Proximalhang übergehen, wie beispielsweise beim Hohenberg (R 4445300, H 5296500) oder dem Kranzberg (R 4441100, H 5297800).

Bei zahlreichen Formen ist eine der Ostkante entsprechende *Westkante* zu beobachten, die allerdings wesentlich weniger stark ausgeprägt ist, z.B. Drumlin 671 nordwestlich Wolfetsried (R 4443250, H 5298000), Drumlin nördlich Oppenried (R 4444500, H 5299800), Drumlin südlich des Gallaweiher (R 4444500, H 5302500). Die beiden Kanten verlaufen im allgemeinen symmetrisch zueinander, oft sogar fast parallel, so daß sich für die Drumlins und drumlinähnlichen Rücken ein dammartiger Querschnitt ergibt. So geht ein mittelsteiler Westhang mehr oder weniger rasch in einen flachen Kammbereich über, der im allgemeinen nur wenige Meter bis zu 20 bis 30 m breit ist. Erst jenseits der Kammlinie folgt mit scharf ausgebildeter Kante der Osthang. Beide Seitenhänge besitzen einen flachen Hangfuß, sofern sie nicht mit einem Hangknick gegen benachbarte Moorbereiche enden. Die Neigung der Drumlinseitenhänge wird mit abnehmender Höhe der Form, vor allem gegen das Distalende hin, rasch geringer. Am steilsten sind die Seitenhänge folglich im Bereich des Kulminationspunktes. Die Hangversteilungen - insbesondere die Osthangversteilungen - erscheinen immer als Zeugen der *jüngsten Erosionsvorgänge* an den Drumlins.

Eine besondere Ausbildung erfahren die Osthänge der Drumlins und drumlinähnlichen Formen bei den *Zwillings- und Mehrfachbildungen*, da die Versteilung der Osthänge an den westlichen Rücken erst ab einer gewissen Höhe voll ausgebildet ist. Kommen dagegen zwei oder mehrere Rücken direkt hintereinander zu liegen, so kann jede Form ihre eigene charakteristische Osthangversteilung aufweisen, wie dies z.B. bei der Mehrfachbildung westlich des Nußberger Weiher der Fall ist (R 4444000, H 5301000). Überschneiden sich die beteiligten Rücken in ihrem Grundriß, so zeigen sich folgende Unregelmäßigkeiten (EBERS 1926a:62f):

- Sind die Rücken hintereinander angeordnet, aber etwas seitlich versetzt, so ist der Osthang des westlichen Drumlins in der Regel nicht voll ausgebildet, wie z.B. bei der drumlinähnlichen

Form nördlich von Sonnenfeld (R 4440300, H 5297700).

- Liegen zwei oder mehr Drumlins oder drumlinähnliche Rücken nebeneinander - die Längsachsen können parallel zueinander verlaufen oder auch divergieren -, so ist die Osthangverteilung des westlichen Rückens nur dort ausgebildet, wo der Osthang deutliche relative Höhen erreicht.

Von entscheidender Bedeutung für die genetische Interpretation des Phänomens ist die Frage, inwieweit im Vergleich zu anderen Drumlinfeldern der Osthang als *versteilt*, bzw. der Westhang als *verflacht* anzusehen ist. DAVIS (1884:334) gibt für die Seitenhänge Neigungen zwischen 10 und 20° an, SIEGER (1893:62) dagegen Werte zwischen 13 und 18°. Dies würde im Untersuchungsgebiet stellenweise für eine Verflachung der Westhänge sprechen sowie für eine allgemeine Verteilung der Osthänge. Leider beschränken sich in der Literatur die geomorphographischen Angaben der Drumlins auf Länge, Breite und Abstand der Formen, so daß aus den wenigen zur Verfügung stehenden Angaben kein eindeutiger Schluß möglich ist.

Sicherlich auszuschließen ist eine nachträgliche Verteilung der Osthänge durch *nichtglaziale Erosionsvorgänge*. Für einen Angriff fluvialer Seitenerosion fehlt das entsprechende Gewässernetz. Flächenhafte Hangabtragung verlangt am Fuß der versteiltten Hänge eine entsprechende Akkumulation. Diese fehlt. Doch die Anschauung von EBERS (1926a, 1931, 1968), derzufolge durch eine Richtungsänderung des Gletschereises die Formen postsedimentär umgebildet wurden, kommt vielleicht der Ursache näher. Die scharfen Ostkanten freilich und besonders die Tat-

sache, daß der Oststeilhang häufig nicht das Südende des Drumlins erreicht, beispielsweise beim Drumlin östlich des „Langen Marnbachers“ (R 4439900, H 5299200), sind mit einer Schräganströmung des Eises nicht erklärbar. Und doch deutet hier die unbedingte Regelmäßigkeit der steilen Drumlin-Ostabfälle auf Zusammenhänge mit Veränderungen der Eisströmungsrichtungen hin.

EBERS (1926b:184) fand auch im skandinavischen Vereisungsbereich (Soizsee-Gebiet, Ostlivland) einen Beleg für das Phänomen der Osthangverteilung. Da hier im Gegensatz zum Untersuchungsgebiet der Gletschervorstoß von Norden nach Süden erfolgte, muß dies entweder als Zufall betrachtet werden, „... oder es muß sich um Kräfte handeln, die innerhalb des ganzen europäischen Glazialphänomens eine ostwestliche Richtung hatten“ (EBERS 1926b: 185). Damit ist die Frage nach den unterschiedlichen solifluidalen Verhältnissen an West- und Osthängen unter Dauerfrostbedingungen im ausgehenden Glazial gestellt.

Zahlreiche Untersuchungen der Neigungsverhältnisse an *asymmetrischen Tälern* im ehemaligen Periglazial- bzw. Glazialbereich Mitteleuropas zeigen, daß die auftretenden Steilhänge nach allen Richtungen orientiert sein können, eine West- bis Südexposition im allgemeinen aber bevorzugt wird (POSER & MÜLLER 1951, SCHLEGEL 1961, HELBIG 1965). Die Ursachen dieser Verteilung der Steilhänge bei Talasymmetrie in Mitteleuropa sind jedoch noch umstritten (EMBLETON & KING 1975b:13). Die Auswertung der Orientierung der versteiltten Osthänge der Drumlins und drumlinähnlichen Rücken im Untersuchungsgebiet ergibt eine Gaußsche Normalverteilung mit einem Maximum bei 70 bis 71° (Abb. 9). Dies entspricht einer bevorzugten Exposition, die den

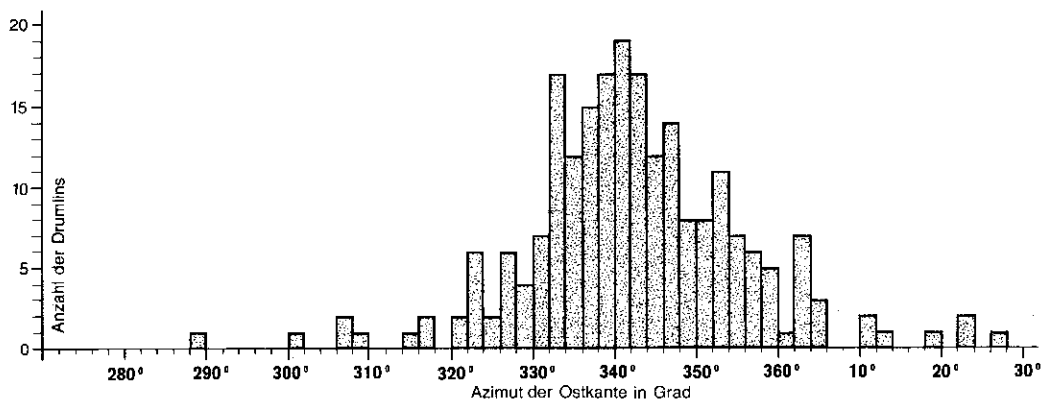


Abb. 9: Häufigkeitsdiagramm der Exposition der Ostkante von Drumlins und drumlinähnlichen Formen. Gesamtzahl der betrachteten Drumlins: 218.

Beobachtungen an asymmetrischen Tälern eindeutig widerspricht.

Ob es sich bei der Osthangverteilung um eine *synsedimentäre* Erscheinung handelt oder nicht, ist in Ermangelung von Aufschlüssen nicht zu entscheiden. In der Literatur findet sich lediglich der Hinweis auf einen Aufschluß an einem kleinen Drumlin am Süden von Magnetsried, wo die Schicht- bzw. Schüttungsneigung auf der Ostseite bis in den Kern hinein deutlich steiler ist als auf der Westseite (PENCK 1882:119, Fig. 3, ROTHPLETZ 1917:207f, Fig. 16), wobei aber ROTHPLETZ die Ursprünglichkeit dieser Lagerung anzweifelt.

Eine Beziehung zwischen der *Drumlinentstehung* und der Ausbildung der *Osthangverteilung* lassen die Verteilungen der Längsachsenorientierung und der Exposition des Osthangs vermuten. Die beiden Häufigkeitskurven (Abb. 7 und 9) gleichen einander in ihrem Verlauf in vielen Punkten. Dies gilt auch für die auftretenden sekundären Maxima. Die Auswertung der Winkel zwischen der Ostkante und der Längsachse der Drumlins und drumlinähnlichen Rücken zeigt eine Gaußsche Normalverteilung mit einem stark ausgeprägten Maximum bei 0° (Abb. 10). Von der Normalverteilung abweichende Winkel über 14° treten bei folgenden Formen auf:

- Hohenberg (R 4445300, H 5296400)
- Drumlin nördlich des Holzerbergs (R 4444300, H 5298150)
- drumlinähnliche Form westlich Wolfetsried (R 4443650, H 5297200)

- Drumlin nordwestlich von Wolfetsried (R 4443700, H 5298000)
- Galgenbühel (R 4443850, H 5298300)
- Hirschberg (R 4442500, H 5297450)
- Drumlin südlich Magnetsried (R 4443000, H 5298400)
- drumlinähnlicher Rücken südlich der Holzmühle (R 4442400, H 5300400)
- Drumlin nordöstlich des Stückelholzes (R 4441100, H 5297800)
- Drumlin nordwestlich des Rauchmooses (R 4439800, H 5302300)
- Drumlin westlich des Lerchenmooses (R 4445100, H 5298200)
- Fisselberg (R 4442250, H 5304300)
- Drumlin östlich des Leislesberg (R 4443100, H 5304400)
- Drumlin östlich des Bernrieder Weihers (R 4445200, H 5301000)
- Drumlin westlich von Hapberg (R 4445800, H 5303200)
- Drumlin nördlich des Schergenweihers (R 4444700, H 5303500)
- drumlinähnliche Form westlich von Höhenried (R 4445650, H 5304100).

Diese Formen sind im wesentlichen konzentriert auf den südlichsten Bereich des Drumlinfeldes westlich des Grünbachtals und südlich der Straße Weilheim-Seeshaupt. Eine weitere Häufung zeigt sich daneben im Nordosten des Kartenblattes. Die starke Divergenz zwischen Längsachsen- und Ostkantenverlauf tritt vor allem am Süden der Drumlins und drumlinähnlichen Rücken auf. Ausnahmen hiervon

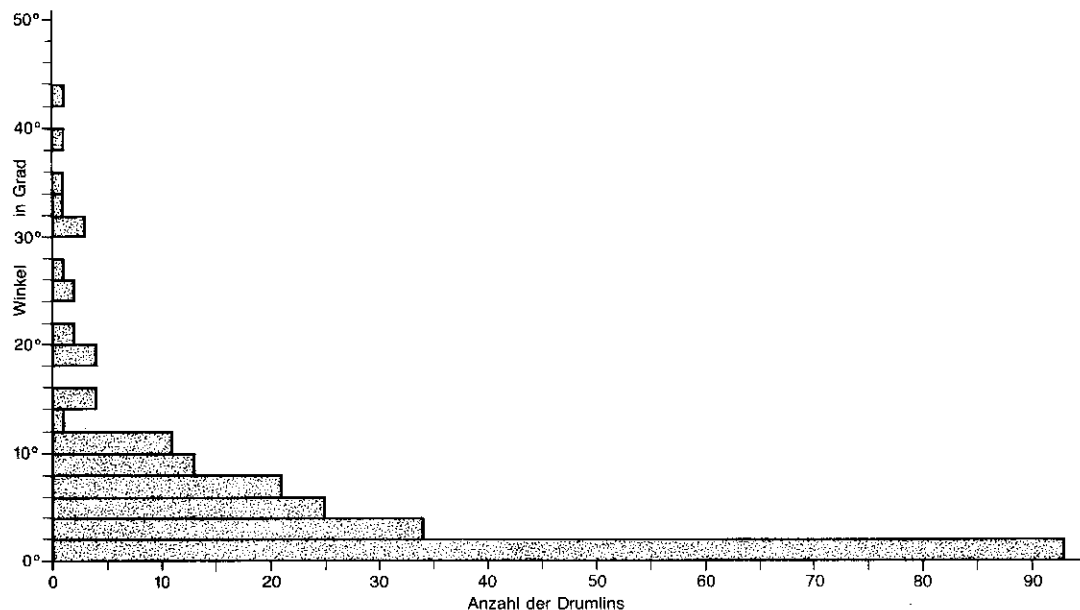


Abb. 10: Häufigkeitsdiagramm des Winkels zwischen Ostkante und Längsachse von Drumlins und drumlinähnlichen Formen. Gesamtzahl der betrachteten Drumlins: 218.

bilden der Drumlin südlich von Magnetsried, der drumlinähnliche Rücken südlich der Holzmühle, der Drumlin westlich des Lerchenmooses und der Drumlin östlich des Bernrieder Weihers.

Ein Bereich besonderer Ausprägung befindet sich im südöstlichen Teil des Blattes in der Umgebung von Oppenried (R 4444600, H 5299200) südlich der Straße Seeshaupt-Weilheim. Ausgehend von dem kryogenen Tälchen westlich der drumlinähnlichen Form südlich Schmitten (R 4444900, H 5299900) steigt das Gelände treppenförmig nach Westen hin bis Oppenried an. Da die Westhänge der einzelnen Formen nur gering nach Westen geneigt sind, zeigt dieser Abschnitt des Drumlinfeldes eine Ähnlichkeit zu den von STALKER (1960) zu den icepressed forms gestellten *moraine plateaux*. Das Aufpressen von Grundmoränenmaterial am Rand abschmelzenden Eises scheint hier zumindest als ein möglicher Faktor in Betracht zu kommen.

Zusammenfassend zeigt sich, daß bei der Erklärung der *Osthanggenese* zahlreiche verschiedenartige Erscheinungen berücksichtigt werden müssen. Nur eine Auseinandersetzung mit der Frage, worin die Besonderheiten des Eberfinger Drumlinfeldes im Gegensatz zu anderen Vorkommen liegen, kann weiterhelfen, die Asymmetrie der Rücken zu erklären. Lage und Dynamik des Gletschers oder auch die Vorgänge während des Abtauprozesses kommen hierfür in Betracht.

Ein Aspekt, dem bisher sicherlich zu wenig Beachtung geschenkt wurde, ist die Gestaltung der *Drumlinzwischenbereiche*. Sie werden oftmals als „negative Drumlins“ bezeichnet und als geräumige Talfurchen beschrieben, die über niedrige, kaum merkliche Wasserscheiden miteinander in Beziehung stehen. Entsprechend ausgebildete Räume treten östlich und nördlich von Marnbach oder auch rechts und links des Grünbachtals auf. Im nördlichen Blattbereich dagegen nehmen ausgedehnte Moorflächen die Zwischenbereiche ein. Da Bohrungen fehlen, sind hier keinerlei Aussagen über die Gestaltung des Untergrundes möglich. Um so interessanter stellt sich der südliche Blattbereich dar. Hier sind Toteiskessel vorherrschend, wie beispielsweise in der Umgebung des Drumlins südöstlich des Hirschberges (R 4442900, H 5297100). Kleinere Plateaus, teils aufgelöst in Kuppen- oder Kesselfelder ziehen sich ausgehend vom südlichen Kartenrand von der Straße Schallern-Arnried (R 4443400, H 5296300) nach Nordnordosten bis zu dem südwestlich von Magnetsried gelegenen Kalkofenholz (R 4442100, H 5298300).

Auffallend ist, daß dieser Abschnitt des Eberfinger Drumlinfeldes genau in der Mitte zwischen dem Sonnenfelder-Angerbachtal und dem Grünbachtal zu

finden ist. Ob und inwieweit eine genetische Beziehung zwischen diesen Tälern und den Toteisbildungen des südlichsten Blattbereiches besteht, darüber können nur Vermutungen angestellt werden. Festzuhalten ist, daß im südlichen Kartengebiet im Drumlinfeld *Toteiszerfall*, der sicherlich Auswirkungen auf die Gestaltung der Drumlins besaß, formbildend war. Auch die drumlinähnliche Form südwestlich von Arnried (R 4443200, H 5296500), deren plateauartig ausgebildeter höchster Bereich im einzelnen von Schalen, schmalen Rücken und Kuppen eingenommen wird, fällt in diesen Bereich. Sie stellt eine Besonderheit innerhalb des Eberfinger Drumlinfeldes dar.

Besonders schön ausgebildet ist im südlichen Teil des Blattes die *kryogene Überformung*. Aus zahlreichen Dellen heraus entstanden, oftmals mit einer Stufe abgesetzt, kleine, teils asymmetrische Kastentälchen, die heute größtenteils trocken gefallen sind oder nur in ihrem unteren Streckenabschnitt einen kleinen Bach beherbergen. Die Zwischenbereiche V-förmig miteinander verwachsener Drumlins sind häufig dellentartig ausgebildet, und bei entsprechender Länge und Höhe können sich hier 4 bis 5 m tief eingeschnittene Kastentälchen entwickeln, wie z.B. beim Drumlin westlich des Buckelsberges (R 4444100, H 5296500) oder nördlich des Kalkofenholzes (R 4442000, H 5298800).

Beachtung verdienen ferner die *Entwässerungsverhältnisse* in dem Gebiet zwischen dem Hirschberg (R 4442400, H 5297500) und der Ortschaft Marnbach (R 4439400, H 5298500). Südlich des Hirschberges finden wir ein vom Sonnenfelder Tal geköpftes Tal (R 4441500, H 5296400), das ursprünglich zwischen dem Stückelholz und dem Kranzberg (R 4440900, H 5297700) nach Norden entwässert haben dürfte. Alte Terrassenreste und Erosionskanten finden sich vor allem am Westhang des Tales. Nördlich des Stückelholzes an der Straße Seeshaupt-Weilheim entstand ein Umlaufberg (R 4440600, H 5298200), dessen Umlaufrinne heute von Dellen geprägt wird. Inwieweit die Anlage des Tales bereits unter glazifluvialen Verhältnissen erfolgte, läßt sich lediglich vermuten. Als letztes Ereignis hier erfolgte die Schüttung zweier Schwemmkegel in das Tal (R 4440900, H 5297600), die nicht mehr erodiert werden konnten und so als Wasserscheide erhalten blieben.

Nischen, vor allem im Bereich der steilen Osthänge der Drumlins wie z.B. an der Kreuthleiten (R 4445900, H 5296800), am östlichen Drumlin der Wiesberge (R 4442300, H 5297200) oder am Galgenbühl (R 4443850, H 5298350) weisen auf spätglaziale Rutschungsvorgänge hin. Der Abtragungsbeereich endet nach unten in vielen Fällen mit einer

mehr oder weniger scharfen Kante oft mitten am Hang (z.B. Kreuthleiten). Entsprechende Akkumulationsformen am Fuß des Hanges sind nur in Ausnahmefällen zu beobachten. Wenn jedoch die Versteilung und Kantenbildung durch das Eis verursacht wurde, so hat der Gletscher das abgetragene Material weggeführt.

Die Osthänge der Drumlins sind in vielen Fällen von einem *kuppigen Kleinrelief* überzogen. KOHL (1951) und ENGELSCHALK (1971) deuten sie als Reste von Buckelfluren. Die Buckel sind teils wie kleine Terrassen, teils mit Gegenanstieg ausgebildet. Sie sind etwa 30 cm hoch, häufig schräg zur Fallinie angeordnet, besitzen einen ovalen Grundriß und sind durchschnittlich 5 m lang (ENGELSCHALK 1971: 22f). Ihre Entstehung wird kryogenen Klimabedingungen zugeschrieben.

4.2.2.2 Wall- und Ufermoränen sowie unbestimmbare Vollformen

End- und Ufermoränen kommen im Blattbereich nur ausnahmsweise vor. Da Aufschlüsse fehlen, können sie nur geomorphologisch erfaßt werden, nämlich dort, wo sie als *Wallmoränen* ausgebildet sind. Als charakteristische geomorphographische Eigenschaften können die kuppige Ausbildung, die fehlende Stromlinienform, der versteilte Innenhang oder die Lage quer zur Fließrichtung des Eises gelten. Die so auskartierte Moränenwälle verlieren sich entweder in der wenig differenzierten Grundmoränenlandschaft oder finden ihre Fortsetzung in Vollformen, die stromlinienförmig gestaltet sind und deshalb im Rahmen der Arbeit als drumlinähnliche Rücken auskartiert wurden. Diese müssen hier folglich als nicht eindeutig bestimmbare Übergangsformen zwischen den Drumlins und den Wallmoränen betrachtet werden. Der Begriff der End- und Ufermoränen wird hier damit sehr viel enger gefaßt als in der Literatur (ROTHPLETZ 1917, EBERS 1926a).

Zeugen eines Moränenstandes am nördlichen Kartenrand finden sich bei Diemendorf (Höhenberg R 4441 300, H 5305900). Von hier zieht in nordwestlicher Richtung eine teils in zwei Wälle aufgespaltene Endmoräne, die westlich des Majestätweiher den nördlichen Kartenrand erreicht. Ihre Fortsetzung findet sie in der über das Hochschloß Pähl nach Norden verlaufenden Ufermoräne des ehemaligen Ammerseegletschers. Dieser *Diemendorfer Moräne* entspricht im Bereich des Starnberger Gletschers die Tutzinger Moräne, die von ROTHPLETZ (1917) am Südostrand des Anstieges zum Andechser Höhenrücken gefunden wurde (Abb. 5); eindeutige Moränenwälle konnten dort aber im Rahmen der Arbeit nicht auskartiert werden.

Ebenfalls im Gelände nicht klar lokalisierbar (RAFFLER 1980:84) ist der darauffolgende Gletscherstand, die sogenannte *Pähler Endmoräne*. Sie beginnt nach ROTHPLETZ (1917:195) bei Rösslberg im Nordwesten des Drumlinfeldes und verläuft über Pähl zum Ufer des Ammersees.

Sehr viel ausgedehntere Vorkommen von Wallmoränen konnten im Osten des Eberfinger Drumlinfeldes erfaßt werden. Diese zum ehemaligen Starnberger Gletscher gehörenden Ufermoränen beginnen nördlich der Seeshauptterrasse westlich des Bahnhofs Seeshaupt, wo sie deutlich als zwei Wälle ausgebildet sind. Der westliche der beiden, die *Höhenrieder Moräne*, zieht von hier aus der Bahnlinie folgend über Adelsried (R 4446120, H 5301600) nach Norden, während die weiter innen gelegene *Bernrieder Moräne* in Richtung Seeseiten (R 4446840, H 5300000) verläuft, wo sie als eindeutiger Moränenwall endet. Schließlich sind im Nordwesten der Höhenrieder Moräne Stücke dreier weiterer Wälle südlich und östlich des Neusees (R 4445280, H 5302500) erkennbar.

Von ROTHPLETZ (1917) und EBERS (1926a) werden diese Ufermoränen sehr viel weiter verfolgt. So verläuft nach ROTHPLETZ (1917) nördlich des Seeseitbaches (R 4446460, H 5300200) die Höhenrieder Endmoräne in zwei Wällen westlich der Bahnlinie, während die Bernrieder Moräne östlich der Bahnlinie sich V-förmig gabelt (Abb. 5). Nach EBERS (1926a:68, Karte), die die Kartierung nach Norden hin fortsetzte, nehmen die Ufermoränen den gesamten Bereich östlich einer Linie ein, die vom Salzstein im Süden (R 4445860, H 5298280) über das Höllfilz (R 4445860, H 5299600), das Niedermoor südlich des Neusees (R 4445220, H 5301600) und den Neusee nach Norden verläuft und schließlich östlich am Fuchsberg (R 4445280, H 5304200) vorbeiziehend den Karpfenwinkel erreicht. Auch der drumlinähnliche Rücken südöstlich des Auweiher (R 4445040, H 5303600) wird von EBERS (1926a: 68, Karte) als Moränenwall betrachtet.

Im Bereich des *Bernrieder Vorsprungs* sind die Verhältnisse sehr schwierig zu erklären. So werden bereits bei ULE (1901) beschriebene *Terrassen* von ihm als Ufermoränen gedeutet. Es handelt sich nach EBERS (1926a:68) um breite, flache Wälle, die dem Hang zum See angelagert sind. Sie fallen an ihrer Westseite nur sanft ab oder gehen direkt in den Hang über, so daß ihre Lage oft nur durch einen Geländeknick angedeutet wird. Diese Hangstufen verlaufen in verschiedenen Höhenlagen, meist parallel zum Seeufer und weisen Längen um 250 m auf. Durchgehende Systeme lassen sich nicht verfolgen. Es dürfte sich hierbei um Reste von Eisrandbildungen handeln, aber nicht um aktiv vom Gletscher geschaffene wie etwa Ufermoränen.

Inwieweit es sich bei einzelnen Stufen um Eisrandzeugen oder Kliffbildungen handelt, ist ohne Aufschlüsse nicht zu entscheiden. So weist ROTHPLETZ (1917:231) auf einen längeren Wasserstand bei 603 m NN hin, während EBERS (1926a:82) in den unteren Partien erbohrten Seeschlick beschreibt. Dagegen zeigt die heute verfallene Bernrieder Kiesgrube (R 4447540, H 5302800) in ca. 610 m NN horizontal geschichteten Schotter mit teils zu Konglomeraten verfestigten Kiesbänken. Geomorphologisch ist diese Bildung von der Grundmoräne nicht zu trennen; im Osten bricht sie in unregelmäßiger Böschung steil gegen den See hin ab (EBERS 1926a: 69, 73f).

Um mögliche weitere Moränenstände innerhalb des Eberfinger Drumlinfeldes handelt es sich bei den als *unbestimmbare Vollformen* ausgeschiedenen Hügeln und Rücken. Es sind besonders auffällige Formen, die weder als Drumlins oder drumlinähnliche Rücken, noch als Wallmoränen im obigen Sinn auskartiert werden konnten. Folgende Vorkommen treten auf:

- Zwei kleine Hügel (R 4440000, H 5303220) am *Nordrand des Rauchmooses* im Nordwesten des Drumlinfeldes: auffällig ist vor allem ihre westöstliche Ausrichtung. Inwieweit es sich um Moränenwälle handelt, ist ungewiß.
- *Zwei Rücken östlich von Bauerbach* (R 4443 240, H 5302900), die sich in nordöstlicher Richtung bis Flacht erstrecken: Besonders hervorstechend ist ihr bogenförmiger Verlauf, der in starkem Gegensatz zur Ausrichtung der Drumlins steht. Neben der Orientierung weist nach RAFFLER (1980:86f) vor allem die unruhige Oberflächengestaltung auf einen Moränenwall hin. Ein bei EBERS (1926:74f) beschriebener Aufschluß bei Flacht zeigt allerdings deltaartig-geschichtete Kiese und Sande, deren Schichten teils wellig verbogen sind, stark nach Osten einfallen und schließlich nach oben zu in horizontale Lagerung übergehen.
- Eine stark von Toteislöchern durchsetzte *Kuppe am westlichen Kartenrand* nordwestlich von Deutenhausen (R 4438740, H 5301060): von EBERS (1926a:70, Karte) wird diese Form zusammen mit den östlich anschließenden Rücken als Ufermoränenlandschaft eines Gletschers angesehen, der von Südosten vorstoßend das Eberfinger-Drumlinfeld schuf („Eberfinger Gletscher“). Da die Annahme eines solchen Gletschers abgelehnt werden muß und nichts gegen die Zugehörigkeit dieser „Ufermoränen“ zum Eberfinger Drumlinfeld spricht, muß die

auskartierte unbestimmte Vollform als ältere, vom Eis überfahrene Restform betrachtet werden.

- Die Reste eines *Rückens nordöstlich von Sonnenfeld* am Rand des Sonnenfelder Tales (R 4440 660, H 5297180): Da die ursprüngliche Form nicht mehr erkennbar ist, konnte die Kuppe nur als unbestimmte Restform dargestellt werden.

Als weitere Wallmoränen werden im Südwesten des Arbeitsgebietes der Höhenzug am südlichen bzw. westlichen Rand des Angerbachtales und die Kuppen zwischen dem Angerbach- und dem Sonnenfelder Tal angegeben (Abb. 5) (TROLL 1938). Sie gelten als die östliche Fortsetzung der *Weilheimer Moräne*, eines Rückzugsstadiums des Ammerseeegletschers. Von PENCK & BRÜCKNER (1909:337) zunächst dem Bühlstadium zugeschrieben (AIGNER 1913, ROTHPLETZ 1917), wurden sie von TROLL (1936: 7) seinem Ammerseestadium zugeordnet. Einzelne Rücken dieses „Endmoränenwalles“ weisen jedoch Drumlin- bzw. drumlinähnliche Formen auf, worauf bereits ROTHPLETZ (1917:213) hinwies. Durch das Einschneiden der Täler und die Seitenerosion der damaligen Flüsse im Angerbach- und Sonnenfelder Tal sind etwaige Übergangsformen des südwestlichen Arbeitsgebietes zum Eberfinger Drumlinfeld beseitigt worden. Andererseits spricht die Verbreitung der sandig-kiesigen Grundmoräne in diesem Bereich nach GROTTENTHALER (1983) für eine Endmoräne. Hingegen läßt die Oberflächenformung dieses Gebietes keine typischen Wallmoränen erkennen.

4.2.2.3 Das Grünbachtal und das Angerbach-Sonnenfelder Tal

Glazifluviale Täler sind im Bereich des Blattes das Grünbachtal, das Angerbach-Sonnenfelder Tal und das Ellmanner Tal (vgl. 4.2.2.4). Sie besitzen eine Schotterverfüllung und unterscheiden sich geomorphologisch durch ihre große Breite von den übrigen Tälern des Arbeitsgebietes. Die heute in ihnen fließenden Bäche stehen in keiner Beziehung zur Talgröße. Auf sie bezieht sich auch kein regelmäßiges, fächerförmiges Netz kleinerer Zubringer. Dies und die deutliche Übertiefung zeigen allein schon, daß diese Talungen nicht das Ergebnis eines kontinuierlichen Talbildungsprozesses sind.

Das *Grünbachtal* nimmt seinen Anfang im Bereich des Kronfilzes (R 4445300, H 5297800) in knapp 630 m NN. Ein eigentlicher Talanfang fehlt. Ca. 250 m breit und rund 30 m eingetieft durchzieht

dieses Tal das Drumlinfeld in nordnordwestlicher Richtung. Während der südliche Abschnitt den Charakter einer weiten Talmulde zeigt, verengt sich das Grünbachtal ab der Holzmühle (R 4442500, H 5301000) auf ca. 125 m und wird nun von gut ausgebildeten Prallhängen begleitet. Gleichzeitig steigt die Höhe der Talflanken auf 40 bis 50 m an. Bei einer Mindestmächtigkeit der Schotter von 25 m (EBERS 1926a:76) bedeutet dies eine Eintiefung von mehr als 70 m in den anstehenden Flinz.

Da die Hänge bis zur Talsohle mit Grundmoräne verkleidet sind, gilt das Tal zumindest seiner Anlage nach als *präwürmglazial* (EBERS 1926a:81). Es endet schließlich in knapp 570 m NN bei Wilzhofen am nordwestlichen Rand des Eberfinger Drumlinfeldes. Ein mächtiger Schwemmkegel, der den nordwestlichen Blattbereich einnimmt, hat sich aus ihm zum Ammerseebecken hin entwickelt.

Deutlich ausgeprägte Terrassen fehlen im Grünbachtal. Südwestlich von Oppenried sind die Reste eines *älteren Niveaus* ca. 15 m über dem heutigen Talboden zu beobachten (R 4444160, H 5298900). Ein Aufschluß zeigt unter 1 m mächtiger Grundmoränenbedeckung 45 cm Ton über schlecht geschichteten Schottern, Kiesen und Sanden.

Interessant ist ferner eine ca. 630 m NN hoch gelegene *breit entwickelte Verflachung* am linken Talrand (R 4442500, H 5300500) südlich der Holzmühle. Inwieweit es sich hier um Reste einer alten, vielleicht vom Eis überprägten Talterrasse handelt, muß allerdings offen bleiben.

Auf *aktive Bewegungen des Eises* im Grünbachtal läßt ein dem Fischberg angelagerter Wall schließen (R 4444300, H 5298200). Er verläuft divergent zur Kammlinie des Fischbergs im höchsten Bereich des Talhangs. Daneben treten am Galgenbühel (R 4444000, H 5298900) und am Drumlin nördlich des Holzerberges (R 4444300, H 5298200) Hangkanten auf, die rasch in Talrichtung abfallen und deren Kantenverlauf und Höhe nicht aus dem Anschnitt dieser Vollformen erklärt werden können. Es handelt sich um Eisrandkanten, die einen beim Rückzug schwach oszillierenden Gletscher andeuten.

Auffallend sind im Gegensatz zum Angerbach-Sonnenfelder Tal die zahlreichen in das Grünbachtal geschütteten *Schwemmkegel* aus Lehmen und Sanden mit einzelnen kantengerundeten Steinen. Das Material stammt überwiegend aus Kastentälern, die unter kryogenen Bedingungen angelegt wurden und deren Sohlen heute teils noch von kleinen Bächen benutzt werden, wie z.B. das Kronleitener Tälchen (R 4444550, H 5297800) oder der Seitengraben nördlich des Hohenberger Hügels (R 4442460, H 5299900).

Auf die zahlreichen Rutschungserscheinungen im nördlichen Abschnitt des Tales (nördlich der Holzmühle) wurde bereits hingewiesen (vgl. 3.1).

Ein weiteres schotterverfülltes Tal des Arbeitsgebietes, das *Angerbach-Sonnenfelder Tal* ist in seinem südlichen Abschnitt in die von Grundmoräne überdeckten würmzeitlichen Vorstoßschotter eingetieft. Eine Quelfassung am Nordrand des Hechenberges (R 4437680, H 5299080) zeigt, daß die Talfurche hier darüberhinaus 8 m in den Flinz eingesenkt ist (REUTER 1909 zitiert nach ROTHPLETZ 1917: 157).

Auf weiten Strecken wird das Tal von 20 bis 30 m hohen Talhängen begleitet; größere Zuflüsse fehlen. Anders als beim Grünbachtal lassen sich innerhalb des Angerbach-Sonnenfelder Tals mehrere *Terrassen* unterscheiden. Das höchste Niveau weist der nördlichste Bereich des Angerbachtales auf (R 4437700, H 5300000). Reste dieser Terrasse sind am nördlichen Talrand bei der heute als Mülldeponie dienenden Kiesgrube nördlich von Deutenhausen aufgeschlossen (R 4438380, H 5299650). Das nächsttiefere Niveau, das heute die größte Fläche aufweist, ist am linken Talrand nur nördlich und nordöstlich des Eichberges (R 4438380, H 5298380) zu finden. Am rechten Talrand nimmt es die Schotterbereiche zwischen dem Angerbach- und dem Sonnenfelder Tal ein und läßt sich von hier nach Marnbach und nördlich an Deutenhausen vorbei bis zum westlichen Kartenrand verfolgen.

Erneut einsetzende Erosionsvorgänge bezeugt das *randliche Kastental* im Bereich des Sonnenfelder Tales (R 4440440, H 5297040). Es mündet in das Angerbachtal, dessen heute ca. 5 m tiefer gelegene Talsohle noch von Schmelzwässern durchflossen wurde, als das Sonnenfelder Tal bereits trockengefallen war. Bei Deutenhausen finden wir innerhalb dieses Niveaus eine *Kalktuffschwelle* (vgl. 3.1, Abb. 2), die sich rund 5 m über den Talboden erhebt und vom heutigen Angerbach in einem kleinen Einschnitt überwunden wird. Hier erreicht das Tal seine größte Breite mit über 1 km.

4.2.2.4 Die Seeshaupter Terrasse und das Osterseegebiet

Das Schottergebiet der *Seeshaupter Terrasse* erstreckt sich im Westen der Osterseen vom Starnberger See im Norden bis an den südlichen Kartenrand. Östlich der Osterseen findet es seine Fortsetzung in der *Staltacher Terrasse*, deren nördlichster Zipfel gerade noch in das Arbeitsgebiet hereinreicht (R 4448000, H 5296000). Im Osten enden beide Terrassen auf weiten Strecken mit einem Steilabfall gegen die Oster-

seen hin; seine Höhe erreicht westlich des Gröbensees 12 m. Südlich des Gartensees löst sich diese Steilkante allerdings zusehends auf, und schmale, anmoorige Niederungen trennen einzelne blockartige Erhebungen vom übrigen Schottergebiet ab (z.B. zwischen Stech- und Lustsee).

Die Seeshaupter Terrasse und das Osterseeengebiet wurde bereits von MUNTHE (1911) als typische *Kames-Landschaft* erkannt. Während des Eiszerfalls beim Rückzug der Starnberger Gletscherzunge in das Stammbecken des Kochelsees (C. TROLL 1938) im Spätglazial erfüllten Eismassen die Moorgebiete südlich des Starnberger Sees (*stagnant ice*) (EMBLETON & KING 1975a:500). Schmelzwässer schütteten, ausgehend von der Pforte, die sich zwischen dem Molassezug von Frauenrain-Johannisrain und der Grundmoränenplatte nördlich von Habach öffnet (rund 7 km südlich des Blattgebietes), Schotter, Kiese und Sande nach Norden (Antdorfer Stufe). Zwischen der *Toteisverfüllung* des südlichen Starnberger Beckens und dem höhergelegenen Eberfinger Drumlinfeld entstand eine Kamesterasse, deren steiler Osthang den Eisrand nachzeichnet. In ihrem nördlichen Abschnitt waren Deltaschichten aufgeschlossen (ROTHPLETZ 1917:178). Die Terrasse endet hier mit einem Steilabfall zum Starnberger See. Zum Erliegen kam die Sedimentzufuhr in diesem Gebiet erst zur Zeit der Penzberger Stufe, als den Schmelzwässern südlich von Antdorf der Weg nach Osten nicht mehr durch Eismassen versperrt war (C. TROLL 1938).

Da die Eisverfüllung des südlichen Starnberger Beckens nur randlich angeschüttet wurde und erst abschmolz, als die Zufuhr von Schottern bereits beendet war, entstanden größere *Toteisformen*, die heute vom Frechensee und den Osterseen eingenommen werden. Die Osterseen stehen damit in keinem unmittelbaren genetischen Zusammenhang mit dem Starnberger See; sie sind jünger als dieser. Überschüttetes Toteis führte im Bereich der Seeshaupter Schotterterrasse zur Ausbildung eines *Kesselfeldes*; es erstreckt sich etwa südlich einer Linie, die bogenförmig vom Punkt 600 (R 4447360, H 5298240) westlich des Gartensees zur Kreuthleite (R 4445900, H 5296780) verläuft. Während im westlichen Randbereich des Kesselfeldes langgestreckte Einsenkungen mit einer Nord-Süd-Achse vorherrschen, sind nach Osten hin zunehmend rundere Formen entwickelt. Die größten Kessel mit Durchmesser von nahezu 100 m und einer Tiefe von über 10 m finden sich südlich des Frechensees. Zwischen den einzelnen Hohlformen sind hier mehr oder weniger scharfkantige Rücken ausgebildet, die meist eine nordnord-östliche Richtung aufweisen.

Von den 21 *Osterseen* liegt nur die nördliche Seen-Gruppe (nördlich der Bahnlinie) innerhalb des Ar-

beitsgebietes. Anhand von Luftbildern läßt sich erkennen, wie die Seebecken häufig aus mehreren Hohlformen bestehen (BODECHTEL 1965). Die einzelnen Toteisformen zeigen dabei eine auffällige Orientierung in ihrer Längserstreckung entsprechend der Schüttungsrichtung und den Eiszerfallsstrukturen.

Tiefenlotungen zeigen (ZORELL 1940/41), daß fast alle Seen Halden mit einer Böschung von 20 bis 25° Neigungen aufweisen, ja daß sogar maximale Werte bis 30° auftreten können. Es fällt der gerade Verlauf der Tiefenlinien auf der Ostseite des Stech- und Gartensees auf (Abb. 11). Eine morphometrische Übersicht (Tab. 4) der nördlichen Osterseen zeigt für den Gröben-, Lust- und Gartensee annähernd gleiche Wasservolumina. Möglicherweise handelt es sich hierbei um eine Gesetzmäßigkeit des Eiszerfalls (ZORELL 1940/41).

Tab. 4: Geomorphometrische Übersicht der nördlichen Osterseen (nach ZORELL 1940/41).

	größte Tiefe	mittl. Tiefe	Fläche	Wasser- inhalt
	(m)	(m)	(km ²)	(1000 m ³)
Stechsee	15,2	6,45	0,0754	486,8
Lintensee	4,7	2,11	0,0030	8,4
Gröbensee	15,2	5,83	0,0607	353,8
Lustsee	18,0	6,85	0,0592	389,4
Kleiner Gartensee	8,1	3,02	0,0040	12,0
Gartensee	13,7	4,97	0,0746	371,1
Ursee	11,8	5,04	0,0221	111,5

Im Bereich des Osterseeengebietes und randlich davon erwähnt ROTHPLETZ (1917:225, Karte) ohne nähere Beschreibung vier *Oszüge* innerhalb des Arbeitsgebietes. Ein Teil erstreckt sich von der Lichtbrücke (R 4447400, H 5296000) in nordwestlicher Richtung zum Südost-Ende des Frechensees. Hier zweigt ein Strang ab zum Lustsee und verläuft am Rand der Kamesterasse bis zum Südennde des Gartensees. Der andere Teil nimmt das Gebiet zwischen dem Ostufer des Frechensees und der Bahnlinie ein; er endet ca. 500 m nördlich des Frechensees. Ein weiteres Vorkommen zieht von der Lichtbrücke nach Norden und findet seine Fortsetzung am Südwest-Ende des Stechsees.

Inwieweit es sich hier um echte Oser handelt oder um *esker-like ridges* (crevasse fillings: FLINT 1928: 415), die eng mit den Kamesbildungen verknüpft sind, läßt sich in Ermangelung von Aufschlüssen schwer entscheiden. Entstehen Oser in den überwie-

genden Fällen subglazial oder englazial durch Schmelzwasserablagerungen, so sind esker-like ridges als Spaltenverfüllungen von oben her zu betrachten (FLINT 1928, EMBLETON & KING 1975a:471).

Aufgrund der vorliegenden geomorphologischen Kartierung neigen wir eher dazu, die von ROTHPLETZ (1917) als Oser betrachteten Formen als crevasse fillings anzusprechen. So zeigen die Vorkommen bei der Lichtbrücke und südwestlich des Gartensees sowie die Rücken im Südosten des Frechensees und südwestlich des Stechsees einen flachen höchsten Bereich, der von Schalen oder Kesseln durchsetzt ist und in seiner Höhe dem Niveau benachbarter verkesselter Kamesablagerungen entspricht. Langgestreckte schmale Rücken zwischen dem Ostufer des Frechensees und der Bahnlinie liegen auch nach der Kartierung von ROTHPLETZ (1917) in ihrem nördlichen Abschnitt innerhalb der Kamesterasse. Drei nebeneinanderliegende Wälle nordwestlich des Lustsees, von ROTHPLETZ (1917) ebenfalls als Oser angesprochen, fallen zum Becken hin stufenweise ab und können ohne Schwierigkeiten als crevasse fillings am Rand der Eisverfüllung des Osterseengebietes aufgefaßt werden. Keines der Vorkommen im Bereich des Arbeitsgebietes zeigt Verzweigungen, und ihrer Lage nach können zwei oder mehr Wälle nicht als Teil eines linearen Systems gelten. Die Rücken verlaufen geradlinig; sie sind westlich der Bahnlinie nach Nordnordwest und östlich der Bahnlinie nach Nordnordost ausgerichtet, also ungefähr parallel zur Eisfließrichtung. Wasserscheiden werden nicht überwunden. Ein bei ROTHPLETZ (1917: 225) beschriebener Aufschluß bei einem Eisenbahnwärterhaus zwischen Lust- und Stechsee zeigt horizontal geschichteten Schotter, dessen Schichtung randlich gestört ist. Auch dies spricht dafür, daß es sich bei den von ihm als Oser beschriebenen Rücken um crevasse fillings handelt.

Im Südwesten des Schottergebietes finden wir das Ellmanner Tal und das Bonholzer Trockental (R 4446420, H 5296200), deren untere Abschnitte im Bereich der Seeshaupter Schotterterrasse liegen. Das glazifluvial angelegte *Ellmanner Tal* hat seinen Ursprung im Stadler Filz, ca. 1,5 km südlich des Arbeitsgebietes. Innerhalb des Tales lassen sich mehrere Terrassenniveaus verfolgen. Das höchste davon erstreckt sich westlich von Ellmann (R 4445650, H 5296520) und findet seine Fortsetzung südöstlich des Tales (R 4446040, H 5296180). Schalen und Kessel zeigen, daß zur Zeit der Schüttung hier noch Toteisreste vorhanden waren. Eisverfüllt war zudem der südliche Teil des Kronfilzes (R 4445300, H 5297800), an dem die Terrasse abbricht. Ein Aufschluß (R 4445740, H 5296680) zeigt hier nordostfallende Deltaschichten, nach oben übergehend in horizontale Schotter, Kiese und Sande, darüber

20 cm solifluidale lehmige Sande mit kantengerundeten Steinen, verwandt mit dem von DREESBACH (1986:161) beschriebenen Aufschluß. Ein zweiter Aufschluß am rechten Talrand (R 4446040, H 5296240) zeigt unter einer 50 cm mächtigen solifluidalen Deckschicht aus lehmigem Sand mit kantengerundeten Steinen und größeren Komponenten ebenfalls geschichtete Sande, Kiese und Schotter.

Diesem älteren Vorkommen ist ein tiefer gelegenes Terrassenniveau zum Seeshaupter Schottergebiet hin vorgelagert. Es geht an seinem Nordrand in das Kesselfeld der Kamesterasse über und wird vom heutigen Talboden in zwei Hälften zerschnitten. Dieser endet südlich des Frechensees im Bereich der Seeshaupter Terrasse. In seinem Mündungsbereich finden sich Schalen, die darauf hinweisen, daß die Schüttung aus dem Ellmanner Tal bereits abgeschlossen war, bevor die letzten Toteisreste im Bereich der Kamesterasse abschmelzen konnten. Heute wird das Ellmanner Tal nur noch von einem kleinen Bach durchflossen, der im Bereich der Seeshaupter Terrasse versickert.

Ein weiteres Tal, das *Bonholzer Trockental* (R 4446420, H 5296200) nimmt seinen Anfang im Grundmoränengebiet, das sich südlich an das Arbeitsgebiet anschließt. Das Kastental ist in die glazifluvialen Ablagerungen eingetieft und endet ebenfalls im Bereich der Kamesbildungen.

Die Schotter der Seeshaupter Terrasse werden von einer *kryogenen Deckschicht* überlagert. Sie besteht aus Lehmen und Sanden mit kantengerundeten Steinen und besitzt eine Mächtigkeit bis zu 50 cm. Da sie auch auf den heute geomorphologisch isolierten Kamesbildungen westlich und östlich der Lichtbrücke anzutreffen ist, muß ihre Ablagerung erfolgt sein, als noch Toteis im Bereich der Osterseen vorhanden war, andererseits aber die glazifluviale Schüttung des zurückgeschmolzenen Starnberger Gletschers dieses Gebiet nicht mehr erreichte.

Der „Seeshaupter Drumlin“ (R 4447160, H 5298280) und zwei kleinere Moränenrücken, zwischen Bahnhof und Ortsmitte von Seeshaupt in einer nordnordostwärts verlaufenden Linie angeordnet, durchragen die Seeshaupter Terrasse. Eine bei ROTHPLETZ (1917:279f) erwähnte Brunnenbohrung am Süden der Rücken erbrachte nur Schottermaterial statt der zu erwartenden Grundmoräne. Das spricht dafür, daß die Rücken während der Schüttung der Terrasse angeschnitten wurden.

Für eine Überformung der Seeshaupter Terrasse unter kryogenen Bedingungen im *Spätglazial* sprechen Dellen und Kastentälchen westlich von Anried (R 4447140, H 5299200) sowie Rutschungerschei-

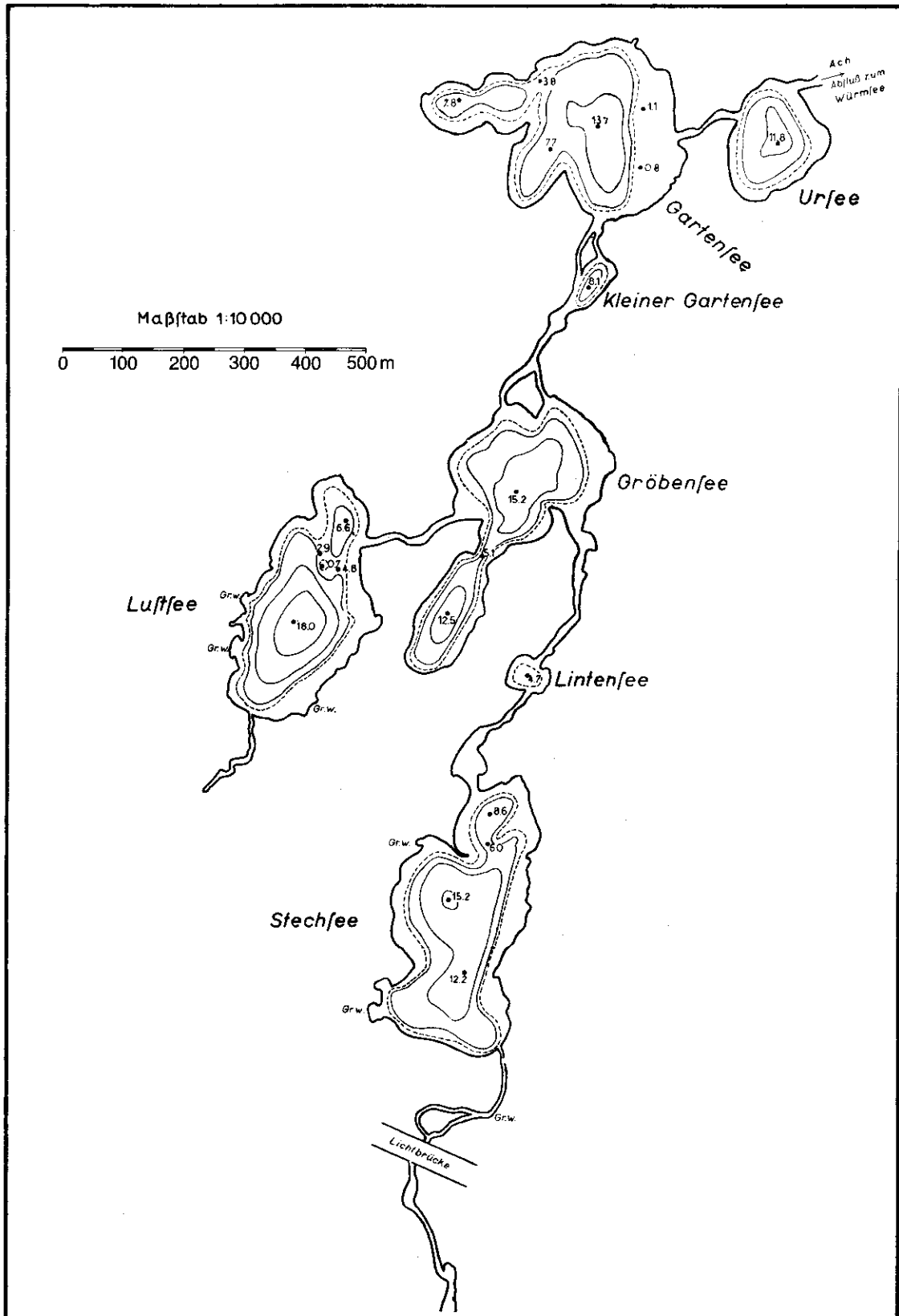


Abb.11: Tiefenkarte der Osterseen, Seeshaupter Seen (nach ZORELL 1940/41).

nungen an dem Steilabfall zu den Osterseen hin. Die ursprünglich ausgebildeten Buckelfluren im Bereich der Seeshaupt Terrasse sind heute eingeebnet (ROTHPLETZ 1917, KOHL 1951, ENGELSCHALK 1971). Das letzte Vorkommen fiel 1965 der Siedlungstätigkeit zum Opfer (ENGELSCHALK 1971: 25f).

Nach dem Abtauen der Eisverfüllung wurde das Osterseengebiet vom Starnberger See eingenommen, der einen um mehrere Meter höheren Wasserspiegel als heute aufwies und über das Bodenbachtal (R 4449 100, H 5296800) eine Verbindung zum Wolfratshausener See besaß (ROTHPLETZ 1917:232). Die gebankten Sande und Tone im Untergrund des Weidfilzes und der anschließenden Anmoorgebiete werden als *glazilimnische Ablagerungen* dieses spätglazialen Sees gedeutet.

4.2.3 Geomorphogenetische Gliederung durch regionale Relieftypen und ihre Vergesellschaftungen

Die Formen des gesamten Blattbereichs Seeshaupt verdanken ihre Entstehung dem Isar-Loisach-Vorlandgletscher. Im Arbeitsgebiet lassen sich folgende Bereiche unterschiedlicher Relieftypen unterscheiden:

- das *Zungenbecken des Starnberger Sees* und seine Randbereiche mit spätglazialen End- und Ufermoränenwällen sowie sonstigen Eisrandformen entlang dem Starnberger See. Im Blattbereich handelt es sich um Zeugen offenbar geringfügiger spätglazialer Oszillationen. Je jünger die Gletscherstände, desto uneinheitlicher sind die Zusammenhänge dieser Eisrandsysteme;
- der randliche Bereich des *Ammerseebeckens*, aufgebaut aus glazifluvialen Schottern;
- der zwischen den Zungenbecken des Starnberger Sees und des Ammersees gelegene subglazial geformte *Riedel*. Er wird südlich des Anstieges zum Andechser Höhenrücken von Drumlins und drumlinähnlichen Formen eingenommen, die das Stromlinienbild des Gletschers auf seinem Untergrund nachzeichnen (streamline molded forms). Durchzogen wird der Riedel von mehreren Tälern, von denen das glazifluvial angelegte Grünbachtal das größte ist;
- das von Moräne überlagerte Gebiet der würmzeitlichen Vorstoßschotter im *Südwesten* mit dem glazifluvial angelegten Angerbach-Sonnenfelder Tal;
- der Rückzugsbereich der Starnberger Gletscherzunge im *Südosten*, in dem glazifluviale *Eiskon-*

taktbildungen an stagnierendem Eis entstanden (Kamestrasse von Seeshaupt, crevasse fillings).

4.3 Rezente Prozesse

Als rezente Erscheinungen können im Blattgebiet Seeshaupt *Erosions- und Rutschungserscheinungen* beobachtet werden. So findet in den steilen Seitengräben der größeren Täler wie z.B. des Hardtbach-, Grünbach- oder Kinschbachtals sowie in den rezenten Kerbtälchen zum Starnberger See hin Tiefenerosion statt. Seitenerosion tritt im oberen Abschnitt des Hardtbachtals auf und in den flacheren Talabschnitten der Bäche zum Starnberger See nordwestlich von Seeshaupt.

Neben der Erosionstätigkeit zeigen sich in manchen Gräben zum Grünbachtal Anzeichen für Rutschungen. Materialstau an Bäumen und gestörte Stammwuchsformen an Hängen mit einer Böschung von mindestens 15° deuten ferner auf Hangkriechvorgänge hin. Dies gilt für Drumlinhänge ebenso wie für entsprechend steile Talhänge oder den Anstieg zum Andechser Höhenrücken.

4.4 Überregionale Einordnung der regionalgeomorphologischen Erkenntnisse

Die Bearbeitung des Blattgebietes Seeshaupt ist ein Beitrag zur Kenntnis des ehemals vergletscherten nördlichen Alpenvorlandes. So bietet die geomorphologische Kartierung des Eberfinger Drumlinfeldes eine gute Grundlage für den Vergleich mit anderen Drumlinvorkommen. Nur auf diesem Weg ist ein Beitrag zur Klärung der Genese der Osthangversteilung möglich. Die genaue Auskartierung der Formen und die Erfassung auch kleinerer Strukturen, wie sie aus der topographischen Karte nicht entnommen werden können, zeigen die Vielgestaltigkeit der Vorgänge, die am Gletscheruntergrund stattfinden.

Dargestellt werden konnte auch die Variation der Drumlinformen und ihre charakteristische Anordnung innerhalb des Feldes. Die Orientierung der Drumlins kennzeichnet die Fließverhältnisse im Bereich zweier ungleich mächtiger Gletscherzungen (im Ammersee- und Starnberger See-Becken) um die Zeit des Würmhöchststandes. Erkennbare Umformungsprozesse an Drumlins und drumlinähnlichen Formen deuten ältere, etwas abweichende Eisströmungsverhältnisse an, zum Teil vielleicht sogar während älterer Eiszeiten. Fast alle übrigen Formen stehen mit dem spätglazialen Gletscherschwund in Beziehung. Die Moränenwälle, die immer undeutlicher werden, je jünger sie abgelagert

wurden, bilden letzte, schwächer werdende Oszillationen des weichenden Eises ab.

Bewegungsarm und nicht mehr aktiv war das Eis, als die Formen im Südosten des Blattes entstanden. Die von ROTHPLETZ (1917) als Oser auskartierten Wälle zeigen die geomorphologischen Eigen-

schaften von esker-like ridges (crevasse fillings) (FLINT 1928:415) und sind eher der Kamesbildung zuzuordnen. Damit ergibt sich, zumindest für das nördliche Osterseengebiet Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von GLÜCKERT (1973) aus dem Toteisgebiet zwischen Rimsting und Eggstätt im Bereich des Inn-Chiemseegletschers.

5. Geoökologisch-geomorphologische Bewertung für die Nutzung der Teilräume des Blattes Seeshaupt

5.1 Naturräumliche Gebietsgliederung auf bodengeographisch-hydrologischer Grundlage

Allen auftretenden Bodentypen gemeinsam ist der hohe Karbonatgehalt des Ausgangsgesteins. Damit kommt es im Blattgebiet zur Entwicklung einer Bodenabfolge von Rendzina über Braunerde zu Parabraunerde. Entsprechend den sehr unterschiedlichen und oft auf kleinstem Raum wechselnden Grundwasserverhältnissen lassen sich folgende bodengeographisch-hydrologischen Teilgebiete ausgliedern:

- Die *Schotterflächen* im Nordwesten des Arbeitsgebietes, die Seeshaupter Terrasse und das Angerbach-Sonnenfelder Tal:

Aufgrund der hohen Niederschläge kommt es trotz des niedrigen Grundwasserspiegels zur Ausbildung einer frischen, flachgründigen Parabraunerde. Ausnahmen hiervon bilden der Talboden des Angerbach-Sonnenfelder Tales mit seinen kalkgründigen Gleyen und Mooren sowie das Kalktuffvorkommen von Deutenhausen, wo sich eine Rendzina entwickelte.

- Die *Jungmoränengebiete*:

Die Bodenentwicklung wird vor allem durch das kleinräumige Relief und die dadurch bedingten unterschiedlichen Feuchteverhältnisse bestimmt. So treten als Bodentypen Pararendzina, Braunerde und Parabraunerde auf sowie ihre Übergangsformen zum Pseudogley. Kalkgründige Gleye zeigen sich in den feuchten Senken und in den Talbereichen oder als Hang- und Quellengleye an den Unterhängen der größeren Täler und dem Anstieg zum Andechser Höhenrücken sowie am Abfall zum Starnberger See. Daneben werden größere Flächen von Nieder- und Hochmooren eingenommen, wie beispielsweise beim Bernrieder Filz, einem Latschen- und Spirkenmoor mit einge-

sprengten Zwischenmoorkomplexen (RUDOLPH 1975:117, KAULE 1974:121), dem Kronfilz, einem pirkenfilz westlich von Seeshaupt (KAULE 1974:121) oder den Hardtwiesen, einer Niedermoor-Streuweise (KAULE 1974:121).

- Das *Osterseengebiet und die östlich anschließenden Moorgebiete*:

Charakteristisch ist der hohe Grundwasserspiegel. Es zeigt sich im Osterseengebiet eine Bodengesellschaft aus kalkgründigen Gleyen, bestehend aus Braunerde-Gley, Gley, Naßgley, Anmoorgley und Moorgley. Das sich nach Osten anschließende Moorgebiet des Weid- und Schechenfilzes zählt zu den größten zusammenhängenden weitgehend naturnahen Hochmoorflächen Süddeutschlands. Es berherbergt Hochmoor-Bultgesellschaften und Stillstandskomplexe (KAULE 1974:123).

5.2 Gefährdung des Gebietspotentials durch aktualgeomorphodynamische Prozesse

Als Folge der intensiven Beweidung kommt es an steilen Drumlinhängen über 15° Neigung zur Ausbildung von *Viehtritten*. Abspülungen während starker Regen und darauffolgender erneuter Viehvertritt zerstören die Grasnarbe, so daß sich am Hang kleine Anrisse bilden, die zu größeren Blaikten anwachsen können.

Besondere Gefahren für den Bodenabtrag birgt ferner der *Anbau von Futtermais* in sich. Da sich die Vegetationsdecke dieser Felder erst im Juni schließt, ist die Bodenkrume durch die bereits vorher auftretenden Starkregen in erhöhtem Maße der Erosion ausgesetzt. Dazu kommen die meist großen Reliefunterschiede der bebauten Flächen. Besonders

schwere Erosionsschäden zeigen sich bei den ausgedehnten Maisfeldern nordöstlich von Rothsee. Erosionsschutzmaßnahmen fehlen hier gänzlich.

5.3 Gliederung in Eignungsräume für verschiedene Nutzungen

Aufgrund der großen Niederschlagsmengen von 1000 bis 1100 mm im Jahr, des stellenweise hohen Grundwassers und der ungünstigen kleinräumigen Geländegestaltung sind die Voraussetzungen für den Ackerbau als schlecht zu bezeichnen. Tatsächlich ergeben sich nur geringe Ertragsmeßzahlen von 30 bis 40 im Bereich des Kartenblattes. Lediglich das Gebiet um Deutenhausen weist mittlere Werte von 40 bis 50 auf (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UM-

WELTFRAGEN 1975: Karte 9). Ackerbauliche Nutzung ist ohne Drainage nur im Bereich der Schottervorkommen möglich sowie auf den Parabraunerden des Jungmoränengebietes. Die Kleinräumigkeit der Landschaft und die oft hohe Reliefenergie auf engstem Raum setzt der Ackertätigkeit weitere Grenzen. Dagegen ist das Untersuchungsgebiet für die *Grünlandnutzung* gut geeignet. An Hängen mit einer Neigung über 15° sollte allerdings wegen der erhöhten Erosionsgefahr (Viehvertritt) der *Waldbau* einer Beweidung vorgezogen werden.

Das gesamte Blattgebiet Seeshaupt ist aufgrund seiner landschaftlichen Vielfalt und seiner Nähe zum Ballungsraum München ein wichtiges *Erholungsgebiet*. Dadurch ist das ökologische Gleichgewicht wertvoller Biotope stark gefährdet, wie beispielsweise im Osterseegebiet (vgl. 3.5).

6. Quellenverzeichnis

6.1 Literatur

- AARIO, R. 1977a: Associations of flutings, drumlins, hummocks and transverse ridges. — *GeoJournal*, 1/6: 65-72, Wiesbaden.
- AARIO, R. 1977b: Classification and terminology of morainic landforms in Finland. — *Boreas*, 6: 87-100, Oslo.
- AG BODENKUNDE 1982: Bodenkundliche Kartieranleitung. — 3. Auflage: 1-331, Hannover.
- AIGNER, P.D. 1913: Das Murnauer Diluvium. Geographisch-geologische Untersuchungen auf dem Gebiet der oberbayerischen Glazialablagerungen in der Umgebung von Murnau-Weilheim-Starnberg. — *Landeskdl. Forsch.*, 17: 1-101, München.
- ARONOW, S. 1959: Drumlins and related streamline features in the Warwick-Tokio area, North Dakota. — *Am. J. Sci.*, 257: 191-203, New Haven.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU (Hg) o.J.: Kartierung von Kleinstrukturen in der Kulturlandschaft. Flurbereinigung Magnetsried. — Unveröff., München.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hg) 1977: Modellstudie Ammer-Isar-Hügelland. — *Schr.-R. Naturschutz, Landschaftspflege*, 10: 1-46, München, Wiesbaden.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, Regionaler Planungsverband Oberland (Hg) 1975: Region Oberland, Regionalbericht 1974: 1-79 und 36 Karten, München.
- BAYERISCHES STATISTISCHES LANDESAMT (Hg) 1979a: Betriebsstruktur der Landwirtschaft in Bayern, Bd. 1: Betriebsgrößenstruktur, Bodennutzung, Viehhaltung und sozialökonomische Betriebstypen. — *Beitr. Statistik Bayerns*, 385: 1-346, München.
- BAYERISCHES STATISTISCHES LANDESAMT (Hg) 1979b: Betriebsstruktur der Landwirtschaft in Bayern, Bd. 2: Besitzverhältnisse und Arbeitskräfte in den landwirtschaftlichen Betrieben. — *Beitr. Statistik Bayerns*, 386: 1-309, München.
- BEUG, H.-J. 1976: Die spätglaziale und frühpostglaziale Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Rosenheimer Sees (Oberbayern). — *Bot. Jb., Syst.*, 95(3): 373-400, Stuttgart.
- BODECHTEL, J. 1965: Die südlichen Osterseen bei Iffeldorf in Oberbayern. Luftbildinterpretation einer Jungglaziallandschaft. — *Erdkunde.*, 19: 150-155, Bonn.
- CHORLEY, R.J. 1959: The shape of drumlins. — *J. Glaciol.*, 3(25): 339-344, Cambridge.
- DAVIS, W.M. 1884: The distribution and origin of drumlins. — *Amer. J. Sci.*, Ser. III, 28(168): 407-416, New Haven.
- DE JONG, M.G.G., RAPPOL, M. & RUPKE, J. 1982: Sedimentology and geomorphology of drumlins in western Allgäu, South Germany. — *Boreas*, 11: 38-45, Oslo.
- DREESBACH, R. 1986: Sedimentpetrographische Untersuchungen zur Stratigraphie des Würmglazials im Bereich des Isar-Loisachgletschers. — 1-176, München.
- DEUTSCHER WETTERDIENST IN DER US-ZONE (Hg) 1952: Klima-Atlas von Bayern. — 1-23, 83 Karten, Bad Kissingen.
- EBERS, E. 1926a: Das Eberfinger Drumlinfeld. Geologisch-morphologische Studie. — *Geogn. Jh.*, 39: 47-86, München.
- EBERS, E. 1926b: Die bisherigen Ergebnisse der Drumlinforschung. Eine Monographie der Drumlins. — *N. Jb. Mineral., Geol., Paläontol.*, Abt. B, Beil. 53: 153-270, Stuttgart.
- EBERS, E. 1930: Warum entstehen Drumlins nicht aus Gletscherspalten? — *Centralbl. Mineral., Geol., Paläontol.*, Abt. B: 192-194, Stuttgart.
- EBERS, E. 1931: Unvollendete Drumlin-Landschaften des Inngletschers und was sie vom Bildungsvorgang der Drumlins berichten. — *Centralbl. Mineral., Geol., Paläontol.*, Abt. B: 28-34, Stuttgart.
- EBERS, E. 1937: Zur Entstehung der Drumlins als Stromlinienkörper. Zehn weitere Jahre Drumlinforschung (1926-1936). — *N. Jb. Mineral., Geol., Paläontol.*, Abt. B, Beil. 78: 200-240, Stuttgart.
- EBERS, E. 1968: Geomorphologische Beschreibung. — In: HOFMANN, W. & LOUIS, H. (Hg): Landformen im Kartenbild, topographisch-geomorphologische Kartenproben 1 : 25 000. Gruppe V: Alpenvorland, Kartenproben 1: Drumlinlandschaft zwischen Starnberger See und Ammersee: 4-7, Braunschweig.
- EBERS, E. 1975: Neue Ergebnisse der Erforschung von Drumlins. — *Centralbl. Geol., Paläontol.*, 1(5/6): 133-139, Stuttgart.
- EMBLETON, C. & KING, C.A.M. 1975a: Glacial and periglacial geomorphology, Vol. 1: glacial geomorphology. — 2. Aufl.: 1-573, London.
- EMBLETON, C. & KING, C.A.M. 1975b: Glacial and periglacial geomorphology, Vol. 2: periglacial geomorphology. — 2. Aufl.: 1-203, London.
- ENGELSCHALK, W. 1971: Alpine Buckelwiesen. Untersuchungen zur Frage der Buckelwiesen im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers. — *Regensburger Geogr. Schr.*, 1: 1-153, Regensburg.
- FIRBAS, F. 1952: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd. 2: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. — 1-256, Jena.
- FLINT, R.F. 1928: Eskers and crevasse fillings. — *Am. J. Sci.*, Ser. 5, 15(89): 410-416, New Haven.
- FLINT, R.F. 1971: Glacial and quaternary geology. — 1-892, New York, London, Sydney, Toronto.
- FLIRI, F. 1984: Synoptische Klimatographie der Alpen zwischen Mont Blanc und Hohen Tauern (Schweiz-Tirol-Oberitalien). — *Wiss. Alpenvereinssh.*, 29: 1-686, Innsbruck.
- FLIRI, F., FELBER, H. & HILSCHER, H. 1972: Weitere Ergebnisse der Forschung am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Nordtirol). — *Ztschr. Gletscherkde.*, 8: 203-213, Innsbruck.
- FRÜH, J. 1896: Die Drumlins-Landschaft mit spezieller Berücksichtigung des alpinen Vorlandes. — *Ber. über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwiss. Ges. während des Vereinsjahres 1894-1895*: 325-396, St. Gallen.
- GAMS, H. & NORDHAGEN, R. 1923: Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 16: 13-336, München.
- GAREIS, J. 1978: Die Toteisfluren des Bayerischen Alpenvorlandes als Zeugnis für die Art des spätwürmzeitlichen Eisschwundes. — *Würzburger Geogr. Arb.*, 46: 1-101, Würzburg.
- GASSER, M. 1904: Studien zu Phillip Apians Landesaufnahme. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 1(1): 17-68, München.

- GLÜCKERT, G. 1973: Toteisgebiet zwischen Rimsting und Eggstätt an der Naht des Inn- und Chiemsee-Vorlandgletschers (Oberbayern). — Mitt. Geogr. Ges. München, 58: 45-51, München.
- GRAVENOR, C.P. 1953: The origin of drumlins. — Am. J. Sci., 251(9): 674-681, New Haven.
- GROSS, H. 1956: Moorgeologische Untersuchung zweier Filze des oberbayerischen Jungmoränengebiets im Umland des Starnberger Sees. — Ber. Bayer. Bot. Ges. Erforsch. Heim. Flora, 31: 12-24, München.
- GROTTENTHALER, W. 1983: Lithofazielle Untersuchungen würmzeitlicher Moränen im voralpinen Vereisungsgebiet des Isar-Loisachgletschers und des Inngletschers. — In: INQUA-Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie (Hg): Führer zu den Exkursionen im nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet: 17-22, München.
- HAGEDORN, H. 1968: Über äolische Abtragung und Formung in der Südost-Sahara. Ein Beitrag zur Gliederung der Oberflächenformen in der Wüste. — Erdkunde, 22: 257-269, Bonn.
- HEIDENREICH, C. 1964: Some observations on the shape of drumlins. — Canadian Geogr., 8(2): 101-107, Toronto.
- HELBIG, K. 1965: Asymmetrische Eiszeittäler in Süddeutschland und Ostösterreich. — Würzburger Geogr. Arb., 14: 1-108, Würzburg.
- HILL, A.R. 1970: The relationship of drumlins to the directions of ice movement in north co. Down. — In: STEPHENS, N. & GLASSCOCK, R.E. (Hg): Irish geographical studies: 53-59, Belfast.
- JAUHAINEN, E. 1975: Morphometric analysis of drumlin fields in northern Central Europe. — Boreas, 4: 219-230, Oslo.
- JERZ, H. 1981: Kalkabsätze in der Umgebung von Weilheim i. OB. — Weilheimer Heimatbl., 3: 29-38, Weilheim i. OB.
- KARCZEWSKI, A. 1976: Morphometric features of drumlins in western Pomerania. — Quaestiones Geographicae, 3: 35-42, Poznan.
- KAULE, G. 1974: Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. Landschaftsökologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der Ziele der Raumordnung und des Naturschutzes. — Dissertationes Botanicae, 27: 1-345, München.
- KELLER, G. 1952: Beitrag zur Frage Oser und Kames. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 2: 127-132, Öhringen.
- KLEBELSBERG, R. v. 1935: Geologie von Tirol. — 1-872, Berlin.
- KÖHLER, K. 1979: Versuch einer geomorphologischen Kartierung am Beispiel eines Teilstückes der topographischen Karte 1 : 25 000, Blatt Seeshaupt im Rahmen des GMK-Schwerpunktprogramms. — Zulassungsarb., Univ. München: 1-80, München (unveröff.).
- KÖRNER, H.J. 1983: Zum Verhalten der Gletscher im würmeiszeitlichen Eisstromnetz auf der Ostalpen Nordseite. — Geol. Bavarica, 84: 184-205, München.
- KOHL, F. 1951: Bodenkundliche Exkursion in der Umgebung von München am 9. und 10. September 1950. — Geol. Bavarica, 6: 167-183, München.
- LESER, H. & STÄBLEIN, G. 1978: Legende der Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25) - 3. Fassung im GMK-Schwerpunktprogramm. — Berliner Geogr. Abh., 30: 79-90, Berlin.
- LUNDQVIST, J. 1970: Studies of drumlin tracts in central Sweden. — Acta Geographica Lodziana, 24: 317-326, Lodz.
- MEYNEN, E. & SCHMITHÜSEN, J. (Hg) 1962: Handbuch der Naturräumlichen Gliederung Deutschlands, Bd. 1. — 1-608, Bad Godesberg.
- MICHLER, G. 1976: Synoptische Temperatur- und Sauerstoffmessungen in 33 südbayerischen Seen während der Sommerstagnation im August 1975. — Mitt. Geogr. Ges. München, 61: 137-167, München.
- MORTENSEN, H. 1955: Die „quasinatürliche“ Oberflächenformung als Forschungsproblem. — Wiss. Ztschr. Ernst-Moritz-Arndt-Univ., Greifswald 4, Math. Nat. Reihe, 6/7: 625-628, Greifswald.
- MULLER, E.H. 1974: Origins of drumlins. — In: COATES, D.R. (Hg): Glacial geomorphology. A proceedings volume of the Fifth Annual Geomorphology Symposium Series, held at Binghamton New York, September 26-28, 1974: 187-204, New York.
- MUNTHE, H. 1911: Nagra Kvartärgeologiska meddelanden fran trakten af München och Berlin. — Geol. Fören. Stockholm Förhandl., 33: 412-416, Stockholm.
- OLSCHOWY, G. 1970: Landespflegerische Probleme im Raum München und im Alpenvorland. — Inst. Raumordn., Inform., 23: 735-744, Bad Godesberg.
- PAUL, H. & RUOFF, S. 1932: Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern, II. Teil: Moore in den Gebieten der Isar-Allgäu- und Rheinvorlandgletscher. — Ber. Bayer. Bot. Ges. Erforsch. Heim. Flora, 20: 1-264, München.
- PENCK, A. 1882: Die Vergletscherung der deutschen Alpen, ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluß auf die Bodengestaltung. — 1-484, Leipzig.
- PENCK, A. 1894: Morphologie der Erdoberfläche. 2 Bde. — 1-471, 1-696, Stuttgart.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. 1909: Die Alpen im Eiszeitalter, Bd. 1: Die Eiszeiten in den nördlichen Ostalpen. — 1-393, Leipzig.
- PETERMÜLLER, M. 1980: Probleme der geomorphologischen Kartierung 1 : 25 000 in einer Glaziallandschaft des Alpenvorlandes (Eberfinger Drumlinfeld/Osterseen). — Dipl.-Arb.: 1-214, München (unveröff.).
- POSER, H. & MÜLLER, T. 1951: Studien an den asymmetrischen Tälern des Niederbayerischen Hügellandes. — Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. IIb, Biol.-Physiol.-Chem. Abt., 1: 1-32, Göttingen.
- RAFFLER, P. 1980: Geomorphologische Kartierung im Nordteil des Eberfinger Drumlinfeldes. Probleme der Kartierung und morphographisch-morphogenetische Beschreibung eines Gebietes. — Zulassungsarb., Univ. München: 1-126, München (unveröff.).
- REED, B., GALVIN jr., C.J. & MILLER, J.P. 1962: Some aspects of drumlin geometry. — Am. J. Sci., 260(3): 200-210, New Haven.
- ROSE, J. & LETZER, J.M. 1977: Superimposed drumlins. — J. Glaciol., 18(80): 471-480, Cambridge.
- ROTHPLETZ, A. 1917: Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher. Eine geologische Schilderung der Umgebung der Osterseen und ihrer Beziehungen zur Vorlandvergletscherung. — Landeskd. Forsch., 24: 1-199, München.
- RUDOLPH, E. 1975: Naturschutz in Oberbayern. Grundlagen, Schutzgebiete und Naturdenkmäler. — Schr.-R. Naturschutz, Landschaftspflege, 6: 1-160, München.
- SCHLEGEL, W. 1961: Die asymmetrischen Täler des östlichen Weinviertels. — Mitt. Österr. Geogr. Ges., 103(3): 146-268, Wien.
- SCHWERD, K. & UNGER, H. 1981: Molassebecken. Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 50 000. — 3. Neubearb. Aufl.: 88-95, München.
- SHAW, J. 1980: Drumlins and large-scale flutings related to glacier fields. — Arctic Alpine Res., 12(3): 287-298, Boulder.
- SIEGER, R. 1893: Zur Entstehungsgeschichte des Bodensees. — In: Richtofen-Festschr.: 55-74, Berlin.

- SMALLEY, I.J. & UNWIN, D.J. 1968: The formation and shape of drumlins and their distribution and orientation in drumlin fields. — *J. Glaciol.*, 7(51): 377-390, Cambridge.
- STALKER, A.M.S. 1960: Ice-pressed drift forms and associated deposits in Alberta. — *Bull. Geol. Surv. Can.*, 57: 1-38, Ottawa.
- STARK, F. 1873: Die Bayerischen Seen und die alten Moränen. — *Ztschr. Dt. Alpenver.*, 4: 67-78, München.
- SUGDEN, D.E. & JOHN, B.S. 1976: *Glaciers and landscape. A geomorphological approach.* — 1-376, London.
- TRENHAILE, A.S. 1975: The morphology of a drumlin field. — *Ann. Ass. Am. Geogr.*, 65(2): 297-312, Lawrence, Kansas.
- TROLL, C. 1936: Die sogenannte Vorrückungsphase der Würm-Eiszeit und der Eiszerfall bei ihrem Rückgang. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 29: 1-38, München.
- TROLL, C. 1938: Der Eiszerfall beim Rückzug der alpinen Vorlandgletscher in die Stammbecken (Am Beispiel des Loisach-Vorlandes in Oberbayern). — In: *Verh. III. Intern. Quartär-Konferenz*, Wien, Sept. 1936: 152-160, Wien.
- TROLL, W. 1926: Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers. Der pflanzengeographische Typus einer nordalpinen Glaziallandschaft. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 19(1): 1-129, München.
- ULBRICH, R. 1971: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Schotterfeld nördlich Murnau. — *Geologica Bavarica*, 64: 428-431, München.
- ULE, W. 1901: Der Würmsee (Starnbergersee) in Oberbayern. Eine limnologische Studie. — *Wiss. Veröff. Ver. Erdkunde Leipzig*, 5: 1-212, Leipzig.
- VOGEL, F. 1961: Erläuterungen zur Bodenkundlichen Übersichtskarte von Bayern 1 : 500 000. — 1-168, München.
- WACHTER, H. 1959: Würm- und Ammersee. Ein hydrographischer Vergleich. — 1-76, Düsseldorf.
- WASMUND, E. 1927: Zur Postglazial-Geschichte des Würmseegebietes. Vorläufige Mitteilung. — *Verh. Intern. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 3: 474-476, Stuttgart.
- WASMUND, E. 1934: Grundwasserverhältnisse und Seespiegelschwankungen im oberbayerischen Osterseegebiet. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 27: 87-123, München.
- WEINHARDT, R. 1973: Rekonstruktion des Eistromnetzes der Ostalpen Nordseite zur Zeit des Würmmaximums mit einer Berechnung seiner Flächen und Volumina. — *Heidelberger Geogr. Arb.*, 38: 158-178, Heidelberg.
- WHITTECAR, G.R. & MICKELSON, D.M. 1977: Sequence of till deposition and erosion in drumlins. — *Boreas*, 6: 213-217, Oslo.
- ZAKRZEWSKA BOROWIECKA, B. & ERICKSON, R.H. 1985: Wisconsin drumlin field and its origin. — *Z. Geomorph., N.F.*, 29(4): 417-438, Berlin, Stuttgart.
- ZITTEL, K.A. 1874: Über Gletscher-Erscheinungen in der bayerischen Hochebene. — *Sitzungsber. Math.-Phys. Cl. Königl. Bayer. Akad. Wiss. München*, 4: 252-283, München.
- ZORELL, F. 1924: Bemerkungen zur Tiefenkarte des Ostersees. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 17(2/3): 282-286, München.
- ZORELL, F. 1940/41: Beiträge zur Kenntnis der oberbayerischen Osterseen. — *Mitt. Geogr. Ges. München*, 33: 19-42, München.
- ZORELL, F. 1947: Bericht über die Tätigkeit der Hydrographischen Station Ostersee. — 1-5, Iffeldorf (unveröff.).

6.2 Karten

- BAYERISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT MÜNCHEN (Hg) 1982: Topographische Karte 1 : 25 000, 8133 Seeshaupt. — München.
- BAYERISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT MÜNCHEN (Hg) 1977: Topographische Karte 1 : 50 000, L 8132 Weilheim i. OB. — München.
- BAYERISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT MÜNCHEN (Hg) 1976: Topographische Karte 1 : 100 000, C 8330, Weilheim i. OB. — München.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (Hg) 1955: Bodenkundliche Karte von Bayern 1 : 500 000. — München.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (Hg) i. Bearb.: Bodenkundliche Karte von Bayern 1 : 50 000, L 8132 Weilheim i. OB., aufgenommen von F. SPERBER. — München.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (Hg) 1981: Geologische Karte von Bayern 1 : 500 000. — 3. Aufl., München.

6.3 Luftbilder

- PHOTOGRAMMETRIE GmbH, München
Bildflug: 7921 München-Süd 1964
Freigegeben von BSt MWV Nr. G7
- Aufnahmetag: 28.4.1964
Flugstreifen 19: Bild 596 mit 606
Flugstreifen 20: Bild 465 mit 476
Flugstreifen 21: Bild 421 mit 426, 430, 431
Flugstreifen 22: Bild 338 mit 347
Flugstreifen 23: Bild 039 mit 051
Flugstreifen 24: Bild 292 mit 306
Flugstreifen 25: Bild 079 mit 092
- Aufnahmetag: 17.5.1964
Flugstreifen 18: Bild 442 mit 449
- Aufnahmetag: 18.5.1964
Flugstreifen 18: Bild 008 mit 010

7. Anhang

7.1 Bemerkungen zur Kartierung

Die Kartierung wurde nach der von der Legendenkommission „Arbeitskreis Geomorphologische Karte der Bundesrepublik Deutschland“ erarbeiteten dritten Fassung der Legende der Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (LESER & STÄBLEIN 1978) durchgeführt.

Da sich durch die Kleinräumigkeit des Reliefs die Böschungen nur ungenügend aus der topographischen Karte 1 : 25 000 entnehmen ließen, erfolgte die Erfassung der Neigung der flächenhaften Reliefelemente ausschließlich im Gelände. Verwendet wurde dafür der Neigungsmesser SUUNTO PM 5.

Über die Flachland-Klassifizierung hinaus wurden zunächst Neigungsareale mit 15 bis 20° und über 20°, die sich im Laufe der Arbeiten als sinnvoll ergaben, ausgeschieden. Die Klassen 0 bis 0,5° und 0,5 bis 1° wurden aus diesem Grund zusammengefaßt. Da später, um eine Vergleichbarkeit der Neigungswerte der einzelnen Karten des Kartenwerkes zu gewährleisten, die 20°-Grenze wegfallen mußte, weist die vorliegende Geomorphologische Karte nur fünf Neigungsklassen auf.

Gebiete mit kleinräumig wechselnden Neigungen wurden abweichend von der Legende in zwei Klassen - bis 11° und über 11° - eingeteilt. Sie treten in Kuppen- und Kesselfeldern *dann* an die Stelle der Neigung der flächenhaften Reliefelemente, wenn zwischen den Kleinformen *keine* Fläche mehr erkenn-

bar ist, deren Neigung erfaßt werden könnte. Die Böschungen der Kessel bzw. Kuppen wurde dann bei der Bestimmung der obigen Klassen mit einbezogen (z.B. Kesselfeld westlich des Frechensees).

Die in der Legende vorgesehene Klassifizierung der Stufen, Kanten und Böschungen nach Stufenhöhe und Grundrißbreite läßt keinen Rückschluß auf die zugehörige Neigung der Stufe zu. Aus diesem Grund wurde eine neue Typisierung nach Stufenböschung und Stufenhöhe eingeführt. Beide Werte lassen sich zudem mit Hilfe eines Neigungsmessers leicht im Gelände ermitteln.

Bei Tälern und Tiefenlinien erschien eine zusätzliche Unterteilung der Formen nach ihrer Tiefe sinnvoll. Als Grenzwert wurde eine Eintiefung von 5 m gewählt. Neu eingeführt wurden die Signaturen 6.1 „Kulminationspunkt“, 6.9 „flacher Rücken“ und 6.10 „Hangmulde“. Bei den ergänzenden Angaben erwies es sich als notwendig, aufgelassene Torfstiche und Kiesgruben besonders zu kennzeichnen.

Der oberflächennahe Untergrund wurde überwiegend anhand der von SPERBER aufgenommenen Bodenkundlichen Karte von Bayern 1 : 50 000 Blatt L 8132 Weilheim i. OB dargestellt. Das BAYERISCHE GEOLOGISCHE LANDESAMT stellte die noch nicht veröffentlichte Karte freundlicherweise für die geomorphologische Kartierung zur Verfügung. Darüber hinaus wurden an ausgewählten Stellen Bohrungen mit dem Pürckhauer durchgeführt.

Kurzfassung / Summary / Résumé

Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 der Bundesrepublik Deutschland, Blatt 26, 8133 Seeshaupt

Kurzfassung: Der auf Blatt 8133 dargestellte Landschaftsraum liegt im Bayerischen Alpenvorland im Gebiet des Ammer-Loisach- (bzw. Ammer-Isar-) Hügellandes. Es umfaßt den zwischen dem Starnberger See und dem Ammersee gelegenen Riedelbereich südlich des Andechser Höhenrückens. Das Klima ist mit einer Jahresmitteltemperatur von 6 bis 8° C und einem Niederschlag von 1000 bis 1100 mm/Jahr als kühl und feucht zu bezeichnen.

Der geologische Untergrund wird überwiegend von den würmzeitlichen Grundmoränenablagerungen des Isar-Loisach-Vorlandgletschers geprägt. Daneben treten in den Randgebieten zum Ammerseebecken, im Bereich der Seeshaupter Terrasse sowie im Angerbach-Sonnenfelder Tal, Grünbachtal und Ellmanner Tal glazifluviale Schotter auf. Unterlagert werden die pleistozänen Sedimente vom Flinz (Obere Süßwassermolasse), einem tonigen oder sandigen Letten.

Während der eiszeitlichen Vergletscherung des Gebietes wurde der zentrale Bereich des Riedels zwischen den Zungenbecken des Ammer- und Starnberger Sees bei verminderter Eisfließgeschwindigkeit subglazial zum Eberfinger Drumlinfeld umgeformt. Die heutige Gestaltung des Drumlinfeldes erfolgte während der Würmeiszeit. Sicherlich ist mit einer Anlage der Formen in früheren Eiszeiten zu rechnen. „Aufgesetzte Drumlins“ und andere Sonderformen sprechen in vielen Fällen für eine Mehrphasigkeit der Drumlinentstehung. Verschiedene Formtypen von Drumlins, ihre geomorphographischen Eigenschaften sowie ihre räumliche Anordnung konnten erfaßt werden. Eine Analyse der Längsachsenorientierung zeigt eine Normalverteilung mit einem Maximum bei Nordnordwest. Die Hauptströmungsrichtung des Starnberger-Gletschers richtete sich folglich vom südlichen Starnberger Becken über die Wasserscheide des Untersuchungsgebietes hinweg zum mächtigeren Ammerseegletscher. Das Phänomen der Osthangverteilung der Drumlinrücken kann damit allerdings nicht erklärt werden.

Dem Würmmaximum folgten Rückzugsphasen. Die Ufermoränenwälle der Diemendorfer Phase (Ammerseegletscher) lassen sich im Nordwesten, die der Höhenrieder und Bernrieder Phase (Starnberger-Gletscher) zwischen Seeshaupt und dem Karpfenwinkel verfolgen. Sie sind Zeugen offenbar geringfügiger spätglazialer Gletscheroszillationen. Mit abnehmendem Alter der Gletscherstände werden die Zu-

sammenhänge dieser Eisrandssysteme undeutlicher. Moränen des Ammerseestadiums (Weilheimer Moräne) sind nach TROLL (1938) im südwestlichen Kartenviertel zu beobachten. Die geomorphographische Erfassung des Geländes ergab hier allerdings keine zwingende Ansprache der Formen als Endmoränenwälle.

Die Anlage der glazifluvial gestalteten Täler, des Angerbach-Sonnenfelder-, Grünbach- und Ellmanner Tales erfolgte sicherlich bereits präwürmglazial. Die Lage des Eisrandes zur Zeit ihrer Entstehung ließ sich nicht rekonstruieren.

Nach dem Zurückweichen des Gletschers hinter die Antdorfer Pforte rund 7 km südlich des Blattes entstand zwischen dem Toteis des Osterseegebietes und dem höher gelegenen Eberfinger Drumlinfeld eine Kamesterasse (Seeshaupter Terrasse). Größere Toteisformen werden heute vom Frechensee und den Osterseen eingenommen. Kleinere Formen schließen sich südlich von Seeshaupt zu einem Kesselfeld zusammen. Die von ROTHPLETZ (1917) in diesem Bereich als Oser beschriebenen Rücken zeigen geomorphographisch die typischen Eigenschaften von crevasse fillings (esker-like ridges). Sie sind daher eher als randliche Verfüllungen der Toteismassen im Osterseegebiet aufzufassen. Beweisende Aufschlüsse für diese Deutung fehlen.

Mit dem Eisfreiwerden setzte im Spätglazial die fluviale Entwässerung ein. Dellen, asymmetrische Kastentälchen, Rutschungserscheinungen, Eisrandkanten und Solifluktuionsdeckschichten in den Talbereichen und auf der Seeshaupter Terrasse sprechen für eine kryogene Überformung des Gebietes.

Im Postglazial fiel das bereits glazifluvial und kryogen angelegte Entwässerungsnetz teilweise trocken. In den Seitengraben der größeren Täler, am Abhang des Andechser Höhenrückens und zum Starnberger See hin kam es unter Benutzung älterer Talformen zur Ausbildung stark eingetiefter Kerbtäler. Einsetzendes Moorbewuchs ebnete die Drumlinzwischenbereiche auf großen Flächen ein, und südlich des Starnberger Sees entstanden die Hochmoore des Weid- und Schechenfilzes.

Die kleinräumige Landschaft des Blattgebietes beherbergt zahlreiche wertvolle Feuchtbiopten (Hoch-

und Niedermoorkomplexe, Streuwiesen). Gefährdet sind sie vor allem durch die Nutzung des Raumes als Naherholungsgebiet des Großraumes München. Der ländliche Charakter des Arbeitsgebietes blieb jedoch weitgehend erhalten. Infolge der schlechten

Bedingungen für den Ackerbau (hohe Niederschläge, kleinräumiges Relief, hoher Grundwasserspiegel) herrscht Grünlandnutzung vor. Daneben dienen die westlich von Bernried künstlich angelegten Weiher der Fischzucht.

Explanatory notes on the geomorphological map 1 : 25 000 of the Federal Republic of Germany, sheet 26, 8133 Seeshaupt

S u m m a r y: The map encompasses the territory of the Bavarian Alpenvorland in the „Hill Region Ammer-Loisach and Ammer-Isar“. It includes the ridge south of the „Andechser Höhenrücken“ between Lake Starnberg and Lake Ammer. The climate may be described as cool and damp, with a mean annual temperature of 6 - 8° C and an annual precipitation of 1000 - 1100 mm.

Geologically, the area is primarily defined by ground moraines of the Würmian glaciation of the Isar-Loisach Piedmont Glacier. In addition, the peripheral areas of the Lake Ammer basin in the area of the Seeshaupt Terrace, as well as the Angerbach-Sonnenfeld Valley, the Grünbach Valley and the Ellmann Valley show fluvioglacial gravel. Flinz is present beneath the Pleistocene sediments (Upper Freshwater Molasse), a clayey and sandy sediment.

Due to the decreased velocity of glacial movement, the central area of the ridge separating the basins of Lake Ammer and Lake Starnberg was changed into the drumlin field of Eberfing during the Quaternary glaciation of this region. The formations of the drumlin field date to the era of Würm glaciation. One must assume that similar formations occurred in earlier periods of glaciation. In many instances „superimposed drumlins“ and other similar geomorphologic features are indicative of multiple stages in the development of drumlins. Different types of drumlins, their geomorphographic characteristics, as well as their spatial distribution could be determined. Their lengthwise orientation is parallel to the glacial flow with a maximum to the northnorthwest. Therefore the main direction of flow of the Starnberg Glacier was from the southern part of the Starnberg basin, across the watershed of the study area into the more powerful Lake Ammer Glacier. However, this still does not explain the phenomenon of the steeper east flanks of the drumlin ridges.

The maximal extent of the Würm glaciation was followed by phases of retreat. The lateral moraines of the Diemendorf Phase (Lake Ammer Glacier) can be followed to the northwest, those of the Höhenried and Bernried Phases (Starnberg Glacier) to the area between Seeshaupt and Karpfen-

winkel. They are caused by the probably slight oscillations of the ice during the late glacial period. The younger the moraines are, the more obscured the outline of the ice edges become. According to TROLL (1938), moraines of the Lake Ammer Phase (Weilheim Moraine) can be seen in the southwestern quadrant of the mapped area. However, the geomorphographic examination of the terrain here did not allow one to convincingly classify these forms as endmoraines.

The formation of the glacifluvial Angerbach-Sonnenfeld, Grünbach and Ellmann valleys must have preceded the Würm glaciation. The position of the ice rim at the time of the formation of these valleys could not be reconstructed.

After the retreat of the Isar-Loisach Glacier beyond the „Antdorfer Pforte“, approximately 7 km to the south of the area included on the map, a kame terrace (Seeshaupt Terrace) was formed between the stagnant ice of the region of the Oster Lakes and the more elevated drumlin field of Eberfing. In addition to the dead ice topography of Lake Frechen and the Oster Lakes, kettles coalesce to a kettle field to the south of Seeshaupt. The ridges in this area, described by ROTHPLETZ (1917) as „osar“, show geomorphographic features typical of „crevasse fillings“ („esker-like ridges“). They should therefore be considered to be peripheral fillings in the stagnant ice masses of the Oster Lakes region. No exposures exist to support this interpretation.

After the melting of ice, there was a fluvial drainage in the late glacial period. Dells, asymmetric flat-floored valleys, deposits of mass wasting and top deposits of solifluction in the bottom of the valley and upon the Seeshaupt Terrace were caused by periglacial action.

In the post-glacial period, the fluvioglacial valleys and periglacial valleys became partially dry. In the tributaries to the larger valleys, on the slopes of the „Andechser Höhenrücken“ and the area towards Lake Starnberg, V-shaped valleys were formed in some of the preexisting valleys. The formation

of peat bogs flattened the area between the drumlins. The peat bogs Weid- and Schechenfilz were formed to the south of Lake Starnberg.

The area included in this map shows numerous areas of valuable wet biotopes (swamp meadows, bogs and peat bogs). Among other factors, continuation in their present state is threatened by the week-

end tourist traffic from Munich. However, the rural character has largely been preserved. Because of poor conditions for the raising of crops (high annual precipitation, changing topography over small areas and a high ground-water level) the land is mainly used for pastures and hay fields. In addition to this, the artificially created ponds west of Bernried are used as fish hatcheries.

Notice explicative de la carte géomorphologique 1 : 25 000 de la République Fédérale d'Allemagne, feuille 26, 8133 Seeshaupt

R é s u m é : La feuille 8133 représente une région de l'avant-pays bavarois située entre les collines de l'Ammer et de la Loisach (ou resp. de l'Ammer et de l'Isar). Cette région comprend la zone d'interfluve séparant le lac de Starnberg du lac de l'Ammer, au sud de la dorsale d'Andechs. Les conditions climatiques se caractérisent par une moyenne annuelle des températures de 6 à 8° C et des précipitations annuelles de 1000 à 1100 mm. Le climat peut donc être qualifié de frais et humide.

Les dépôts würmiens de la moraine de fond du glacier de piémont de l'Isar et de la Loisach déterminent la géologie de la majeure partie de ce domaine. Les zones de la périphérie de la feuille (cuvette du lac de l'Ammer, terrasse de Seeshaupt ainsi que les vallées de Angerbach-Sonnenfeld, de Grünbach et de Ellmann) se distinguent par la présence de galets d'origine fluvio-glaciaire. Les sédiments du pléistocène recouvrent ceux de la formation du Flinz (dépôts d'eau douce de la molasse supérieure), caractérisés par des limons à dominance argileuse ou sableuse.

Au cours de la période d'englacement, la zone centrale d'interfluve entre les lacs de Starnberg et de l'Ammer subit un remodelage sous-glaciaire, une réduction de la vitesse d'écoulement de la glace provoquant la formation de l'essaim de drumlins de Eberfing. Les formes du modelé actuel sont l'œuvre des glaciers würmiens. Il est vraisemblable que le terrain avait été préparé au cours des glaciations précédentes. La genèse des drumlins s'avère souvent complexe ainsi qu'en témoignent des drumlins surimposés sur le relief et d'autres formes particulières. Différents types de drumlins, leurs caractères géomorphologiques et leur répartition géographique ont pu être décrits pour le domaine étudié.

Les résultats de l'analyse de l'orientation de leurs axes longitudinaux se répartissent de manière conforme, avec un maximum de la direction nord-nord-est. On peut en conclure que le courant glaciaire principal s'écoulait du sud du bassin de Starnberg en direction du glacier plus puissant du lac de l'Ammer, en transfluant par l'actuelle ligne de partage des eaux du domaine étudié. Il est à noter que cette hypothèse ne suffit pas à expliquer le redressement excessif des versants-est des drumlins.

Des phases de retrait succédèrent au maximum du Würm. Au nord-ouest de la feuille on reconnaît les levées des moraines latérales de la phase dite de Diemendorf (glacier du lac de l'Ammer) et entre Seeshaupt et Karpfenwinkel, celles des phases de Hohenried et de Bernried (glacier de Starnberg). Selon toute évidence, il s'agit là d'oscillations tardiglaciaires de faible amplitude. La reconstitution du tracé des systèmes de moraines terminales s'avère d'autant plus malaisée que les stades de retrait des glaciers sont récents. Selon TROLL (1938), des moraines du stade du lac de l'Ammer (moraines de Weilheim) sont identifiables dans le quart sud-est de la feuille. D'après le présent relevé géomorphologique du domaine considéré, leur interprétation en tant que moraines terminales n'apparaît pas indiscutable.

La mise en place du système des vallées recreusées par l'action fluvio-glaciaire (vallées de Angerbach-Sonnenfeld, de Grünbach et de Ellmann) s'est effectuée très vraisemblablement au cours de la période ayant précédé la glaciation würmienne. Il n'a pas été possible de reconstituer la position de la marge glaciaire au moment de leur formation.

Après le retrait du glacier en-deçà de la percée de Antdorf, environ 7 km au sud de la feuille, une terrasse de kames (terrasse de Seeshaupt) s'est édi-

fiée entre la zone de l'essai de drumlins de Eberfing et la glace morte du lac Ostersee située en contrebas. Les lacs Ostersee et de Frechen occupent l'emplacement d'anciens culots de glace morte de plus grande taille. Au sud de Seeshaupt, le relief se caractérise par une abondance de petites dépressions dues, elles aussi, à la fonte de la glace morte. Les dorsales de cette région qui sont selon ROTHPLETZ (1917) des eskers, présentent du point de vue de leurs formes les caractères spécifiques de „crevasse fillings” (eskerlike ridges). Il s'agit donc plus vraisemblablement de formes d'accumulation à la bordure des amas de glace morte de la région de Ostersee. Des profils confirmant cette hypothèse manquent pour le domaine de la feuille.

Le drainage fluviale s'est imposé à la déglaciation tardiglaciaire. Des dépressions de faible taille, des vallons asymétriques à fond aplani, des ruptures de pente au contact de la glace, des couvertures de matériaux soliflués dans les vallées et sur la terrasse de Seeshaupt, des glissements de terrain sont autant de témoins du remodelage cryergique qu'a subi cette région.

Au cours de la période post-glaciaire, le système de drainage établi sous les influences fluvio-glaciaire et cryergique fut asséché partiellement. Dans les sillons latéraux des vallées les plus importantes, sur les versants de la dorsale d'Andechs et sur les pentes du lac de Starnberg des vallées anciennes furent réactivées et recreusées en profondes saignées en V. Le développement des tourbières combla sur de vastes étendues les dépressions intercalées entre les drumlins. Au sud de Starnberg s'édifièrent les tourbières hautes du Weidfilz et du Schechenfilz.

Les paysages très finement structurés de la feuille recèlent de nombreux biotopes aquatiques et amphibies (tourbières hautes, marécages, prairies fauchées) qui sont menacés, entre autre, par l'exploitation touristique résultant de la proximité de l'agglomération munichoise. D'une manière générale, le caractère rural de la région a pourtant pu se maintenir. Les pâturages et les prairies dominent en raison des conditions peu favorables aux labours (précipitations importantes, relief très structuré, niveau élevé de la nappe d'eau). A l'ouest de Bernried, des étangs artificiels ont été creusés pour des piscicultures.